

PolRess AP1 – Ziele und Indikatoren

Ziele und Indikatoren für die Umsetzung von ProgRess

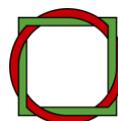
Arbeitspapier AS 1.2/1.3

Stefan Bringezu

Helmut Schütz

Mit Beiträgen von Bettina Bahn-Walkowiak, Katrin Bienge und Christa Liedtke

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

PolRess – Ressourcenpolitik

Ein Projekt im Auftrag des Bundesumweltministeriums und des Umweltbundesamtes

Laufzeit 01/2012 – 05/2015

FKZ: 3711 93 103



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Fachbegleitung UBA

Judit Kanthak

Umweltbundesamt

E-Mail: judit.kanthak@uba.de

Tel.: 0340 – 2103 – 2072

Ansprechpartner

Dr. Klaus Jacob

Freie Universität Berlin

E-Mail: klaus.jacob@fu-berlin.de

Tel.: 030 – 838 54492

Projektpartner:



Die veröffentlichten Papiere sind Zwischen- bzw. Arbeitsergebnisse der Forschungsnehmer. Sie spiegeln nicht notwendig Positionen der Auftraggeber oder der Ressorts der Bundesregierung wider. Sie stellen Beiträge zur Weiterentwicklung der Debatte dar.

Zitationsweise: Bringezu, S./ Schütz, H. (2013): Ziele und Indikatoren für die Umsetzung von Prog-Ress. Arbeitspapier AS 1.2/1.3 im Projekt Ressourcenpolitik: Analyse der ressourcenpolitischen Debatte und Entwicklung von Politikoptionen (PolRess).

Die AutorInnen danken für die Kommentare zu einer früheren Entwurfsfassung von Michael Golde, Jens Günther, Judit Kanthak, und Kora Kristof vom UBA und von Katrin Bienge und Holger Rohn, Wuppertal Institut.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Abbildungen | VI |
| Tabellen | VI |
| Boxes | VI |
| Abkürzungsverzeichnis und Glossar | VII |
| Zusammenfassung..... | 1 |
| AP1.2 Indikatoren..... | 1 |
| AP 1.3 Ziele..... | 1 |
| 1. Einführung | 3 |
| 1.1 Zweck und Zielfragen | 3 |
| 1.2 Ziele von ProgRes..... | 3 |
| 2. Anforderungen an das Indikatoren-Set..... | 4 |
| 2.1 Welche Ressourcen sollen betrachtet werden?..... | 4 |
| 2.2 Welche Aspekte der Ressourcennutzung sollen abgebildet werden? | 4 |
| 2.3 Welche Differenzierung von Indikatoren ist nötig? | 5 |
| 2.4 Welche Anschlussfähigkeit der Indikatoren ist erforderlich? | 6 |
| 3. Vorschlag für ein Kernset von Indikatoren..... | 7 |
| 3.1 Der "Ressourcen-Tacho" | 7 |
| 3.2 Die materialflussbasierten Indikatoren..... | 9 |
| 3.3 Beispiele der Indikatorenanwendung | 11 |
| 4. Aspekte zur Ableitung von Zielwerten | 14 |
| 4.1 Vergleich mit anderen Zielen eines Safe-Operating-Space | 19 |
| 4.2 Welches Handlungsziel führt zum nachhaltigen Verbrauch? | 20 |
| 4.3 Bezug des Ressourcen-Indikators und Erreichbarkeit der Ziele..... | 21 |
| 4.4 Anwendbarkeit auf der Firmenebene | 23 |
| 5. Schlussfolgerungen..... | 25 |
| Literatur..... | 27 |
| ANHANG | 33 |

Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Relationen der Indikatoren DMI, DMC, TMR und TMR _____ | 11 |
| Abbildung 2: BIP, TMR und Ressourcenproduktivität (BIP/TMR) 1991-2030 _____ | 21 |
| Abbildung A 1: Ergebnisse eines Policy Mix Szenarios mit GINFORS _____ | 34 |

