

**Dr. Kora Kristof**  
**Dr. Christa Liedtke**  
**Thomas Lemken**  
**Carolin Baedeker**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

## **Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche Ressourcenpolitik: Kostensenkung, Rohstoffsicherheit, Arbeitsplätze und Umweltschutz**

Hintergrundpaper für die zweite Innovationskonferenz  
„Ressourceneffizienz“ des Bundesumweltministeriums

Paper zu Arbeitspaket 8 des Projekts  
„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)



Wuppertal, Oktober 2007

ISSN 1867-0237

**Kontakt zu den Autor(inn)en:**

Dr. Kora Kristof

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH  
42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183 Fax: -198

Mail: kora.kristof@wupperinst.org

**„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“  
(MaRes) – Projekt im Auftrag des BMU | UBA**

**Projektlaufzeit:** 07/2007 – 12/2010

**Projektleitung:**

Dr. Kora Kristof / Prof. Dr. Peter Hennicke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH  
42103 Wuppertal, Döppersberg 19

Tel.: +49 (0) 202 2492 -183 / -136, Fax: -198 / -145

Mail: kora.kristof@wupperinst.org  
peter.hennicke@wupperinst.org

© Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

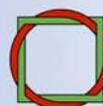
Weitere Informationen zum Projekt

„Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes)

finden Sie unter **[www.ressourcen.wupperinst.org](http://www.ressourcen.wupperinst.org)**

Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des UFOPLAN  
durch das BMU und das UBA, Förderkennzeichen: 3707 93 300

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung  
liegt bei den Autor(inn)en.



**Wuppertal Institut**  
für Klima, Umwelt, Energie  
GmbH

**Wuppertal Institut**  
in Kooperation mit

BASF  
Borderstep  
CSCP  
Daimler  
demea – VDI / VDE-IT  
ECN  
EFA NRW  
FhG IAO  
FhG UMSICHT  
FU Berlin  
GoYa!  
GWS  
Hochschule Pforzheim  
IFEU  
Institut für Verbraucherjournalismus  
IÖW  
IZT  
MediaCompany  
Ökopol  
RWTH Aachen  
SRH Hochschule Calw  
Stiftung Warentest  
ThyssenKrupp  
Trifolium  
TU Berlin  
TU Darmstadt  
TU Dresden  
Universität Kassel  
Universität Lüneburg  
ZEW



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

**Umwelt  
Bundes  
Amt**   
Für Mensch und Umwelt

# **„Erfolgsfaktoren für eine erfolgreiche Ressourcenpolitik: Kostensenkung, Rohstoffsicherheit, Arbeitsplätze und Umweltschutz“**

## **Hintergrundpaper für die Innovationskonferenz II „Ressourceneffizienz“**

### **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Ressourceneffizienz steigern – eine Herausforderungen für Politik und Wirtschaft</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Wo wir heute stehen: Ressourcenverbräuche in Deutschland</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Aktionsmöglichkeiten für die Wirtschaft: Technologien und organisatorische / institutionelle Innovationen</b>	<b>11</b>
3.1	Technologische Ansatzpunkte zur Ressourceneffizienzsteigerung	12
3.1.1	Rohstoffauswahl	12
3.1.2	Werkstoffauswahl, neue Werkstoffe und werkstoffgerechte Konstruktion	13
3.1.3	Recycling und langlebige Produkte	13
3.1.4	Kaskadennutzung	14
3.1.5	Produktion und Fertigung	14
3.1.6	Produktgestaltung: Produktdesign und Produkt-Dienstleistungs-Systeme	15
3.1.7	Querschnittstechnologien	15
3.1.8	Forschung und Entwicklung	17
3.1.9	Ressourceneffizienz und Infrastrukturen	17
3.2	Organisatorische und institutionelle Innovationen zur Ressourceneffizienzsteigerung	19
3.3	Übergreifende Forschungsbedarfe	21

<b>4</b>	<b>Aktionsmöglichkeiten für die Politik: Ansatzpunkte für eine integrierte Ressourcenpolitik</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Der Blick in die Zukunft</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>29</b>

## Abbildungen

Abb. 1:	Regionale Verteilung wichtiger Ressourcen	4
Abb. 2:	Energieeffizienzsteigerung bzw. Treibhausgasreduktion durch Querschnittstechnologien	16

## Tabellen

Tab. 1:	Gründe für eine forcierte Ressourcenpolitik	6
Tab. 2:	Direkter und indirekter Globaler Materialaufwand (TMR) der inländischen sektoralen Produktion für Deutschland	9
Tab. 3:	Sektorale Multiplikatoreffekte für Deutschland im Jahr 2000	10
Tab. 4:	Einschätzung zum Ressourceneffizienzsteigerungspotential technologischer bzw. organisatorischer und institutioneller Ansatzpunkte	11
Tab. 5:	Einschätzung zum Ressourceneffizienzsteigerungspotential technologischer Ansatzpunkte	18
Tab. 6:	Einschätzung zum Ressourceneffizienzsteigerungspotential organisatorischer und institutioneller Ansatzpunkte	21
Tab. 7:	Politikinstrumente zur Diffusionsförderung	23
Tab. 8:	Politikinstrumente zur Markteinführung und Anreizsysteme	23
Tab. 9:	Politikinstrumente zur Forschungs- und Innovationsförderung	24
Tab. 10:	Politikinstrumente zur Gestaltung der Rahmenbedingungen	24
Tab. 11:	Politikinstrumente im Bereich Ziele, Indikatoren und Perspektiven	25

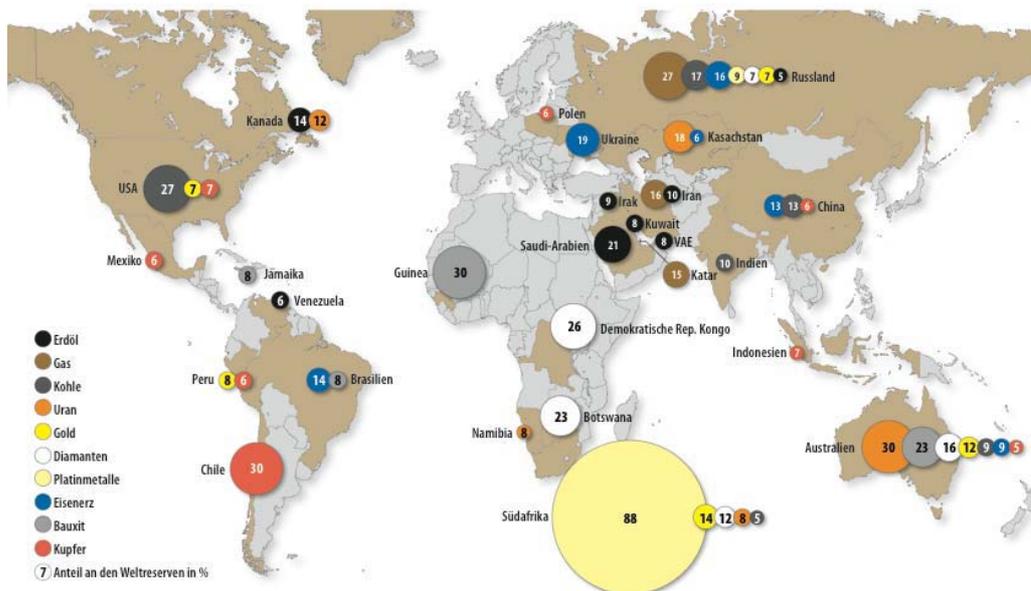
## **1 Ressourceneffizienz steigern – eine Herausforderungen für Politik und Wirtschaft**

Wie gut wir leben und ob wir ökonomisch, sozial und ökologisch nachhaltig produzieren und konsumieren, hängt stark daran, wie wir unsere Ressourcen nutzen. Versorgungsunsicherheit, Ressourcenknappheit, die sich daran entzündenden internationalen Rohstoffkonflikte, hohe und stark fluktuierende Rohstoffpreise auf dem Weltmarkt, steigende Konsumerwartungen in den Schwellenländern können zu starken ökonomischen und sozialen Verwerfungen in vielen Ländern der Erde führen. Die Wettbewerbsnachteile, die durch eine ineffiziente Ressourcennutzung entstehen, gefährden die Entwicklung von Unternehmen und damit auch Arbeitsplätze. Umweltbelastungen durch die Entnahme und Nutzung der Ressourcen, die damit verbundenen Emissionen und auch die Entsorgung von Abfällen führen außerdem direkt zu ökologischen und in der Folge auch zu sozialen und ökonomischen Problemen. Das „Millennium Ecosystem Assessment“, der Bericht eines Expertengremiums im Auftrag der Vereinten Nationen, weist außerdem auf die andauernde Übernutzung von Ökosystemen und erneuerbaren Ressourcen hin (Millennium Ecosystem Assessment 2005).

Natürliche Ressourcen sind Grundlage aller wirtschaftlichen Aktivitäten (vgl. z.B. Aachener Stiftung Kathy Beys 2005). Wohlfahrtssteigerungen können durch eine optimale und effiziente Nutzung der Ressourcen und der Nutzung nachwachsender Rohstoffe erzielt werden. Darüber hinaus führt ein Anstieg der Ressourceneffizienz grundsätzlich zu einer Reduktion von Umweltbelastungen, da insgesamt lebenszyklusweit weniger Ressourcen entnommen, bewegt, umgewandelt und verwertet werden müssen (Voet et al. 2005, Bringezu 2004). Kaum zu unterschätzen sind auch die Vorteile für die Versorgungssicherheit, die aus einer höheren Ressourceneffizienz resultieren. Angesichts wachsender internationaler Spannungen ist dies auch ein Beitrag zur internationalen Sicherheitspolitik. Abb. 1 zeigt die regionale Verteilung wichtiger Ressourcen, deren ungleiche Verteilung und die Ressourcenquellen in Krisenregionen und damit auf existierende bzw. sich abzeichnende Rohstoffkonflikte hin.

Das anhaltende Wachstum der Weltbevölkerung, die Steigerung der weltweiten Produktion und Preissteigerungen auf den Energie- und Rohstoffmärkten erhöhen den langfristigen Anpassungsdruck. Die Steigerung der Ressourceneffizienz ist eine wesentliche Antwort darauf.

Abb. 1: Regionale Verteilung wichtiger Ressourcen



Quelle: Wuppertal Institut auf Basis Spiegel 2006

### Ressourceneffizienzsteigerung – eine Herausforderung für die Wirtschaft

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes betrug in Deutschland im Jahr 2005 der durchschnittliche nicht-energetische Materialverbrauch 41 % und der Energieverbrauch 1,7 % des Bruttoproduktionswertes der Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe (Statistisches Bundesamt 2007) – zum Vergleich: die Personalkosten lagen bei 19,6 %. Auch die aktuell hohen und stark fluktuierenden Rohstoffpreise erhöhen den Handlungsdruck in den Unternehmen zum Kostencontrolling, zu ressourcensparenden Innovationen, zur Substitution – auch von Rohstoffen durch Know-how. Dies gilt vor allem auch für strategische Ressourcen, die für verschiedene Hochtechnologien bis auf weiteres unersetzbar sind (z.B. Titan im Flugzeugbau, Indium für Flachbildschirme).