Tabellen

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Übersicht "Ressourcen-Tacho": Kernset von input-orientierten Schlüsselindikatoren ergänzt durch Treibhausgas(THG)-Emissionen _____ | 8 |
| Tabelle A 1: Stoffstrombasierte Indikatoren des Stoffwechsels der Gesellschaft _____ | 33 |
| Tabelle A 2: Übersicht über wissenschaftliche Vorschläge zu Ressourcenzielen _____ | 35 |
| Tabelle A 3: Liste der Länder, für die ungenutzte Extraktion und TMR bereits bestimmt wurden ____ | 37 |
| Tabelle A 4: Überblick über Beispiele der Anwendung von Indikatoren des Primärmaterialaufwands, Rohstoffverbrauchs oder direkten Materialeinsatzes in Unternehmen _____ | 39 |
| Tabelle A 5: Beispielhafte Darstellung unternehmerischer quantitativer Ziele im Bereich Ressourceneffizienz _____ | 44 |

Boxes

| | |
|--|---|
| Box 1: Kategorien input- und output-orientierter Indikatoren _____ | 9 |
|--|---|

Abkürzungsverzeichnis und Glossar

| | |
|---------------------------------------|---|
| BIP | Bruttoinlandsprodukt |
| DMC | Domestic Material Consumption / Inländischer Materialverbrauch |
| DMI | Direct Material Input / Direkter Materialinput |
| EMC | Environmentally-weighted Material Consumption |
| LCA | Life Cycle Assessment / Ökobilanz |
| MFA | Material Flow Analysis / Materialflussanalyse = Stoffstromanalyse |
| Primärmaterial | aus der Natur entnommene Materialien (abiotisch oder biotisch), die als Rohstoffe weiter verkauft (genutzte Extraktion) oder nicht weiter verwertet werden (ungenutzte Extraktion) |
| Ressourcen | der vorliegende Text bezieht sich auf hauptsächlich auf stoffliche Ressourcen im Sinne von Primärmaterial |
| RMC | Raw Material Consumption / Rohstoffverbrauch (DMC unter Berücksichtigung der RME des Handels) |
| RME | Raw Material Equivalents / Rohstoff-Äquivalente |
| RMI | DMI erweitert um RME der Importe |
| Rohstoffe | Produkte der Rohstoffgewinnung, die an verarbeitende Firmen geliefert werden; diese können natürliche (primäre <u>genutzte</u> Extraktion) oder rezyklierte (sekundäre) Rohstoffe sein |
| THG | Treibhausgas |
| TMC | Total Material Consumption / Globaler (Primär-)Materialverbrauch |
| TMR | Total Material Requirement / Globaler (Primär-)Materialaufwand |
| UDE | Unused Domestic Extraction / Ungenutzte Inländische Extraktion |
| Verbrauch [an natürlichen Ressourcen] | wird hier – entsprechend der volkswirtschaftlichen Terminologie – bezogen auf die Aufwendungen, die mit dem inländischen Konsum (der sog. inländischen letzten Verwendung) verbunden sind; im Unterschied dazu erfasst der <i>Aufwand</i> die Gesamtmenge, welche für Produktion und Konsum eingesetzt wird (einschließlich des Einsatzes für die Produktion der Exporte) |

Definitionen und Komponenten der Indikatoren siehe Tabelle A 1.

Zusammenfassung

AP1.2 Indikatoren

Zur Weiterentwicklung des Indikators Rohstoffproduktivität wird ein Vorschlag erarbeitet, der sich an der Struktur des Indikatorensystems zur Europäischen Roadmap for Resource Efficiency (Headline Indikator und Dashboard) einerseits und dem Methodenrahmen zu MFA-basierten Indikatoren der OECD (schrittweise Erweiterung vom DMC über RMC zu TMC) orientiert. Dabei stehen die durch die Indikatoren zu beantwortenden Zielfragen im Vordergrund und die Ausgangsbasis sind die wesentlichen Anforderungen an die Indikatoren. Zentral ist, dass die verschiedenen Indikatoren sich hinsichtlich ihrer Interpretierbarkeit und das mit ihnen verbundene Risiko von Problemverlagerungen unterscheiden. Insgesamt erscheint es sinnvoll, zum einen den gesamten *Primärmaterialaufwand* (TMR) als Basis für die Abbildung der gesamten *Ressourcenproduktivität*¹ heranzuziehen und den *globalen Materialverbrauch* (TMC) pro Kopf für *internationale Vergleiche* und zum anderen die Hauptkomponenten (die Zusammensetzung) auszuweisen (wobei unterschiedliche bzw. kombinierte Unterscheidungen nach Arten der Ressourcen wie Metalle, Industriemineralien, Baumineralien etc. oder ausländische/inländische Entnahme oder genutzt/ungenutzt möglich sind). Wichtig erscheint, die Systemgrenze der Indikatoren (was wird gezählt) nicht allein von ökonomisch-technischen Kriterien, sondern auch von Gesichtspunkten des Umweltbelastungspotenzials abhängig zu machen.

AP 1.3 Ziele

Die Ableitung von quantitativen Zielwerten für die Nutzung abiotischer Ressourcen wird eingebettet in die Betrachtung des gesamten sozio-industriellen Stoffwechsels und seiner möglichen künftig nachhaltigen Gestaltung in Richtung einer langfristig aufrechtzuerhaltenden Versorgung und Entsorgung. Dazu gehört, dass die Phase des gegenwärtigen physischen Wachstums der Materialbestände der Technosphäre (Gebäude, Infrastrukturen, langlebige Güter) immer mehr in eine Gleichgewichtsphase des Bestandserhalts und der Bestandsinnovation übergeht. Dieser Trend ist bereits jetzt nachweisbar und er wird dazu beitragen, die Erfordernisse an Primärmaterialien zu vermindern und den Anteil an Sekundärinput für die verschiedenen Produkte zu erhöhen.

Der aktuelle Aufwand der deutschen Wirtschaft an Primärmaterial ist jedoch immer noch sehr hoch, insbesondere im EU- und internationalen Vergleich. Will man Zielwerte des Verbrauchs abiotischer Ressourcen ableiten, so stellt sich die Frage, welches Extraktionsniveau an Primärmaterial global als akzeptabel risikoarm angesehen werden kann. Hierzu wurden von anderen Autoren bereits Vorschläge gemacht, z.B. die globale Entnahme langfristig zu halbieren und allen Menschen weltweit grundsätzlich das gleiche Nutzungsrecht zuzusprechen. Letzteres impliziert eine Zurechnung des akzeptablen Niveaus pro Kopf für ein Zieljahr.

¹ Die Begriffe "Ressourcenproduktivität" und "Ressourcen" werden hier hauptsächlich auf den Einsatz von natürlichen stofflichen Ressourcen im Sinne von Primärmaterial verwendet.

Angesichts der rasanten Zunahme der weltweiten Ressourcenextraktion in der letzten Dekade erschiene es nach Einschätzung der Autoren dieses Beitrags freilich schon ein Fortschritt, wenn es gelänge, diese auf das Niveau des Jahres 2000 zurückzuführen. Dies würde einem Zielwert von etwa 10t TMC_{abiot} pro Kopf im Jahr 2050 – als Meilenstein zur Mitte des Jahrhunderts – entsprechen, an dem sich alle Länder orientieren könnten. Um dorthin zu gelangen, wäre die Ressourcenproduktivität weiter zu steigern.

Als Zielorientierung wird für Deutschland eine Verdoppelung der gesamten Ressourcenproduktivität von 2010 bis 2030 empfohlen (dies entspräche auch analogen Vorschlägen zur Erhöhung der Energieproduktivität auf EU-Ebene). Die Bemessung des Ziels ist im Hinblick auf seine Umsetzbarkeit wiederum vom Bezug der Indikatoren abhängig. Werden nicht-energetische und energetische abiotische Ressourcen gleichermaßen einbezogen, wofür es auch sachlich inhaltliche Gründe gibt, so könnten sich die Energiewende und die Ressourcenwende (erhöhte RE) gegenseitig unterstützen.