Durch die Erschließung von Kostensenkungspotentialen verbessert sich die finanzielle Performance und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auf den Inlands- und Auslandsmärkten. Kostensenkung durch eine optimale Nutzung der eingesetzten natürlichen Ressourcen, aber auch die gezielte Erschließung nachhaltiger Zukunftsmärkte – Inlands- und Exportmärkte – sind damit Schlüsselkonzepte auf dem Weg zu nachhaltigem Wirtschaften in ökonomischer, sozialer und ökologischer Hinsicht. Eine Stei-

gerung der Ressourceneffizienz erleichtert den Unternehmen die Rohstoffbeschaffung auch in angespannten Rohstoffmärkten und vermindert damit die Beschaffungsrisiken.

Ressourceneffizienzsteigerungen konkret umsetzen heißt: Produktionsprozesse zu optimieren, innovative energie- und materialsparende Technologien einzusetzen, neue umweltfreundliche Technologien zu entwickeln, das Produktdesign lebenszyklusweit ressourceneffizient anzulegen, Qualität zu sichern und Risiken zu minimieren, Recyclingpotentiale zu erschließen, Arbeitsprozesse und Produktionsabläufe zu verbessern, entsprechendes Know-how durch Qualifizierung aufzubauen und in Produkt-Dienstleistungs-Systemen zu denken. Ressourceneffizienzstrategien führen damit zu Innovationen im Prozess- und Produktbereich und zu neuen Märkten mit reduziertem Materialeinsatz (Kristof/Liedtke 2005 und 2005a). Durch institutionelle Innovationen und kooperatives Handeln können Ressourceneffizienzpotenziale oft schneller und effektiver gehoben werden, da Synergieeffekte erschlossen und Reibungsverluste vermieden werden. Einher gehen müssen damit meist auch organisatorische und soziale Innovationen (Kristof / Türk / Welfens / Walliczek 2006). Besonders wichtig ist außerdem die unternehmensübergreifende Ressourceneffizienzsteigerung in Wertschöpfungsketten (vgl. Ritthoff / Merten / Spies-Wallbaum / Liedtke 2004, Vaughan 2004, Panasonic 2004, Giegrich / Möhler / Borken 2003). Viele Praxisbeispiele (z.B. PIUS-Netzwerk, Effizienz-Agentur NRW, Deutsche Materialeffizienzagentur DEMEA) belegen, dass nachhaltige Zukunftsmärkte im Bereich Ressourceneffizienz und nachwachsende Rohstoffe (vgl. DIW / ISI / Roland Berger 2007) auch erfolgreich erschlossen werden können. Eine Flankierung durch die Politik ist gerade bei der Diffusion im Bereich der KMU (kleinere und mittlere Unternehmen) und die Entwicklung innovativer Lösungen und ihrer Markteinführung sinnvoll.

Werden die Kostensenkungen aus der ressourceneffizienteren Produktion an die Kunden weitergegeben und / oder sinkt der Ressourcenverbrauch in der Nutzungsphase, so steigt darüber hinaus für die Käufer der Produktnutzen. Dies ist gerade im wettbewerbsintensiven Exportbereich von besonderer Bedeutung (Schmidt-Bleek 2004, Liedtke / Busch 2005).

### **Ressourceneffizienzsteigerung – eine Herausforderung für Politik und Gesellschaft**

Neben der Wirtschaft sind aber auch die Politik und andere gesellschaftliche Akteure (Wissenschaft, unternehmensnahe Verbände, NGO, Stiftungen etc.) aufgrund der beschriebenen Probleme gefordert, Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz zu entwickeln und zu unterstützen. Dabei sollten nicht nur Unternehmen und ihre Produktionsprozesse bzw. das Produktdesign im Fokus sein, sondern auch die Verbraucherseite – die Konsumenten, die öffentliche Beschaffung oder auch spezielle Verbrauchergruppen (wie z.B. Armutshaushalte).

Politik und Gesellschaft sind aus unterschiedlichsten Gründen gefordert, aktiv zu werden. Die gegenwärtige Raubbauwirtschaft bei den Rohstoffentnahme in vielen Ländern

und die mangelnde Internalisierung von Folgekosten hat einen ruinösen Wettbewerb zur Folge und erzeugt Innovationshemmnisse. Niedrige soziale und Umweltstandards in Schwellen- und Entwicklungsländern beim Rohstoffabbau begünstigen zudem die Externalisierung. Das Eigeninteresse von Unternehmen an Materialkostensenkungen wird deshalb nicht ausreichen, um die Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie mittelfristig zu erreichen und um ehrgeizigere Ziele umzusetzen.

Obwohl die aktuell hohen Rohstoffpreise durch Knappheiten auf dem Weltmarkt deutliche Signale zur Ressourcenschonung geben, zeigt die langfristige Beobachtung der Rohstoffmärkte ein Auf und Ab der Preise („Schweinezyklus“) und langfristig (seit 2000) ein Absinken der Preise. Die Erwartung eines anhaltenden Anreizes durch hohe Rohstoffpreise ist deshalb aus heutiger Sicht unrealistisch (Bleischwitz 2006), zumal die wirklichen Grenzkosten der Nutzung wegen der externen Effekte nicht ausreichend widerspiegelt werden und die Interessen künftiger Generationen nicht eingepreist sind. Auch von der derzeitigen Abfallgesetzgebung und anderen Bereichen der Umweltpolitik gehen derzeit insgesamt nur schwache Impulse zur Ressourceneffizienzsteigerung aus.

Da die staatlich gesetzten Rahmenbedingungen insbesondere die Such-, Entdeckungs- und Entwicklungsprozesse einer Volkswirtschaft prägen (Bardt / Hüther 2006), sollten ressourceneffizienzfördernde Rahmenbedingungen das Klima für Innovationen verbessern, Wettbewerbsprozesse zur Steigerung der Ressourceneffizienz fördern, externe Effekte internalisieren und die Lobbyinteressen austarieren. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass Rahmenbedingungen auch außerhalb staatlicher Ebenen in Deutschland bzw. auf EU-Ebene gesetzt und verändert werden – z.B. durch internationales Privatrecht (Verträge zwischen Unternehmen), durch internationales Handelsrecht (WTO), durch Gerichtsurteile, sowie durch zahlreiche Aktivitäten, die für einzelwirtschaftliche Akteure Fakten schaffen.

Die Steigerung der Ressourceneffizienz wird vor dem Hintergrund der in Tab. 1 nochmals komprimiert zusammengestellten Gründen für eine forcierte Ressourcenpolitik in der nationalen und internationalen Politik zunehmend zum Top-Thema.

Tab. 1: Gründe für eine forcierte Ressourcenpolitik

<p style="text-align: center;"><b>Gründe für eine forcierte Ressourcenpolitik sind:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• die derzeitige relative Verknappung vieler Ressourcen und die angespannte Situation auf den Rohstoffmärkten,</li><li>• die notwendige Verbesserung der Umweltsituation – nicht nur in den rohstofffördernden Ländern, sondern auch bei den mit der Ressourcennutzung einhergehenden Umweltbelastungen,</li><li>• Chancen für neue Zukunftsmärkte im Bereich Ressourceneffizienz,</li><li>• die Gestaltung der ökologischen Modernisierung und die Lösung auftretender Zielkonflikte.</li></ul>
--

Deutschland legt in seiner Nachhaltigkeitsstrategie fest, die Energie- und Rohstoffeffizienz bis 2020 gegenüber 1990 bzw. 1994 zu verdoppeln (Bundesregierung 2002). Langfristig soll sich die Verbesserung der Energie- und Rohstoffeffizienz an der „Faktor 4“-Vision orientieren, d.h. an einer Halbierung des Rohstoffeinsatzes bei Verdoppelung des Wohlstands. Das Bundesumweltministerium und das Umweltbundesamt greifen diesen Impuls durch ihre Initiative Energie- und Ressourceneffizienz auf und betten sie in die Diskussion um die Ökologische Industriepolitik mit ein (BMU 2006, BMU / IG Metall / Wuppertal Institut 2006).

Auch auf EU-Ebene bieten sich vielfältige Möglichkeiten für Ressourcenpolitikansätze (z.B. SRU 2005, EEA 2006, Rocholl / Giljum / Schlegelmilch 2006). Die Europäische Union spricht sich in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie (Rat der europäischen Union 2006), in ihrer Lissabon-Strategie sowie in den aktuellen Leitlinien für Wachstum und Beschäftigung ebenfalls für eine Erhöhung der Ressourceneffizienz aus (EU Kommission 2005a). In der aktuellen Ressourcenstrategie formuliert sie weitergehende Strategieansätze (EU Kommission 2005), die auf nationaler, aber auch auf EU-Ebene konkretisiert werden können – z.B. auch über die Integrierte Produktpolitik (EU Kommission 2003).

Die OECD fördert insbesondere die Methodikentwicklung zur Ermittlung der Ressourceneffizienzsteigerungen und empfiehlt die Erstellung von Materialflussanalysen, wie sie u.a. am Wuppertal Institut verwendet werden (OECD 2004). Auf UN-Ebene ist vor allem das Cleaner Production Programm zu erwähnen (UNEP 2007).

Ferner ist der Kabinettsbeschluss der japanischen Regierung zu erwähnen, die Ressourceneffizienz bis zum Jahr 2010 um 40 % zu erhöhen (3R Initiative). Parallel hat Japan 2005 eine G-8 Initiative gestartet, um die internationalen Potentiale abzuschätzen und zur Neuordnung der internationalen Märkte für Rohstoffe und Abfälle beizutragen (Ministry of the Environment Japan 2005).

Die bisherigen Ansätze reichen aber noch nicht aus, um den Herausforderungen angemessen zu begegnen. Als Zielperspektive sind Konzepte wie „Faktor 4“ (Weizsäcker / Lovins / Lovins 1997) und „Faktor 10“ (Schmidt-Bleek 2000) in Verbindung mit Klima- und Energieaspekten relevant. Vor dem Hintergrund der internationalen Herausforderungen, die sich aus dem rasanten Wachstum einiger Schwellen- und Entwicklungsländer ergeben, wird eine politische Gestaltung der Ressourcennutzung national und international immer dringlicher (vgl. SEF 2006, Bleischwitz 2006, Frondel et al. 2006, Kristof / Türk 2006).

## **2 Wo wir heute stehen: Ressourcenverbräuche in Deutschland**

International vergleichende Analysen haben gezeigt, dass in allen untersuchten Ländern eine Abkoppelung von Ressourcen- und Materialeinsatz vom Wirtschaftswachstum stattfindet, allerdings mit unterschiedlicher Geschwindigkeit (Bringezu / Schütz /

Steger / Baudisch 2004). Die Märkte entwickeln sich in Richtung einer erhöhten Ressourceneffizienz. Dennoch ist eine absolute Verminderung des Ressourcenverbrauchs bislang nur in ganz wenigen Ausnahmefällen festzustellen. Die Unterschiede zwischen den Ländern, insbesondere innerhalb der EU (die Materialeffizienz der neuen Mitgliedsländer liegt um den Faktor 2 bis 6 niedriger als in der EU-15), stellen dabei besondere Chancen für die technologische Entwicklung und die Förderung deutscher Exporte dar (Steger / Bleischwitz 2007).