1. Einführung

1.1 Zweck und Zielfragen

Zur weiteren Ausgestaltung des deutschen Ressourceneffizienzprogramms (ProgRess) gehört die Entwicklung eines Indikatorensets, mit dessen Hilfe Fortschritte regelmäßig gemessen und berichtet werden können, und die Ansprache von Zielwerten, um den Akteuren in Wirtschaft und Gesellschaft zur langfristigen Orientierung zu dienen.

Das vorliegende Papier soll hierfür als Diskussionsgrundlage dienen. Es wurde unter Berücksichtigung des aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes im Rahmen des Projekts PolRes erstellt.

Die Hauptfragen, die durch das zu entwickelnde Instrumentarium zu beantworten sind, lauten:

1. Wie effizient (produktiv) verwendet Deutschland die aufgewendeten natürlichen Ressourcen (von der Gesamtwirtschaft bis zum einzelnen Unternehmen bzw. Haushalt)?
Hier interessiert das Verhältnis von ökonomischer Wertschöpfung zum natürlichen Ressourcenaufwand in der Erwartung, dieses möglichst zu vergrößern.
2. Wie nachhaltig ist der Ressourcenverbrauch von Deutschland?
Hier gilt es herauszufinden, welcher Ressourcenverbrauch nach Art und Umfang im Hinblick auf die mit ihm verbundenen Implikationen als akzeptabel gelten kann. Dabei geht es nicht allein um die Bewertung eines "Safe Operating Space", sondern im globalen Kontext auch um Aspekte der Äquität, des weltweit gleichen Rechts auf Nutzung der natürlichen Ressourcen.

1.2 Ziele von ProgRess

Das deutsche Ressourceneffizienzprogramm zielt darauf ab²,

- die Entnahme und Nutzung natürlicher Ressourcen nachhaltiger zu gestalten sowie die damit verbundenen Umweltbelastungen so weit wie möglich zu reduzieren. Damit sollen – auch in Verantwortung für künftige Generationen – eine Voraussetzung dafür geschaffen werden, eine hohe Lebensqualität dauerhaft zu sichern;
- eine möglichst weitgehende Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Ressourceneinsatz sowie die Senkung der damit verbundenen Umweltbelastungen, die Stärkung der Zukunfts- und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und dadurch die Förderung von stabiler Beschäftigung und sozialem Zusammenhalt zu erreichen;
- dazu beizutragen, die globale Verantwortung Deutschlands für die ökologischen und sozialen Folgen der Ressourcennutzung wahrzunehmen.

² BMU (2012), ProgRess S. 7 und S. 24

"Ziel muss dabei sein, die Inanspruchnahme von Rohstoffen zu reduzieren." Damit sollen die Wirtschafts- und Produktionsweisen schrittweise von Primärrohstoffen unabhängiger werden und die Kreislaufwirtschaft ausgebaut werden.

2. Anforderungen an das Indikatoren-Set

2.1 Welche Ressourcen sollen betrachtet werden?

Die wichtigsten natürlichen Ressourcen, auf die der Mensch zugreift, sind abiotische und biotische Rohstoffe, Wasser, Luft, Fläche und die darin enthaltenen "Inventare" wie Biodiversität, Böden etc. ProgRes fokussiert zunächst auf die *abiotischen stofflichen Ressourcen*, die für nicht-energetische Zwecke genutzt werden, und auf *stofflich genutzte biotische Rohstoffe*. Gleichwohl sollten die Indikatoren von vorneherein in konsistenter Weise angelegt werden, um Problemverlagerungen in die noch nicht betrachteten Bereiche zu vermeiden.