Für die Beschreibung der Ressourcennutzung in Deutschland wird im folgenden der globale Materialaufwand (TMR: Total Material Requirement) nach der für die in EU gültigen „Eurostat economy wide MFA-Methode“ zugrunde gelegt (Bringezu 2004). Dabei werden die biotischen und abiotischen Vorleistungen aus dem In- und Ausland sowie die inländische nicht verwertete Entnahme und die mit importierten Waren assoziierten indirekten Materialflüsse („ökologische Rucksäcke“) mitberücksichtigt. Ohne die Berücksichtigung der im Ausland verursachten Materialflüsse wären die Angaben zugunsten der Importe verzerrt und internationale Verflechtungen von Wertschöpfungsprozessen würden ausgeblendet.

### **Ressourcenverbräuche in Deutschland**

Der inländische globale Ressourcenverbrauch ist in Deutschland von 5.843 Mio. Tonnen im Jahr 1991 auf 5.289 Mio. Tonnen im Jahr 2000 um ca. 9 % gesunken – bei steigenden „ökologischen Rucksäcken“ durch nicht verwertete Ressourcenentnahmen im Ausland. Das bedeutet, dass Ressourcenverbräuche und vor allem ihre Folgewirkungen – z.B. ökologische und soziale – in andere Länder verlagert werden.

Pro Kopf liegt der Ressourcenverbrauch 2000 in Deutschland damit bei etwa 64,3 Tonnen. Zum Vergleich dazu: in der EU-15 liegt der Durchschnittsverbrauch für das Jahr 1997 pro Person bei ca. 51 Tonnen; in Japan 1994 bei 45 Tonnen und in den USA 1994 bei 85 Tonnen (Bringezu / Schütz / Steger / Baudisch 2004).

Auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene entspricht die Ressourcenentnahme dem (direkten und indirekten) Ressourcenverbrauch. Auf sektoraler Ebene wird die Ressourcenentnahme mit dem Ressourcenaufwand gleichgestellt, der mit dem direkten Einsatz von Ressourcen und indirekt mit den inländischen und importierten Vorleistungen verbunden ist. Der sektorale direkte und indirekte Ressourcenverbrauch wird durch die bestehenden Vorleistungslieferbeziehungen zwischen den Produktionssektoren bestimmt. Tab. 2 weist den direkten und indirekten globalen Materialaufwand der inländischen Produktion insgesamt und für die ressourcenintensivsten Sektoren aus. Die Sektoren sind in Tab. 2 nach ihrer Ressourcenintensität sortiert.

Die fünf ressourcenintensivsten Sektoren – die Bauleistungen, die Nahrungs- und Futtermittel, die Metallverarbeitung, der Energiesektor und der Kraftfahrzeugsektor – verursachen etwa 50 % des direkten und indirekten globalen Materialaufwands. Schneidet man nach den zwölf ressourcenintensivsten Sektoren ab, so sind es schon ca. 75 %.

Tab. 2: Direkter und indirekter Globaler Materialaufwand (TMR) der inländischen sektoralen Produktion für Deutschland

NACE Rev.1 sect.	Produktionssektor	Direkter und indirekter Ressourcenverbrauch			
		1991		2000	
		Mio. t	%	Mio. t	%
45	Bauleistungen	931	16	964	18
15	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke	454	8	465	9
27	Metalle und Halbzeug daraus	299	5	459	9
40	Energie (Elektro, Gas), DL der Energieversorgung	765	13	405	8
34	Kraftwagen und Kraftwagenteile	301	5	335	6
24	Chemische Erzeugnisse	233	4	269	5
29	Maschinen	263	4	211	4
10	Kohle, Torf	395	7	188	4
1	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd	180	3	183	3
23	Kokerei-, Mineralölerzeugnisse, Spalt-, Brutstoffe	208	4	157	3
26	Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden	138	2	157	3
14	Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	157	3	136	3
	Restliche Produktionssektoren	1.520	26	1.360	26
	<b>Alle Produktionssektoren insgesamt</b>	<b>5.843</b>	<b>100</b>	<b>5.289</b>	<b>100</b>

Quelle: Acosta 2007

Der Ressourcenverbrauch für die Produktion in Deutschland mit einem Geldwert von 1000 Euro ist zwischen den Jahren 1991 und 2000 von 2 Tonnen auf ca. 1,5 Tonnen gesunken. Dies ergab sich auf der einen Seite durch die Abnahme des gesamtwirtschaftlichen globalen Materialaufwands um ca. -9% und auf der anderen Seite durch die Zunahme des gesamtwirtschaftlichen Produktionswerts um ca. +22%.

Zur Senkung des gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauchs trug hauptsächlich die gesunkene Materialentnahme des Sektors „Kohle, Torf“ bei. Die Erhöhung des gesamtwirtschaftlichen Produktionswerts ist dagegen hauptsächlich auf die Produktion der Dienstleistungssektoren und der Automobilindustrie zurückzuführen.

### Multiplikatoreffekte durch die Verflechtung der Sektoren

Sektorale Multiplikatoren treffen eine Aussage darüber, wie sich eine Ressourcenverbrauchsänderung durch eine Ressourceneffizienzsteigerung in einem Sektor bei gegebenen Produktionsstrukturen auf den gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch auswirken würde.

Multiplikatoren sagen aber nichts über die konkret vorliegenden Ressourceneffizienzsteigerungspotentiale aus, sondern nur darüber, wie stark sich eine Ressourceneffizienzsteigerung im Gesamtsystemzusammenhang auswirken würde.

Die Ergebnisse zu den Multiplikatorwirkungen gibt Tab. 3 wieder.

In Tab. 3 sind nur die Sektoren aufgelistet, die einen Multiplikator über 1 aufweisen, d.h. bei denen eine Ressourceneffizienzsteigerung um 1 Tonne über die Systemeffekte zu einer gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauchsminderung von jeweils über einer Tonne beitragen würde. Die Ressourceneffizienzsteigerung im Sektor „Kohle, Torf“ würde so beispielsweise zu einer 9,66fachen Reduktion des gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauchs führen.

Tab. 3: Sektorale Multiplikatoreffekte für Deutschland im Jahr 2000

NACE Rev.1 sect.	Produktionsbereich	Direkter und indirekter Ressourcenverbrauch (TMR) in 1000 t	Ressourcenverbrauchseffekt eines hypothetischen sektoralen Produktionsausfalls (Basis letzte Verwendung) in 1000 t	Sektoraler Multiplikator
10	Kohle, Torf	187.818	1.814.212	9,66
14	Steine u. Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	135.882	956.893	7,04
1	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd	182.683	385.155	2,11
2	Forstwirtschaftl. Erzeugnisse u. Dienstleistungen	27.104	55.882	2,06
11	Erdöl, Erdgas	20.828	29.409	1,41
28	Metallerzeugnisse	124.910	173.689	1,39
27	Metalle u. Halbzeug daraus	459.231	579.862	1,26
20	Holz, Holzwaren (o. Möbel), Flecht- u. Korbwaren	18.604	22.215	1,19
23	Kokerei-, Mineralölerzeugnisse, Spalt- u. Brutstoffe	157.264	187.142	1,19
21	Papier, Karton, Pappe u. daraus hergestellte Waren	87.775	100.678	1,15
25	Gummi- u. Kunststoffwaren	29.200	33.128	1,13
5	Fische u. Fischereierzeugnisse	937	995	1,06
26	Glas, Keramik, bearbeitete Steine u. Erden	157.243	166.000	1,06
45	Bauleistungen	963.754	998.423	1,04
40	Energie (Elektro, Gas) u. DL d. Energieversorgung	404.899	417.525	1,03
55	DL der Beherbergungen u. Gaststätten	102.541	105.267	1,03
31	Geräte der Elektrizitätserzeugung u. -verteilung u.ä.	62.442	63.811	1,02
35	Sonstige Fahrzeuge (Schiffe, Luft- u. Raumfz. u.a.)	36.220	36.612	1,01
52	DL des Einzelhandels (o. Kfz, Tankst.), sonst. Rep.	82.301	82.833	1,01

Quelle: Acosta 2007

### 3 Aktionsmöglichkeiten für die Wirtschaft: Technologien und organisatorische / institutionelle Innovationen

Für Unternehmen gibt es – wie schon beschrieben – vielfältige Anreize, ressourceneffizienter zu produzieren und in der Nutzungsphase verbrauchsärmere Produkte anzubieten. Um diesen Anreizen auch Taten folgen zu lassen, bieten sich sowohl Technologien an, als auch organisatorische und institutionelle Innovationen. Tab. 4 gibt einen komprimierten Überblick über die unterschiedlichen Ansatzpunkte und deren Wirkung auf die Ressourceneffizienzsteigerung. Im folgenden werden die Ansätze im einzelnen noch detaillierter vorgestellt.

Tab. 4: Einschätzung zum Ressourceneffizienzsteigerungspotential technologischer bzw. organisatorischer und institutioneller Ansatzpunkte

Ansatzpunkte	Potential zur Ressourceneffizienzsteigerung
<b>Ressourceneffizienzsteigerungspotential technologischer Ansatzpunkte</b>	
Rohstoffauswahl	0 bis +++
Werkstoffauswahl, neue Werkstoffe und werkstoffgerechte Konstruktion	+ bis ++
Recycling und langlebige Produkte	0 bis +
Kaskadennutzung	0 bis +
Produktion und Fertigung	++
Produktgestaltung: Produktdesign und Produkt-Dienstleistungs-Systeme	+++
Querschnittstechnologien <i>(für neue High-tech-Querschnittstechnologien, da Folgewirkungen derzeit nur unzureichend abschätzbar)</i>	+ bis +++ (– – bis ++)
Forschung und Entwicklung / Forschungstransfer	+++
Errichtung und Erneuerung von Infrastrukturen und Export von Infrastruktur-lösungen	++ bis +++
<b>Ressourceneffizienzsteigerungspotential organisatorischer und institutioneller Ansatzpunkte</b>	
Handlungsorientierte Status-Quo-Analyse	0 bis ++
Kontinuierliches datenbasiertes Informationsmanagement	+ bis ++
Zielausrichtung	0 bis ++
Kontinuierliche Produkt- / Dienstleistungsbewertung und daraus abgeleitete Weiterentwicklung	+ bis +++
Qualitätsmanagement	0 bis +
Unternehmensübergreifende und interne Lernprozesse	+ bis ++
Nachhaltigkeitsorientierte ganzheitliche Managementsysteme	0 bis +++
Skalierung: +++ = stark positiver Effekt, ++ = positiver Effekt, + = leicht positiver Effekt, 0 = kein Effekt, – = leicht negativer Effekt, – – = negativer Effekt, – – – = stark negativer Effekt	

Quelle: Weiterentwickelte Tabelle auf der Basis von Kristof 2007, Ritthoff / Liedtke / Kaiser 2007, Kristof / Welfens / Türk / Walliczek 2006

### 3.1 Technologische Ansatzpunkte zur Ressourceneffizienzsteigerung

Auf der Unternehmensebene erfolgt die Ressourcenschonung in komplexen Systemen der Werkstoff-, Technologie-, Produktionsprozess-, Produkt- und Dienstleistungsentwicklung. Es gilt dabei, die Wertschöpfungsketten „von der Wiege bis zur Wiege“ zu optimieren. Aus diesem komplexen System konnten neun Hot Spots bzw. zentrale Stellschrauben für technologische besonders interessante Ansatzpunkte zur Ressourceneffizienzsteigerung herausgefiltert werden, die im folgenden beschrieben werden (Ritthoff / Liedtke / Kaiser 2007; Kristof 2007):

#### 3.1.1 Rohstoffauswahl

Abiotische Rohstoffe (z.B. Erze, fossile Energieträger) haben sehr unterschiedliche Materialintensitäten.

Erze derselben **Metalle** können in ihrem Metallgehalt erheblich variieren – bis zu Faktoren um die 1.000 und mehr des Metallgehaltes im Erz (z.B. Zinn und Gold). Bei Massenrohstoffen wie Eisenerz oder Bauxit erfolgt bereits eine Optimierung auf hohen Metallgehalt und leichte Aufschließbarkeit, da dies wesentliche Voraussetzungen für die wirtschaftliche Führung der nachfolgenden Prozesse sind. Bei anderen Metallen gibt es dagegen oft größere Unterschiede, da aufgrund stark differierender Randbedingungen Lagerstätten mit sehr unterschiedlichen Metallgehalten wirtschaftlich gefördert werden können – etwa reiche Ganglagerstätten und arme, aber große Seifenlagerstätten. In manchen Fällen ermöglichen auch sehr niedrige ökologische bzw. Sozialstandards und Einkommen erst den „wirtschaftlichen“ Abbau von Lagerstätten (etwa Gold in Südamerika).

Bei vielen nicht-metallischen **Industriemineralen** (Salzen, Kalk, Dolomit, Tone und Kaolin) ist zwar der Ökologische Rucksack relativ gering, die Recyclingfähigkeit ist aufgrund ihrer Verwendung etwa in Bindemitteln, Keramik oder als Additive aber meist eingeschränkt.

Ein Grundproblem der Nutzung von **fossilen Kohlenwasserstoffen** ist, dass durch die überwiegend direkte Verwendung als Brennstoff – statt einer vorherigen stofflichen Nutzung in einem Kaskadennutzungssystem – das Nutzungspotential bei weitem nicht ausgeschöpft wird und unnötige Umweltbelastungen entstehen. Verglichen mit den Metallen ist die Förderung von Erdöl oder Erdgas – anders als bei Braun- und Steinkohle – speziell bezogen auf die Ressourceneffizienz bisher noch unproblematisch. Mit einem sich abzeichnenden teilweisen Übergang auf nicht konventionelle Kohlenwasserstoffe dürfte sich dies jedoch langfristig ändern.

Bei den **biotischen Rohstoffen** kommt es vom Blickwinkel der Ressourceneffizienz betrachtet vor allem auf die Nutzungskonkurrenzen, den Umfang der Flächeninanspruchnahme sowie auf die damit verbundene Erosion und Bodenbewegungen an. Monokulturen fördern vielfach den Degradationsprozess der beanspruchten Flächen. In den vergangenen 40 Jahren gingen weltweit fast ein Drittel des landwirtschaftlich

nutzbaren Bodens durch Erosion verloren. Runde 10 Mio. Hektar Ackerland verschwinden auf diese Weise jährlich und 75 Mrd. Tonnen Ackerboden (Schmidt-Bleek 2007, 38).

Bei beiden Bereichen – abiotisch und biotisch – sind jeweils **Einzelfallanalysen** notwendig, die Risiken und Chancen bezogen auf die Ressourceneffizienz konkret darstellen und Handlungsnotwendigkeiten und -potentiale aufzeigen.

### 3.1.2 Werkstoffauswahl, neue Werkstoffe und werkstoffgerechte Konstruktion

Die **Auswahl der Werkstoffe** hat einen wesentlichen Einfluss auf den Ressourcenverbrauch von Produkten. Einerseits durch die mit ihrer Herstellung, Entsorgung und Wiederverwendung des jeweiligen Werkstoffs verbundenen Ressourceninanspruchnahme (incl. ökologischer Rucksack) und Umweltbeeinträchtigungen, andererseits durch die mit diesen Werkstoffen verbundenen Gestaltungs- und Konstruktionsmöglichkeiten.

Eine bedeutende Rolle spielen dabei insbesondere auch **neue Werkstoffe**. Diese können etwa verbesserte Anwendungseigenschaften aufweisen (Korrosionsbeständigkeit, Festigkeit etc.), sich aber auch durch verbesserte Verarbeitbarkeit und verbunden damit neuen Konstruktionsmöglichkeiten auszeichnen. Die Entwicklung geht sogar zu für bestimmte Produkte bzw. Konstruktionen maßgeschneiderten Werkstoffen, die in ihrer speziellen Anwendung erhebliche Ressourceneffizienzpotentiale eröffnen können. Beispiele stammen etwa aus dem Automobilbau: durch den Einsatz neuer Stahlsorten kann das Gewicht einer Stahlkarosserie um 25% gesenkt werden (ULSAB-AVC Konsortium 2001).

Ein wesentlicher Schlüssel zur Ressourceneffizienzsteigerung ist auch die **werkstoffgerechte Konstruktion**, z.B. die Auswahl der Werkstoffe nach den auftretenden Lastfällen oder die kraftflussgerechte Gestaltung von Bauteilen.

### 3.1.3 Recycling und langlebige Produkte

Recycling sowie die Lebensdauer von Gütern sind Faktoren, die bereits bei der Produktgestaltung mitbedacht werden müssen. Beide Ansätze sind immens wichtig, da sie hohe Potentiale zur Ressourceneffizienzsteigerung bieten.

In Europa und Deutschland gibt es bereits eine lange Tradition des Recyclings (z.B. Metalle, Glas, Papier). Wirtschaftliches **Recycling** hängt von der Verfügbarkeit von Altmaterial ab und dies i.d.R. in möglichst gleichmäßiger Qualität und Menge. Die Materialien müssen auch hier spezifischen Kriterien wie z.B. Toleranz gegenüber Verunreinigungen, leichte Trennbarkeit etc. gerecht werden. Die Tendenzen zu größerer Werkstoffvielfalt, Maß- und Verbundwerkstoffen verringern aber die Potentiale sortenreinen Recyclings.

Sinnvoll scheint die Unterscheidung zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Werkstoffkreisläufen, was sich auch in der Produktkonzeption (modularer Aufbau etc. ) wi-

derspiegeln müsste. Werkstoffe mit hohem Innovationspotential gegenüber Werkstoffen mit geringerem Veränderungspotential müssen auch in unterschiedlichen Produktionsinfrastrukturen geführt werden.

**Langlebige Produkte** sind, wenn es Produktverbesserungen im Bereich Ressourceneffizienz gibt, vorteilhaft, wenn sie in der Nutzungsphase im Vergleich zum Herstellungsaufwand keine hohen Energie-, Wasser- oder Materialverbräuche haben und längerfristig eine Kompatibilität mit den Werkstoffkreisläufen gewährleistet ist. Wichtig ist außerdem nicht eine möglichst hohe potentielle Lebensdauer sondern eine möglichst lange Nutzungsdauer. Das ist insbesondere bei sich dynamisch entwickelnden Anwendungsfeldern eine deutliche Einschränkung – z.B. Einsatz moderner Informationstechniken.

### 3.1.4 Kaskadennutzung

Die Kaskadennutzung – Wieder-, Weiter- und Umnutzung – kann ebenso wie die Nutzung von Nebenprodukten den Ressourcenverbrauch senken. Wichtig ist, nicht alleine den Nutzen des Hauptproduktes im ersten Lebenszyklus zu optimieren, sondern auch weitere Nutzungszyklen bzw. die Nebenprodukte in die Entwicklung und das Design mit einzubeziehen. Bei biotischen Rohstoffen wäre z.B. nicht nur der eigentliche Ernteertrag der Früchte zu optimieren, sondern unter Umständen auch die anderen Bestandteile der Pflanze (z.B. hinsichtlich ihres Energiegehaltes für die Energieerzeugung).

Die Optimierung mit Blick über das erste Hauptprodukt hinaus kann im Einzelfall jedoch auch bedeuten, dass die Erstanwendung weniger effizient ist. Verbundwerkstoffe könnten z.B. oft nur schlecht eingesetzt werden. Das sorgt für einen grundsätzlichen Konflikt: es könnten so Produkte entstehen, die in einigen Eigenschaften schlechter sind als sie sein könnten, damit hochwertigere nachfolgende Produkte entstehen können.

Kunststoffe eignen sich nach ihrer Erstnutzung derzeit meist nur noch zum Downcycling oder zur Verbrennung. Für Kunststoffe Kaskadennutzungsstrategien zu entwickeln, wäre für die Ressourceneffizienz von hoher Bedeutung. Einige Beispiele zeigen, dass Lösungen möglich sind. Ein Beispiel dafür ist die Nutzung von PET-Flaschen zur Herstellung von Fleecematerialien (Lehmann 2006).

### 3.1.5 Produktion und Fertigung

Die Auswahl des **ressourceneffizientesten Produktions- oder Fertigungsverfahrens** muss immer in Zusammenhang mit den Marktgegebenheiten und den Rahmenbedingungen erfolgen. Bei Groß- oder Kleinserien können sich jeweils unterschiedliche Produktionsverfahren als ressourceneffizienter erweisen. Anlagen können durch die aktuelle Nachfrage schon ausgelastet sein oder eben gerade nicht. Informationen über mögliche Varianten und Sensitivitätsanalysen sind damit schon in der Produktgestaltung und der Konstruktion von großer Bedeutung. Dabei muss schon im Vorfeld eine

große Anzahl von Fertigungsverfahren (Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten, Stoffeigenschaften ändern etc.) im Zusammenspiel mit den jeweiligen Werkstoffen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch in Abhängigkeit von konstruktiven Lösungen und Produktionsmengen beurteilt werden. Die Komplexität dieser Aufgabe und die derzeit dominierende Fokussierung auf wenige Werkstoffe lässt hier ein großes Potential vermuten.

Eine **optimierte Kombination unterschiedlicher Werkstoffe** etwa Metalle, Kunststoffe oder Keramik wird aus vielfältigen Gründen häufig in der Praxis nicht realisiert (z.B. nur speziellen Rohstoff verarbeitende Betriebe, vorhandene Infrastruktur, Fachexpertise nur für einen Werkstoff etc.), würde jedoch große Einsparpotentiale eröffnen.

### 3.1.6 Produktgestaltung: Produktdesign und Produkt-Dienstleistungs-Systeme

Die Produktgestaltung, d.h. das **Produktdesign** bzw. die **Gestaltung von Produkt-Dienstleistungs-Systemen**, ist von erheblicher Bedeutung für die Ressourceneffizienz und die Kaskadennutzungs- bzw. Recyclingfähigkeit der Produkte. Wichtige Schritte für ein ökologisches Design von Produkten und Dienstleistungen sind: die Beschreibung der Kundenwünsche, die Suche nach möglichst entmaterialisierten Lösungen bezogen auf den gesamten Lebenszyklus (d.h. incl. Kaskadennutzung, Vordenken von Weiter-, Wiedernutzungs- und Recyclinglösungen), die Auswahl der am „besten“ erscheinenden Lösung und der Vergleich mit gängigen Marktprodukten hinsichtlich Herstellbarkeit und Preis und dann ggfs. die Weiterentwicklung der Lösung.