2.2 Welche Aspekte der Ressourcennutzung sollen abgebildet werden?

Bei abiotischen Ressourcen wie z.B. bei verschiedenen Metallen und ihren Erzen wird aktuell eine steigende Knappheit festgestellt. Dabei wird zumeist auf die technisch-ökonomische Verfügbarkeit abgestellt. Diese kann kurz- bis mittelfristig über steigende Preise eine Herausforderung für die Grundstoffindustrie und das verarbeitende Gewerbe darstellen. In der Folge werden besonders "kritische" Grundwerkstoffe substituiert bzw. durch Effizienzmaßnahmen eingespart. Zur Abbildung jener *Kritikalität* wurden verschiedene Kennwerte entwickelt (Erdmann et al. 2011). Diese können Branchen und Firmen informieren, welche Materialien vorrangig durch Effizienzmaßnahmen eingespart werden sollten, um preislich bedingte Engpässe zu vermeiden. Diese Kennwerte sind jedoch nicht geeignet, um den Firmen und Branchen oder einem ganzen Land zu zeigen, wie produktiv die aufgewendeten Ressourcen eingesetzt werden und ob der Aufwand sich insgesamt in einer akzeptablen Größenordnung bewegt.

Wenn das Ziel darin besteht, die mit der Ressourcennutzung verbundenen Umweltbelastungen so weit wie möglich zu reduzieren und die Qualität des Lebensraumes zu sichern, dann müssen die Ressourcen-Indikatoren wesentliche Aspekte der Interaktion Mensch-Umwelt abbilden. Betrachtet man die Stoffflüsse von der Extraktion, über die Verarbeitung, die Produktion von Fertigwaren, deren Nutzung, das Recycling und die finale Entsorgung (inkl. aller Distributions- und Logistikprozesse), so lassen sich die Umweltbelastungen dieser Materialflusssysteme und der gesamten physischen Wirtschaft *von zwei Seiten betrachten*: (1) Die Input-Seite des gesellschaftlichen Stoffwechsels, die Entnahme von Material aus der natürlichen Umwelt (Erze, Bau- und Industriemineralien, fossile Energieträger etc.); und (2) die Output-Seite des Stoffwechsels, die Emissionen und Abfälle, die von Produktion und Konsum wieder an die Umwelt abgegeben werden.

Die Emissionen können mit sehr verschiedenen Umweltbelastungen verbunden sein (Treibhauseffekt, Überdüngung, saurer Regen, Ozonabbau oder ökotoxische Wirkungen auf Tiere, Pflanzen oder den Menschen). Die Wirkungsbündel unterscheiden sich von Substanz zu Substanz und zwischen verschiedenen Grundwerkstoffen in Abhängigkeit der angewendeten Technologien. Auf der Output-

Seite gibt es bereits ein Instrumentarium zum Monitoring und zur Regulation besonders problematischer Emissionen (Regelungen des Klimaschutzes, zum Schutz der Ozonschicht, Regelungen zum Gewässerschutz, Chemikalienrecht). Dies zielt darauf ab, toxische bzw. umweltbelastende Substanzen möglichst wenig oder gar nicht oder nur in begrenzten Bereichen einzusetzen und durch weniger umweltbelastende, toxische und persistente Substanzen zu ersetzen.

Auf der *Input-Seite* gibt es entsprechende Monitoring-Instrumente erst in Ansätzen. Die Erwartungen zur Ergänzung des Indikators Rohstoffproduktivität in der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie sind Ausdruck dieses Entwicklungsprozesses (Bundesregierung 2012). Mit dem Fokus auf die Input-Seite des gesellschaftlichen Stoffwechsels ergibt sich zum einen die Chance, den Ursprung aller Emissionen und Abfälle in den Blick zu bekommen (ohne Verminderung des Primär-Inputs kann letztlich der Umfang aller Emissionen und Abfälle nicht verringert werden); zum anderen kann der Umfang der Stoffentnahme aus der Umwelt herangezogen werden, um die mit dem Abbau und der Aufbereitung von Primärrohstoffen, aber auch ähnlicher Eingriffe z.B. durch den Bau von Infrastrukturen verbundenen jährlichen Belastungen in ihrer Größenordnung abzubilden. Die Landschaftsveränderungen durch Abgrabungen im Bergbau, der Steine- und Erdengewinnung, bei der Errichtung von Infrastruktur wie Straßen- und Schienenwegen oder Staudämmen, werden lokal jeweils vom Umfang der Extraktion bestimmt. Das betrifft das Ausmaß der Eingriffe in die Vegetation, die Veränderung der Böden, des Grundwassers und der Oberflächengewässer, den Anfall lokal deponierten Abfalls, inkl. des möglichen Risikos der Ausschwemmung kritischer Substanzen, und es betrifft den Umfang der späteren Nachsorge- und Rekultivierungsmaßnahmen (die ihrerseits nicht nur finanzielle, sondern auch natürliche Ressourcen benötigen). Viele dieser Auswirkungen sind dabei unabhängig von der Art des gewonnenen Rohstoffs. Egal ob Kohle oder Kupfer gewonnen werden, die Auswirkungen großvolumiger Extraktionen im Tagebau sind in der Regel größer als im Tiefbergbau.