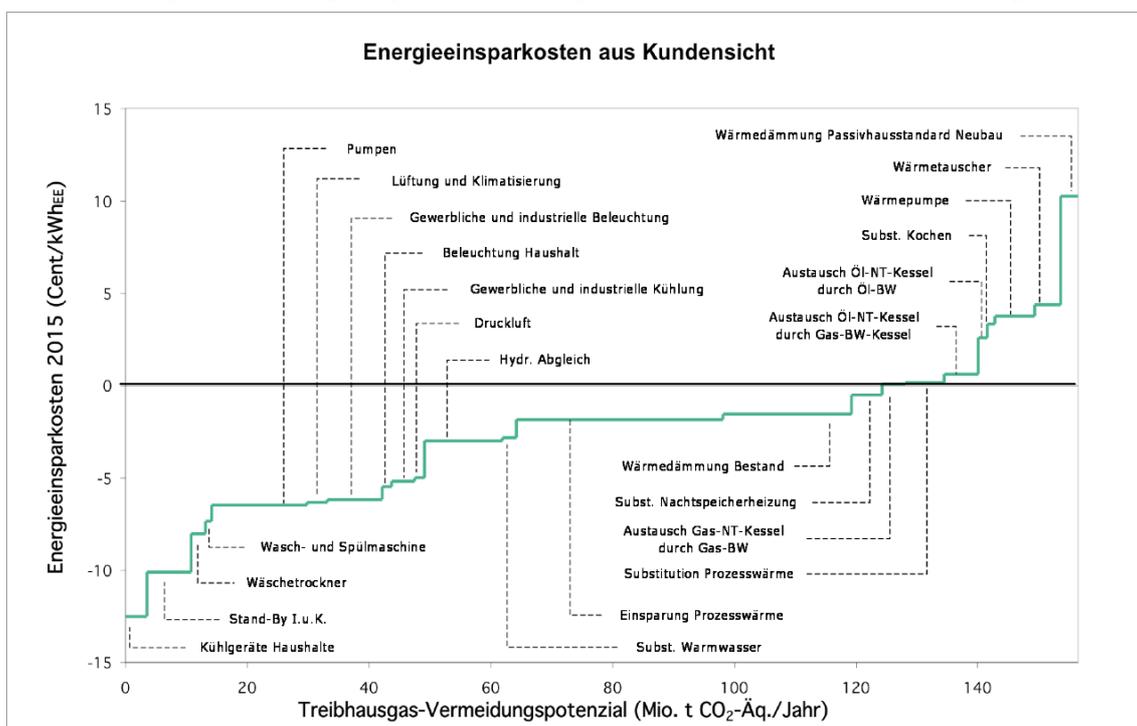
Werden diese Aspekte konsequent berücksichtigt, so können auch beim Re-Design erhebliche Effizienzsteigerungen erreicht werden. Bei einem Neudesign sind häufig größere Potentiale erschließbar, hierbei muss jedoch auch die Integration in ein bestehendes Umfeld berücksichtigt werden (z.B. Konkurrenzangebote). Vielfach gibt es für grundsätzliche Änderungen in der Produktgestaltung „Windows of Opportunity“, in denen Umstellungen nutz- und gewinnbringend möglich sind. Dabei sollten sowohl die Roh- und Werkstoffauswahl als auch Aspekte der potentiellen Kaskadennutzung und des Recyclings integriert mit alternativen Geschäfts- und Nutzungsmodellen berücksichtigt werden.

### 3.1.7 Querschnittstechnologien

Mit den Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), den weißen Biotechnologien und den Nanotechnologien verbinden sich große Hoffnungen auf nachhaltige Zukunftsmärkte. Ob diese Hoffnungen berechtigt sind, ist derzeit noch nicht abzuschätzen. Alle drei Technologiefelder sind zu vielfältig, als dass sich eindeutige Einschätzungen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Ressourceneffizienz treffen lassen könnten. **Informations- und Kommunikationstechnologien** haben einerseits große Potentiale etwa im Bereich der Prozesssteuerung, aber auch in anderen Bereichen können sie den Ressourcenverbrauch deutlich reduzieren. Grundproblem ist anderer-

seits die kurze Nutzungsdauer vieler IKT Anwendungen und die immer stärkere Durchdringung von Konsumgütern mit kurzlebigen IKT. Verbunden ist dies mit einer Verkürzung der Nutzungsdauer vieler Güter, was zu einer erhöhten Produktion und steigendem Ressourcenverbrauch führt. Die **weiße Biotechnologien** bergen viele Chancen zur Ressourceneffizienzsteigerung (z.B. Katalysatoren, Biomining, Fermenter). Allerdings hat sich die Anwendung dieser Technologien in der Breite noch nicht durchgesetzt. Es besteht erheblicher Forschungsbedarf zu neuen Anwendungsbereichen bzw. den Nachhaltigkeitswirkungen, aber auch Bedarf nach Markteinführungsstrategien. Bei den **Nanotechnologien** sind die Ressourceneffizienzwirkungen noch am wenigsten klar. Die Risikoforschung ist noch nicht soweit, dass Aussagen möglich sind, ob eine nachhaltige und ressourceneffiziente Anwendung gesichert ist. Die ELSA-Initiative der EU wie auch der Aktionsplan sind hier wichtige Schritte. Die dafür bereitgestellten Mittel fallen aber im Vergleich zu den Forschungsgeldern für die Technologieentwicklung marginal aus. Eine übergreifende, über Einzelfallsbetrachtungen hinausgehende Bewertung der möglichen Potentiale zur Ressourceneffizienzsteigerung ist deshalb derzeit kaum möglich. Im Bereich Energieeffizienz wurden **typische Querschnittstechnologien** auf ihr Energieeffizienzsteigerungs- und Treibhausgas-minderungspotential untersucht und dabei auch die Kostensenkungen durch die Energieeinsparungen ausgewiesen (bzw. Kostensteigerungen für die bei derzeitigen Rahmenbedingungen noch nicht wirtschaftlichen Optionen). Abb. 2 zeigt die Ergebnisse im Überblick. Eine Analyse wichtiger Querschnittstechnologien auf ihr jeweiliges Potential zur Ressourceneffizienzsteigerung auch für Rohstoffe, Wasser, Fläche etc. steht noch aus. An diesem Punkt besteht dringender Forschungsbedarf.

Abb. 2: Energieeffizienzsteigerung bzw. Treibhausgasreduktion durch Querschnittstechnologien



Quelle: Thomas / Barthel / Bunse / Irrek 2006

### 3.1.8 Forschung und Entwicklung

Die Analyse der **Forschungs- und Entwicklungsprozesse** sowie der Investitionen in diesen Bereich zeigt deutlich, dass Forschungsumfang und -output eng miteinander zusammenhängen. Die Gelder, die z.B. in der Stahlindustrie für die Forschung zum Leichtbau ausgegeben wurden, nahmen effektiv Einfluss auf die systemweite Ressourceneffizienz der entwickelten Produkte und Dienstleistungen. Im Anforderungsprofil für zu entwickelnde Technologien, Prozesse, Werkstoffe etc. sollte deshalb generell das Kriterium „systemweite optimierte Ressourceneffizienz“ einbezogen werden. F&E, die dieses Kriterium schon bei der Entwicklung von Produkten, Technologien, Dienstleistungen berücksichtigt, hat so einen großen Effekt auf die weiteren Schritte in der Etablierung oder Weiterentwicklung der Produktkette: Auswahl der Rohstoffe, Prozessführung, Weiter-, Wiedernutzungs- und Recyclinglösungen etc.

Forschung und Entwicklung alleine sind jedoch nicht hinreichend für eine breite Diffusion der Ergebnisse. Insbesondere der **Transfer von Forschungsergebnissen** in die betriebliche Praxis und die Produktgestaltung ist häufig schwierig und lässt damit viele Potentiale ungenutzt.

### 3.1.9 Ressourceneffizienz und Infrastrukturen

Öffentliche und private Infrastrukturen sorgen für langfristige Festlegungen von Produktions-, Siedlungs- und Versorgungsstrukturen. Der Einfluss der Infrastrukturen auf den daraus resultierenden Ressourcenverbrauch ist daher erheblich. Hinzu kommt der Ressourcenverbrauch zum Aufbau und Unterhalt der Infrastrukturen. Entscheidenden Einfluss auf den Ressourcenverbrauch kann man in den Phasen der **Errichtung und Erneuerung von Infrastrukturen** nehmen („Windows of Opportunity“). Da Infrastrukturlösungen oft auch exportiert oder als Vorbild genommen werden, werden auch ineffiziente und ressourcenverbrauchsintensive Lösungen und die damit verbundenen Probleme mit transferiert.

### Technologische Ressourceneffizienzpotentiale im Überblick

Tab. 5 fasst die technologischen Ansatzpunkte zur Ressourceneffizienzsteigerung nochmals im Überblick zusammen.

Tab. 5: Einschätzung zum Ressourceneffizienzsteigerungspotential technologischer Ansatzpunkte

Ansatzpunkte	Potential zur Ressourceneffizienzsteigerung
<b>Rohstoffauswahl</b>	
Erze	+++ bis + / in ungünstigen Fällen: –
Industrieminerale	0
Fossile Energieträger	+++ bis + / in ungünstigen Fällen: –
Biotische Rohstoffe	je nach Anbauart: +++ bis 0
<b>Werkstoffauswahl, neue Werkstoffe und werkstoffgerechte Konstruktion</b>	
Werkstoffauswahl	+
Neue Werkstoffe	++
Werkstoffgerechte Konstruktion	++
<b>Recycling und langlebige Produkte</b>	
Recycling	+
Hohe Produktlebens- und Nutzungsdauer	0 bis +
<b>Kaskadennutzung</b>	
Kaskadennutzung	0 bis +
<b>Produktion und Fertigung</b>	
Wahl von Produktions- und Fertigungsverfahren	++
Optimierte Kombination unterschiedlicher Werkstoffe	++
<b>Produktgestaltung: Produktdesign und Produkt-Dienstleistungs-Systeme</b>	
Produktgestaltung	+++
Gestaltung von Produkt-Dienstleistungs-Systemen	+++
<b>Querschnittstechnologien</b>	
Informations- und Kommunikationstechnologien	-- bis ++
Weißer Biotechnologie	++
Nanotechnologien	(grobe Schätzung: 0 bis ++)
Traditionelle Querschnittstechnologien	+ bis +++
<b>Forschung und Entwicklung / Forschungstransfer</b>	
Forschungs- und Entwicklungsprozesse	+++
Forschungstransfer	+++
<b>Ressourceneffizienz und Infrastrukturen</b>	
Errichtung und Erneuerung von Infrastrukturen	++ bis +++
Transfer von Infrastrukturlösungen in andere Länder / Regionen	+++ (hohes Risiko durch den Transfer ineffizienter und ressourcenintensiver Lösungen)
Skalierung: +++ = stark positiver Effekt, ++ = positiver Effekt, + = leicht positiver Effekt, 0 = kein Effekt, – = leicht negativer Effekt, -- = negativer Effekt, --- = stark negativer Effekt	

Quelle: Kristof 2007

### 3.2 Organisatorische und institutionelle Innovationen zur Ressourceneffizienzsteigerung

Aber nicht nur Technologien leisten einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Die konkrete Umsetzung technologischer Innovationen, aber auch die kontinuierliche Verbesserung der Produktionsprozesse und der Produktgestaltung finden nur statt, wenn sie in den Unternehmen und den Wertschöpfungsketten konkret von Menschen – sei es auf Managementebene oder den Beschäftigten in der Produktion, im Vertrieb, im Produktdesign usw. – vorangetrieben werden.

Viele Instrumente und Konzepte, die für das nachhaltige und Excellence Management entwickelt und genutzt werden, bergen auch das Potential, Ressourceneffizienzsteigerungen innerhalb eines Unternehmens, und zum Teil auch in Wertschöpfungsketten, gezielt zu initiieren. Dazu gehören auch Ansätze, die auf den ersten Blick das Thema Ressourceneffizienz nicht ins Zentrum stellen (z.B. Qualitätsmanagement, Nachhaltigkeitsberichterstattung usw.). Aus den Instrumenten, die zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Unternehmen beitragen können, konnten sieben wichtige Stellschrauben identifiziert werden, die wichtig für die konkrete Umsetzung von Ressourceneffizienzsteigerungen sind (Kristof / Welfens / Türk / Walliczek 2006):

- **Handlungsorientierte Status-Quo-Analyse:** Ansätze, die an der Erhebung des Status Quo ansetzen und zugleich für die sich daraus entwickelnden Konsequenzen handlungsleitend wirken, verfolgen die Grundidee, dass die Erkenntnis des Ausgangspunktes und der damit verbundenen Probleme, Nachteile, verschenkten Möglichkeiten etc. zu Änderungswünschen und infolgedessen auch zu Veränderungsaktivitäten führen.
- **Kontinuierliches datenbasiertes Informationsmanagement:** Die Grundidee besteht darin, Entscheidungsträgern kontinuierlich Informationen über die Umweltauswirkung und Effizienzpotentiale von Organisationen, Prozessen oder Produkten / Dienstleistungen in aufbereiteter Form zur Verfügung zu stellen, um deren Entscheidungsfindung zu verbessern.
- **Zielausrichtung:** Grundidee ist die freiwillige Verpflichtung von Unternehmen auf bestimmte, i.d.R. über den gesetzlichen Mindeststandards liegenden Zielen. Oftmals verbunden ist damit die Intention, eine Alternative zu den – als zumeist weniger flexibel und als kostenintensiver angesehenen – gesetzlichen Regulierungen zu bieten bzw. diese zu verhindern.
- **Kontinuierliche Produkt- / Dienstleistungsbewertung und daraus abgeleitete Weiterentwicklung:** Die Erfassung der aktuellen Umweltwirkung und der daraus abzuleitenden gezielten Verbesserung der Produkte und Dienstleistungen ist die Grundidee. Es wird also bei der Kernkompetenz der Unternehmen angesetzt.
- **Qualitätsmanagement:** Ziel ist es, die Qualität der betrieblichen Abläufe, Prozesse sowie der Produkte / Dienstleistungen zu verbessern. Dies kann je nach Ausprä-

gung sowohl Produktion und Produktqualität, als auch die Kundenorientierung betreffen.

- **Unternehmensübergreifende und interne Lernprozesse:** Die gezielte Nutzung der Potentiale der Mitarbeiter/-innen und der Netzwerke rund um das Unternehmen über die Erschließung der unternehmensübergreifenden und internen Lernpotentiale ist das Ziel.
- **Nachhaltigkeitsorientierte ganzheitliche Managementsysteme:** Ziel ist, in Unternehmen integrierte Managementsysteme aufzubauen bzw. die bestehenden integrierten Systeme zu optimieren, die im Sinne eines strategischen Nachhaltigkeitsmanagements auf die Verbesserung von Effektivität und Effizienz industrieller Wertschöpfungsketten abzielen – bei der gleichzeitigen Verminderung negativer Auswirkungen der Produktion auf die Umwelt.

In Tab. 6 sind für die sieben organisatorischen und institutionellen Stellschrauben die Einschätzungen zu ihren jeweiligen Wirkungen auf die Ressourceneffizienz zusammengestellt. Wenngleich die Mehrzahl der untersuchten Ansätze Potentiale zur Steigerung der Ressourceneffizienz bergen, so sind diese in den seltensten Fällen explizit und handlungsleitend. Die Potentiale, die die sieben Stellschrauben bieten, müssen deshalb gezielt erschlossen werden.

Tab. 6: Einschätzung zum Ressourceneffizienzsteigerungspotential organisatorischer und institutioneller Ansatzpunkte

Ansatzpunkte	Potential zur Ressourceneffizienzsteigerung	
Handlungsorientierte Status-Quo-Analyse	Die Erkenntnis, dass etwas zu tun ist, und der Wunsch, etwas zu tun, sind nicht automatisch verbunden mit der Erkenntnis, was zu tun ist, und dem zur Umsetzung nötigen Know-how.	0 bis ++
Kontinuierliches datenbasiertes Informationsmanagement	Die Bereitstellung und Darstellung der Material- und Energieflüsse, Umweltkennzahlen und Umweltauswirkungen sowie die Identifizierung von Verbesserungspotentialen sind eine Voraussetzung zur systematischen und kontinuierlichen Verbesserung der Ressourceneffizienz.	+ bis ++
Zielausrichtung	Die Wirkung hängt davon ab, ob Ressourceneffizienz als Ziel jenseits eines „Business-as-usual“-Szenarios definiert wird und wie effektiv die Zielerreichung ist.	0 bis ++
Kontinuierliche Produkt- / Dienstleistungsbewertung und daraus abgeleitete Weiterentwicklung	Die Wirkung hängt davon ab, ob Ressourceneffizienz als Optimierungsvariable definiert wird und ob lebenszyklusweit optimiert wird. Da Design, Produktionsprozess, Nutzung und Recycling / Entsorgung berücksichtigt werden, ist eine hohe Eingriffsbreite und -tiefe möglich, wenn der Absatz am Markt gesichert ist.	+ bis +++
Qualitätsmanagement	Die Wirkung hängt davon ab, ob Ressourceneffizienz explizit eine Rolle spielt und ob wertschöpfungskettenübergreifend optimiert wird. Die zu realisierenden Effizienzpotentiale werden als gering eingeschätzt, da Ressourceneffizienz im Qualitätsmanagement der meisten Unternehmen nur ein Randthema ist und bleiben wird.	0 bis +
Unternehmensübergreifende und interne Lernprozesse	Ohne Lernprozesse ist eine systematische und strategische Erschließung und langfristigen Realisierung von Ressourceneffizienz nicht möglich.	+ bis ++
Nachhaltigkeitsorientierte ganzheitliche Managementsysteme	Die Wirkung kann sehr hoch sein, wenn der Ressourcenverbrauch als strategische Stellgröße – in Unternehmen und Wertschöpfungskette – identifiziert wird und die Integration der Managementsysteme erfolgreich ist.	0 bis +++
Skalierung: +++ = stark positiver Effekt, ++ = positiver Effekt, + = leicht positiver Effekt, 0 = kein Effekt, – = leicht negativer Effekt, – – = negativer Effekt, – – – = stark negativer Effekt		

Quelle: weiterentwickelte Tabelle auf Basis Kristof / Welfens / Türk / Walliczek 2006

In Anbetracht der Breite, der unterschiedlichen Ansatzpunkte und der Verschiedenheit der gefundenen Stellschrauben und der dahinter liegenden Ansätze kann das existierende Instrumentenportfolio grundsätzlich als breit genug erachtet werden, Ansätze zur Steigerung der Ressourceneffizienz in Unternehmen erfolgreich zu implementieren. Eine auf die spezifischen Gegebenheiten des Unternehmens jeweils angepasste Auswahl der Instrumente ist aber notwendig.

### 3.3 Übergreifende Forschungsbedarfe

Forschungsbedarf besteht vor allem auf vier Ebenen – erstens zur Analyse der konkreten und umsetzbaren Potentiale zur Ressourceneffizienzsteigerung, zweitens zu den Triebkräften und Hemmnissen von Diffusionsprozessen, drittens zur Analyse der Triebkräfte und Rahmenbedingungen für Veränderungen der Verbrauchsschwerpunkte

in den Sektoren und Wertschöpfungsketten und viertens bei Informations-, Qualifizierungs- und Weiterbildungsmaßnahmen für Entscheidungsträger aus Wirtschaft, Politik und Verbänden zu den prioritären Handlungsmöglichkeiten und zur konkreten Erschließung der Ressourceneffizienzsteigerungspotentiale.

#### **4 Aktionsmöglichkeiten für die Politik: Ansatzpunkte für eine integrierte Ressourcenpolitik**

Die Aktionsmöglichkeiten für die Politik und andere gesellschaftliche Akteure sind sehr breit gestreut. Um sie zu strukturieren, bietet sich eine Einteilung nach ihren zentralen Intentionen an. Fünf Strategieelemente ergeben sich daraus:

- **Diffusionsansätze**, die helfen vorhandenes Wissen und schon marktfähige Innovationen konkret in umzusetzen,
- Ansätze zur **Markteinführung und Anreizsysteme**, die die Marktfähigkeit technologischer und nicht-technologischer Innovationen verbessern, die an der Schwelle zum Markt stehen,
- Ansätze zur **Forschungs- und Innovationsförderung**, die die Entwicklung neuer Technologien, Prozesse und Lösungen unterstützt, die in Zukunft auf den Markt kommen sollen,
- die Gestaltung der **Rahmenbedingungen**, die für die Umsetzung der Ressourceneffizienzsteigerungen gelten und sie fördern,
- **Ziele, Indikatoren und Perspektiven**, an denen alle eben aufgeführten Politikansätze ausgerichtet werden und die gleichzeitig zum Monitoring der Zielerreichung dienen.

Diese fünf Strategieelemente können mit sehr unterschiedlichen Politikinstrumenten verfolgt werden. Im folgenden werden die Ansätze und die dafür möglichen Instrumente vorgestellt. Abschließend wird im letzten Kapitel ein daraus abgeleiteter Policy Mix vorgestellt, der einen erfolgreichen Einstieg in eine forcierte deutsche Ressourcenpolitik bieten könnte.

Im Strategieelement **Diffusion** liegen die Schwerpunkte bei der **Unterstützung der Erschließung bestehender Ressourceneffizienzpotentiale** durch die Verbesserung bzw. Ausweitung der Programme auf Bundes- und Landesebene, Agenda Setting, Dialogprozesse (z.B. zu spezifischen Ansatzpunkten für Branchen, Materialsysteme, Bedarfswelder, Querschnittstechnologien) oder gezielte Ansätze für derzeit noch wenig adressierte Bereiche (z.B. EU-Initiativen, Produktentwicklung / Produktdesign, globale Wertschöpfungsketten z.B. im Bereich Metalle, IKT, Textil), aber auch auf der **Aus-, Fort- und Weiterbildungsebene**. Die in Tab. 7 aufgelisteten Instrumente könnten dazu einen Beitrag leisten.