2.3 Welche Differenzierung von Indikatoren ist nötig?

Im Hinblick auf eine zusammenfassende, übersichtliche Information gilt es letztlich darzustellen, ob die Ressourceninanspruchnahme³ Deutschlands insgesamt zu- oder abnimmt, ob die Produktivität steigt und das Verbrauchsniveau akzeptabel ist. Zugleich stellt sich die Frage, ob der Ressourcenaufwand mit Extraktionen *im In- oder im Ausland* verbunden ist und inwieweit sich dieses Verhältnis im Laufe der Zeit verschiebt. Nur wenn die verwendeten Indikatoren beides erfassen und ausweisen, lassen sich räumliche Problemverlagerungen erkennen. Wünschenswert wäre ferner zu wissen, ob die Materialien aus ökologisch besonders sensiblen Gebieten stammen oder unter sozial fragwürdigen Bedingungen gewonnen wurden.

Auch ist es von Interesse, ob die extrahierten Materialien direkt verwertet oder sogleich wieder zu Abfall werden. Wie bei jedem Aufbereitungsprozess so wird auch im Bergbau und der Steine und Erden-Gewinnung nur ein Teil der Entnahme zum Produkt, wird verkauft und in der Weiterverarbeitung verwertet, während Extraktionsabfälle (Abraum, Tailings etc.) vor Ort verbleiben. Werden Infrastrukturen oder Staudämme errichtet, so werden die abgebaggerten und verlagerten Materialien als solche auch nicht stofflich genutzt, wenngleich ihre Verlagerung – wie bei allen vergleichbaren Ein-

³ Im weiteren Verlauf wird mit "Ressourcenaufwand" der stoffliche Ressourcenaufwand verstanden.

griffen – einem ökonomischen Zweck dient. Kennt man das *Verhältnis von ungenutzter zu genutzter Förderung*, so lässt sich daraus die direkte Effizienz der Ressourcenextraktion ablesen.

Mit der Unterscheidung von *abiotischen* und *biotischen* Ressourcenentnahmen wird eine systemisch wichtige Differenzierung vorgenommen, die gleichwohl nicht überinterpretiert werden sollte. Denn es handelt sich hierbei *nicht* um nichtregenerative und regenerative Ressourcen im Kern der Wortbedeutung. Abiotische Ressourcen werden zwar als solche in menschlichen Zeitmaßstäben nicht natürlich regeneriert, aber sie können – wenigstens in Teilen – technisch regeneriert werden, wenn man z.B. das Recycling von Metallen bedenkt. Biotische Ressourcen wiederum können zwar nachwachsen und auf diese Weise regeneriert werden, aber biotische Ressourcen werden global vielfach übernutzt, wenn man ihre natürliche (oder nachhaltige) Regenerationsfähigkeit betrachtet. Gerade die Bewertung der Nutzung biotischer Ressourcen erfordert zudem die Einbeziehung der Fläche als weitere Kategorie. Im vorliegenden Papier soll der weitere Fokus auf den abiotischen Ressourcen liegen.

Im Hinblick auf den Ressourcenaufwand Deutschlands stellt sich ferner die Frage, inwieweit dieser eher für die *Produktion* – mit Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen – oder für den *Konsum* in privaten Haushalten und staatlichen Einrichtungen (ggfs. auch mit Investitionen in langlebige Güter oder ggfs. auch mit beiden) betrieben wird. Auch sollte es möglich sein, den Ressourcenaufwand für die finale *Verwendung im Inland* dem für *Exporte* gegenüberzustellen. Allein die Unterscheidung dieser Fragen erfordert einen differenzierten Zuschnitt der Indikatoren, da kein Indikator allein in der Lage ist, diese Fragen zu beantworten.