Tab. 7: Politikinstrumente zur Diffusionsförderung

- Beratungs- und Förderinstitutionen auf Bundes- und Landesebene (z.B. DEMA) und Netzwerkbildung (z.B. Netzwerk Ressourceneffizienz) langfristig sichern,
- Diffusionsförderangebote für Unternehmen und Unternehmensnetzwerke incl. Aktivitäten zu ihrer besseren Ausschöpfung erweitern und verbessern:
  - Spezifische Programme für Branchen (z.B. Lebensmittelindustrie, Lackindustrie, Maschinenbau, Handwerk), Bedarfspotential, internationale Wertschöpfungsketten und Querschnittstechnologien (z.B. Membrantechnik, Schmierstoffe, Bio-Raffinerien),
  - Spezifisches Programm für die öffentliche Beschaffung / Procurementansätze,
  - Spezifische Programme für Produktentwicklung / Produktdesign,
  - Informationen zu Kostenstrukturen und Steigerung des Kostenbewusstseins,
- Deutschen Ressourceneffizienzpreis stärken,
- Dialoge und sektorale Aktionspläne anstoßen und begleiten,
- Agenda Setting, Informationskampagne und Qualifizierungsangebote für intermediäre Akteure (z.B. Verbände, IHK, Handwerkskammern, Banken, Wirtschaftsförderung, Wissens- und Technologietransferinstitutionen wie z.B. Transferagenturen, Transfernetzwerken sowie Technologie- und Gründerzentren)
- Bildungsinitiative: Ressourceneffizienz als Thema in Schule und Universität sowie in der beruflichen Aus-, Fort- und Weiterbildung,
- Gründung einer (virtuellen) Ressourcen-Universität.

Im Strategieelement **Markteinführung und Anreizsysteme** sind wirkungsvolle **Markteinführungs-** und **Exportstrategien** für Leitprodukte / -dienstleistungen zu entwickeln und umzusetzen. Dies könnte durch die in Tab. 8 umgesetzt werden durch.

Tab. 8: Politikinstrumente zur Markteinführung und Anreizsysteme

- Gezielte Markteinführungsförderung ressourcensparender Leitprodukte / Leitdienstleistungen / Leittechnologien,
- Gezielte Förderung ressourcensparender Leitprodukte / Leitdienstleistungen / Leittechnologien im Rahmen der öffentlichen Beschaffung,
- Exportförderungsprogramm für Ressourceneffizienztechnik / -lösungen und -dienstleistungen,
- POS-Programme (Point of sale, Anbieter-Kunden-Schnittstelle / Kundenintegration),

- Kaskadennutzungssysteme für ausgewählte Rohstoffsysteme implementieren,
- Biomassestrategie entwickeln und konsolidiertes, fokussiertes NaWaRo-Förderprogramm (Orientierung an EEG) auf Basis von integrierten Nachhaltigkeitsbewertungen auflegen.

Im Bereich der **Forschungs- und Innovationsförderung** geht es vor allem darum, die **Forschung an materialeffizienten Leitprodukten und Leitdienstleistungen** zu stärken (z.B. Innovationsradar / Technologieplattform). Außerdem gilt es, die Wissensbasis zu den **Potentialen** und zu einem effektiveren bzw. breiteren Einsatz von **Ressourcenpolitiken** im nationalen, EU- und internationalen Rahmen zu vertiefen. Ansatzpunkte könnten die in Tab. 9 aufgeführten Instrumenten sein.

Tab. 9: Politikinstrumente zur Forschungs- und Innovationsförderung

- Förderung von Innovationen im Bereich Leitmärkte, Leitprodukte / Leitdienstleistungen,
- Forschung zu Ressourceneffizienzpotentialen,
- Forschung zur Ressourcennutzung und den damit verbundenen (ökologischen) Auswirkungen nach Branchen, Materialsystemen und Bedarfsfeldern,
- Forschung zu ressourceneffizienzsteigernden Produktions- und Konsummustern,
- Forschung zur Politikanalyse / zu Ressourcenpolitikinstrumenten (national und EU) und zur Wechselwirkung der ressourcenrelevanten EU-Politiken,
- Einrichtung eines Innovationsradar bzw. einer Technologieplattform,
- Entwicklung integrierter Szenarien (Energie ↔ Material ↔ Fläche).

Die bestehenden **Rahmenbedingungen** sollten mit dem Ziel umgebaut werden, ressourcenverbrauchssteigernde Regelungen abzubauen und die Ressourceneffizienz zu erhöhen. Wichtige Felder dafür sind in Tab. 10 aufgeführt.

Tab. 10: Politikinstrumente zur Gestaltung der Rahmenbedingungen

- Abbau ressourcenverbrauchssteigernder Steuern / Subventionen (z.B. Umbau Kfz-Steuer, Modifikation der Dienstwagenbesteuerung, Reform kommunales Finanzsystem),
- modifizierte, lebenszykluskostenorientierte Top-Runner-Strategie und dynamisierte Verschärfung bestehender und neue EU-Grenzwerte – auch für Querschnittstechnologien / -komponenten,

- dynamisierte Berichts- und Kennzeichnungspflichten (evtl. verschränkt mit Label),
- Produkt- und Materialverantwortung (z.B. Weiterentwicklung von Rücknahmeverpflichtungen und Mindestrecyclingquoten),
- Etablierung vertraglicher Vereinbarungen auf Basis von Dialogen,
- Baustoff- und Landverbrauchsbesteuerung; längerfristige Perspektive: Materialinput- und Flächensteuer oder Zertifikatlösung,
- Mitgestaltung der Rahmenbedingungen der internationalen Finanzmärkte,
- Mitgestaltung der globalen Ressourcensicherheitspolitik.

Für den Bereich **Ziele, Indikatoren und Perspektiven** sind die **Fortentwicklung der Ziele der Ressourcenpolitik** auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene, ihre Abstimmung mit anderen Politikbereichen, ihre **Vermittlung auf Unternehmens- / Konsumentenebene** (z.B. aussagekräftiger Indikator etwa analog DAX) und die **Verbesserung der Datenbasis** besonders wichtig. Die in Tab. 11 aufgeführten Vorschläge zur Weiterentwicklung der deutschen Ressourceneffizienzziele und zur Einführung eines konsistenten Datensystems wären dafür zentral.

Tab. 11: Politikinstrumente im Bereich Ziele, Indikatoren und Perspektiven

- Weiterentwicklung der deutschen Ressourceneffizienzziele:
  - Absenkung der durch Deutschland verursachten globalen Inanspruchnahme von Ressourcen um 25-30 % bis 2030, längerfristig um 50 % bezogen auf 1990,
  - Verminderung der von Deutschland verursachten mit der Inanspruchnahme von Ressourcen verbundenen wichtigen Umweltbelastungen um mindestens 25 % bis 2030 bezogen auf 1990,
  - Integration von Zielen zur Steigerung der Ressourceneffizienz aus anderen Politikbereichen (z.B. IPP)
  - Vermittlung der Ziele auf Unternehmens- und Konsumentenebene,
  - Zielformulierung ohne Vorgaben zu Umsetzungsoptionen,
- Einführung eines konsistenten Datensystems zu den Material- / Stoffbilanzen auf Mikro-, Meso-, Makro-Ebene und Verbesserung der Anwendungsbedingungen auf politischer und Unternehmensebene.

## 5 Der Blick in die Zukunft

Mittel- und langfristig sind die Chancen einer forcierten Politik zur Erhöhung der Ressourceneffizienz groß, jedoch auch die anstehenden Herausforderungen und Konflikte nicht zu unterschätzen. Die notwendige Steigerung der Ressourceneffizienz ist demzufolge nicht im Selbstlauf zu erreichen, sondern nur durch eine Kombination von Vorgaben, Anreizen und Unterstützung. Der anzustrebende Policy Mix für eine nachhaltige Ressourcenpolitik besteht aus vielen Instrumenten. Dazu müssen anspruchsvolle Ziele formuliert und erreicht, Rahmenbedingungen geändert, etablierte Technologiepfade verlassen und neue entwickelt werden. Neue Märkte werden bestehende verdrängen. Die Schumpeter'sche „schöpferische Zerstörung“ ist in einer ökologischen Industriepolitik wichtig, weil eine bloße Hinzufügung grüner Technologien zu bestehenden Produktions- und Konsummustern die Umwelt nicht ausreichend entlasten würde. Angesichts des rasanten Wachstums etlicher Schwellen- und Entwicklungsländer muss man sowohl in Deutschland und in der EU Vorbildfunktionen erfüllen als auch die internationale Kooperation verbessern. Letzten Endes geht es um einen grundlegenden Strukturwandel, veränderte Produktions- und Konsummuster, veränderte Rahmenbedingungen und um ein neues Verständnis von Wohlstand, der auf Basis erneuerbarer Ressourcen erfolgt, im Einklang mit der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts liegt und immaterielle Belange höher bewertet als es heute noch der Fall ist.

Die fünf dargestellten Strategieelemente „Diffusion“, „Markteinführung und Anreizsysteme“, „Forschungs- und Innovationsförderung“, „Rahmenbedingungen“ und „Ziele, Indikatoren und Perspektiven“ ergeben das Profil einer Ressourcenpolitik, die auf Chancen und Beteiligung setzt und zu diesem Zweck verschiedene Instrumente bündelt. Eine optimierte Ressourcenstrategie muss dabei gut in das bereits existierende Rahmenwerk von unterschiedlichen komplementären und überlappenden Prozessen und Strategien eingebettet werden, um Doppelgleisigkeiten zu vermeiden, Synergien zu nützen aber auch Widersprüchlichkeiten zu vermeiden.

Abb. 1 stellt die Politikoptionen zu einem Policy Mix zusammen, die zum Einstieg in eine integrierte Ressourceneffizienzpolitik in Deutschland sinnvoll zusammenwirken können und die auch als deutscher Beitrag in die Ressourcenstrategie der EU oder auch in den G8-Prozess zur Ressourceneffizienz eingebracht werden könnten.

Abb. 1: Vorschlag für einen Policy Mix zum Einstieg in eine integrierte Ressourceneffizienzpolitik



Quelle: Weiterentwicklung von Bahn-Walkowiak / Bleischwitz / Kristof / Türk 2007

Im Zentrum stehen die Akteure, die Ressourceneffizienzsteigerung in Unternehmen oder bei Beschaffung / Einkauf (B2B, B2C und B2P) in den Unternehmen, in der öffentlichen Hand und in den Haushalten umsetzen. Die Politik hat dabei die Rolle des Unterstützers und vernetzt sich dabei mit anderen gesellschaftlichen Akteuren (z.B. Wirtschaftsverbände, Gewerkschaften, NGO, Verbraucherorganisationen, Beratungsinstitutionen, Bildungsinstitutionen etc.), die Ressourceneffizienz auf ihre Agenda gesetzt haben oder setzen wollen. Die Gestaltung der Rahmenbedingungen etwa durch ökonomische Instrumente und Ordnungsrecht bieten zwar mittelfristig ein hohes Wirkungspotential, wenn erste Erfolge erfolgreich durchgeführt und kommuniziert werden können und die Rahmenbedingungen gleichzeitig verändert werden, sie sind jedoch allein nicht der Königsweg. Die Orientierung an einem anspruchsvollen Ziel und der daran ausgerichtete Umbau der Rahmenbedingungen stützen und unterstützen die konkrete Umsetzung von Ressourceneffizienzsteigerungen.

Die Innovations- und Forschungsförderung stellt sicher, dass auch in der Zukunft der Weg zu einem ressourceneffizienteren Produzieren und Konsumieren erfolgreich weitergegangen werden kann.

Von hoher Bedeutung ist auch die internationale Ebene. Zwei Aspekte sind dabei für die Ressourcenpolitik besonders relevant: zum einen die Förderung der Ressourceneffizienz in anderen Ländern durch die Nutzung von Instrumenten der Exportförderung und entwicklungspolitischen Zusammenarbeit. Dabei sind die rohstoffimportierenden Schwellenländer eine besonders interessante Zielgruppe (z.B. Indien, China). Zum anderen müssen angesichts angespannter Rohstoffmärkte die Bedingungen für einen nachhaltigen Abbau von Rohstoffen in den Förderländern verbessert werden (vgl. BMWi 2007).

Die Bedeutung der nationalen und internationalen Ressourcenpolitik und ihrer Harmonisierung wird in den nächsten Jahren deutlich zunehmen. Die in Abb. 2 zusammengestellten Vorschläge für den Policy Mix zum Einstieg in eine integrierte Ressourceneffizienzpolitik können besonders erfolgreich umgesetzt werden, wenn auf nationaler, EU- und internationaler Ebene sich unterstützende Politiken etabliert werden, die relevanten Stakeholder eingebunden und die Akteure aktiviert werden können, die die Ressourceneffizienzsteigerung konkret umsetzen.

## 6 Literatur

- Aachener Stiftung Kathy Beys (Hg.) (2005): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland; Norderstedt
- Acosta-Fernández, José (2007): Identifikation prioritärer Handlungsfelder für die Erhöhung der gesamtwirtschaftlichen Ressourcenproduktivität in Deutschland; Paperreihe „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, [www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)
- Bahn-Walkowiak, Bettina / Bleischwitz, Raimund / Kristof, Kora / Türk, Volker (2007): Instrumentenbündel zur Erhöhung der Ressourcenproduktivität; Paperreihe „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, [www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)
- Bardt, H. / Hüther, M. (2006): Angebotsorientierte Umweltpolitik: Positionsbestimmung und Perspektiven; IW-Positionen 21, Köln: Institut der deutschen Wirtschaft
- Bleischwitz, Raimund (2006): Internationale Rohstoffmärkte: steigende Preise, wachsendes Konfliktpotential, und neue Formen von Governance; In: Stiftung Entwicklung und Frieden, Debiel, T. et al. (Hg.): Globale Trends 2007, Frankfurt / M., S. 305-321
- BMU (2006): Ökologische Industriepolitik - Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung; Berlin
- BMU / IG Metall / Wuppertal Institut (2006): Tagungsdokumentation „Ressourceneffizienz – Innovation für Umwelt und Arbeit; Berlin / Frankfurt / Wuppertal
- BMWi (2007): Elemente einer Rohstoffstrategie der Bundesregierung; Berlin
- Bringezu, Stefan (2004): Erdlandung: Navigation zu den Ressourcen der Zukunft; Stuttgart
- Bringezu, Stefan / Schütz, Helmut / Steger, Sören / Baudisch, J. (2004): International comparison of resource use and its relation to economic growth: the development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR; In: Ecological economics, 51 (2004), 1/2, pp. 97-124
- Bundesregierung (Hg.) (2002): Perspektiven für Deutschland: Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung; Berlin, 17.4.2002
- DIW [Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung] / ISI [Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung] / Roland Berger Strategy Consultants (2007): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation
- EEA (2006): Using the market for cost-effective environmental policy: Market-based instruments in Europe, EEA Report No 1/2006; Kopenhagen
- EU Kommission [Europäische Kommission] (2003): Integrierte Produktpolitik: Auf den ökologischen Lebenszyklus-Ansatz aufbauen; Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament, KOM(2003) 302, Brüssel
- EU Kommission [Europäische Kommission] (2005): Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources, Brussels, 21.12.2005, COM(2005) 670 final
- EU Kommission [Kommission der Europäischen Gemeinschaften] (2005a): Integrierte Leitlinien über Wachstum und Beschäftigung (2005-2008); KOM(2005)0141 endg.; Brüssel

- Fronde, M. et al. (2006): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen; Studie von RWI, ISI, BGR, im Auftrag des BMWi, Forschungsprojekt Nr. 09/05; Essen / Karlsruhe / Hannover
- Giegrich, Jürgen / Möhler, S. / Borken, J. (2003): Entwicklung von Schlüsselindikatoren für eine nachhaltige Entwicklung; IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung; Förderkennzeichen 200 12 119 im Auftrag des Umweltbundesamtes
- Kristof, Kora (2007): Hot Spots und zentrale Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz; Paperreihe „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, [www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)
- Kristof, Kora / Liedtke, Christa (2005): Wie könnte eine erfolgreiche Materialeffizienzpolitik für den Mittelstand aussehen?; in: Liedtke, Christa / Busch, Timo (2005): Materialeffizienz: Potenziale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern; München: oekom Verlag, S. 47-61
- Kristof, Kora / Liedtke, Christa (2005a): Materialeffizienzprogramm für Deutschland; factorY – Magazin für Nachhaltiges Wirtschaften, 1. Jg., 03/2005, S. 9
- Kristof, Kora / Türk, Volker (2006): Ressourceneffizienzsteigerungen durch unternehmensübergreifende Instrumente: Status-Quo Analyse, Kritik, Politikempfehlungen; Paperreihe „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, [www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)
- Kristof, Kora / Türk, Volker / Welfens, Jolanta / Walliczek, Katharina (2006): Ressourceneffizienzsteigerungen durch organisatorische und institutionelle Innovationen; Paperreihe „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, [www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)
- Lehmann, Ana (2006): „Ich war eine Flasche“ – China produziert Pullis aus Plastikabfall, Deutsche Welle 18.12.2006
- Liedtke, Christa / Busch, Timo (Hg.) (2005): Materialeffizienz: Potenziale bewerten, Innovationen fördern, Beschäftigung sichern; München
- Millennium Ecosystem Assessment (Ed.) (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis; Washington, DC; [www.millenniumassessment.org/en/index.aspx](http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx) (25.9.2007)
- Ministry of the Environment Japan (Ed.) (2005): 3R Initiative: The Ministerial Conference of April 2005 is a starting point to formally launch the 3R Initiative toward a sound material-cycle society through 3Rs of reduce, reuse and recycle; Tokyo
- OECD Council (Ed.) (2004): Recommendation of the council on Material Flows and Resource productivity; Paris, 21.4.2004; [www.oecd.org/dataoecd/3/63/31571298.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/3/63/31571298.pdf)
- Panasonic (2004): In Pursuit of “Sustainable Lifestyles; Präsentation bei der 8th Special Session of the Governing Council / Global Ministerial Environment Forum; [http://panasonic.net/eco/factor\\_x/m\\_pdf/040329\\_1e.pdf](http://panasonic.net/eco/factor_x/m_pdf/040329_1e.pdf) (25.9.2007)
- Rat der europäischen Union (2006): Die erneuerte EU- Strategie einer nachhaltigen Entwicklung; Brüssel
- Ritthoff, Michael / Liedtke, Christa / Kaiser, Claudia / (2007): Technologien zur Ressourceneffizienzsteigerung; Paperreihe „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“, [www.ressourcenproduktivitaet.de](http://www.ressourcenproduktivitaet.de)

- Ritthoff, Michael / Merten, Thomas / Spies-Wallbaum, Holger / Liedtke, Christa (2004): Stahl im Vergleich: Verfahren, Ressourceneffizienz, Recycling, Umwelt; in: Stahl und Eisen, Vol. 124, Nr. 7, S. 61-66
- Rocholl, M. / Giljum, S. / Schlegelmilch, K. (2006): Factor X and the EU: How to make the EU the most resource and energy efficient economy in the world; Aachener Stiftung Kathy Beys, 2nd edition; Aachen
- Schmidt-Bleek, Friedrich (2000): Das MIPS-Konzept: Weniger Naturverbrauch, mehr Lebensqualität durch Faktor Zehn; München
- Schmidt-Bleek, Friedrich (2007): Nutzen wir die Erde richtig? Die Leistungen der Natur und die Arbeit des Menschen; Frankfurt / M.: Fischer Taschenbuch Verlag
- Schmidt-Bleek, Friedrich (Hg.) (2004): Der ökologische Rucksack – Wirtschaft für eine Zukunft mit Zukunft; Stuttgart u.a.
- SEF [Stiftung Entwicklung und Frieden] (2006): Tagungsreihe zu Rohstoffkonflikten der Stiftung Entwicklung und Frieden, des Wuppertal Instituts und der Bundesakademie für Sicherheitspolitik, [www.sef-bonn.de](http://www.sef-bonn.de)
- Spiegel (2006): Kampf um Rohstoffe: Die knappen Schätze der Erde; Spiegel Spezial 5 / 2006, S. 50f.
- SRU [Sachverständigenrat für Umweltfragen] (2005): Auf dem Weg zur Europäischen Ressourcenstrategie: Orientierung durch ein Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik, Stellungnahme
- Statistisches Bundesamt (2007): Statistisches Jahrbuch 2007; Wiesbaden; [www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/StatistischesJahrbuch/Jahrbuch2007Download.templateId=renderPrint.psm1](http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Querschnittsveroeffentlichungen/StatistischesJahrbuch/Jahrbuch2007Download.templateId=renderPrint.psm1)
- Steger, Sören / Bleischwitz, Raimund (2007): Entkoppelung der Ressourcennutzung vom Wachstum: wie erfolgreich ist Europa bei der Erhöhung der Ressourcenproduktivität und einer Dematerialisierung?; in: Rudolph, S. (Hg.) (2007): Wachstum, Wachstum über alles?; Marburg: Metropolis Verlag, S. 101-129
- Thomas, Stefan / Barthel, Claus / Bunse, Meike / Irrek, Wolfgang et al. (2006): Optionen und Potenziale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen; Kurzfassung des Endberichts; Wuppertal, Wuppertal Institut im Auftrag der E.ON AG
- ULSAB-AVC-Konsortium (Hg.) (2001): Automotive (R)Evolution in Steel
- UNEP [United Nation Environment Programme] (2007): Cleaner Production Activities; [www.unep.org/pc/cp/](http://www.unep.org/pc/cp/)
- Vaughan, B. (Ed.) (2004): High 5!: Communicating your business success through sustainability reporting; a guide for small and not so small businesses; Amsterdam: Global Reporting Initiative
- Voet, E. van der et al. (2005): Policy Review on Decoupling: Development of indicators to assess decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries; CML Universität Leiden / NL, CE Delft / NL, Wuppertal Institut; Forschungsbericht im Auftrag der Europäischen Kommission, DG Umwelt
- Weizsäcker, Ernst-Ulrich von / Lovins, Amory / Lovins, H. (1997): Factor Four: Doubling Wealth – Halving Resource Use; London: Earthscan