2.4 Welche Anschlussfähigkeit der Indikatoren ist erforderlich?

Die verwendeten Indikatoren sollten möglichst *mit den bestehenden Berichtssystemen kompatibel* sein. Die Zielfragen sollten unter Verwendung möglichst vorhandener Daten und Statistiken beantwortet werden. Da es sich in gewisser Weise um neue Zielfragen vor dem Hintergrund einer erweiterten Politikperspektive handelt, ist freilich damit zu rechnen, dass auch ein gewisser zusätzlicher Aufwand der Datenbereitstellung betrieben werden muss. Wichtig für die Indikatoren ist es, dass die Kennwerte international vergleichbar sind. Dies bedeutet auch, dass die bestehenden methodischen Richtlinien von Eurostat (2001, 2009, 2012) und OECD (2008) zur Abbildung von Ressourcenverbrauch und -produktivität Grundlage für die weitere Anwendung und Entwicklung in diesem Bereich darstellen. Das Statistische Bundesamt arbeitet bereits an der schrittweisen Erweiterung der Berichterstattung, insbesondere um neben der inländischen Ressourcenextraktion auch die indirekte Ressourceninanspruchnahme über Importe (und Exporte) zu erfassen.

Für die Umsetzung von Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz auf betrieblicher Ebene ist es zudem erforderlich, dass die auf der nationalen, europäischen und internationalen Ebene verwendeten Indikatoren auch auf Branchen, Firmen und einzelnen Produkte angewandt werden können (*Makro-Meso-Mikro Kompatibilität*). So wie zum Klimaschutz nur wirksam beigetragen werden kann, wenn die für Treibhausgasemissionen relevanten Prozesse, Produkte und Infrastrukturen bekannt sind, so müssen auch die relevanten "Ressourcenfresser" ermittelt werden können, um wirk-

same Innovationen der Ressourceneffizienz anzustoßen und die Wirksamkeit von Maßnahmen beobachten zu können.

3. Vorschlag für ein Kernset von Indikatoren

3.1 Der "Ressourcen-Tacho"

Die genannten Anforderungen lassen sich auf der Basis entwickelter Indikatorenkonzepte und weitgehend bereits verfügbarer Daten umsetzen. Für die EU wurde im Rahmen der *Roadmap to a Resource Efficient Europe (RERM)* ein "Headline Indicator" bestimmt (BIP/DMC, ein Kennwert der Materialproduktivität), der durch ein Kernset von Indikatoren ergänzt wird. Dieses sog. "Dashboard" (zu Deutsch "Instrumententafel") ist eine Übersichtstabelle, welche die wesentlichen Ressourcenaufwendungen für die EU bzw. die Mitgliedsländer zusammenfasst. Für die EU-Kommission wurden auch Vorschläge formuliert, wie diese Indikatorentafel weiter entwickelt werden kann (European Commission 2011; BIO Intelligence et al. 2012). Auf der Basis des RERM Dashboards und unter Berücksichtigung der weiteren Vorschläge, könnte eine Übersichtstabelle wie in Tabelle 1 dargestellt aussehen.

Dargestellt sind die Ressourcen-Inputs von Materialien, Wasser und Land, ergänzt durch den output-basierten Indikator der klimarelevanten Emissionen. Dadurch werden die wesentlichen Umweltbelastungen, die mit einem Wirtschaftsraum verbunden sind, zusammengefasst.

Während die Wasserverfügbarkeit und -nutzung in Deutschland insgesamt kein prioritäres Problem zu sein scheint, wird im Ausland bei der Herstellung der deutschen Importgüter auch eine nicht unbedeutende Menge an Bewässerungs- und Prozesswasser eingesetzt (Destatis 2012). Diese übersteigt mit 5,1 Milliarden m³ deutlich die Wassermenge, die die privaten Haushalte in Deutschland von der öffentlichen Wasserversorgung beziehen (2007: 3,1 Milliarden m³). Der direkte und indirekte Inlandsverbrauch von Wasser für Ernährungsgüter liegt um ca. 88% über der inländischen Produktion. Der ganz überwiegende Teil des Wasserfußabdrucks der pflanzlichen und tierischen Erzeugnisse entfällt auf das grüne (Niederschlags-) Wasser. Inwieweit der transnationale Verbrauch von Wasser für den inländischen Konsum von Agrargütern als problematisch zu bewerten ist, wäre durch Folgearbeiten abzuklären.⁴

⁴ Das UBA steht dem Water Footprint auch eher kritisch gegenüber; der Global Water Consumption Index könnte besser geeignet sein (Günther, mündl. Mittlg. 18.10.2012).

Tabelle 1: Übersicht "Ressourcen-Tacho"⁵: Kernset von input-orientierten Schlüsselindikatoren ergänzt durch Treibhausgas(THG)-Emissionen

| | Perspektive Inland | | Globale Perspektive | |
|-----------------------|---|--|---|---|
| (Primär-) Materialien | Inländische Extraktion - abiotisch - biotisch - genutzt - ungenutzt DMI, DMC | Verfügbar* für D und alle EU Mitgliedsländer | Inländische und ausländische Extraktion für inländische Produktion und Konsum TMR bzw. TMC | Verfügbar für D und EU-27 und zunehmende Zahl von Mitgliedsländern ⁶ |
| Land | Siedlungs- und Verkehrsfläche | Verfügbar in D, Zeitreihen in der EU limitiert | Globale Landnutzung durch inländischen Verbrauch relevanter (Agrar-) Güter | Verfügbar für D und EU-27 sowie einige andere Mitgliedsländer ⁷ |
| Wasser | Nutzung des Wasserdargebots (Water exploitation index) | Verfügbar in D und Regionen der EU | Direkte und indirekte Wassernutzung durch Importe und inländischen Verbrauch | Für Ernährungsgüter verfügbar für D ⁸ ; erfordert insgesamt weitere Arbeiten |
| Luft | THG Emissionen | Verfügbar | Direkte und indirekte THG Emissionen durch Produktion und Konsum | Verfügbar für D und EU |

* verfügbar in für den internationalen und intersektoralen Vergleich hinreichender Qualität (teilweise bereits von statischen Ämtern regelmäßig erhoben; s. auch ANHANG Tabelle A 3)

Quelle: in Anlehnung an Systematik der European Commission 2011

Die globale Landnutzung der EU und Deutschlands für den inländischen Verbrauch agrarischer Güter ist insbesondere im Hinblick auf zunehmende Knappheit der pro Kopf weltweit verfügbaren Ackerfläche ein Problem. Weltweit ist mit einer zunehmenden Ausdehnung der Anbaufläche zu Lasten von Grasländern, Savannen und Wäldern vorwiegend in den Tropen zu rechnen. Will man den Verlust an Biodiversität durch diese Flächenumwandlung weltweit bis zum Jahr 2020 stoppen, so würde dies für das Jahr 2030 eine Inanspruchnahme von 0,20 ha/Kopf weltweit bedeuten (entsprechend 1,66 Mrd. ha Anbauland bei einer voraussichtlichen Weltbevölkerung von 8,3 Mrd. Menschen im Jahr 2030) (ausführliche Erläuterung in Bringezu et al. 2012). Die aktuellen Zahlen liegen jedoch bei der EU-27 bei 0,31 (Bringezu et al. 2012) und bei D bei 0,25⁹ ha/Kopf (Bringezu et al. 2009) und die Business-As-Usual Trends deuten nicht auf eine Verringerung hin. Nicht zuletzt gefördert durch politische Initiativen zum Einsatz von Biokraftstoffen und nachwachsenden Rohstoffen wächst die Nachfrage nach

⁵ Ein Tachometer ist zentraler Bestandteil der Instrumententafel in Fahrzeugen. Er misst die Geschwindigkeit. Im Fall der Ressourcenflüsse misst er ihre Geschwindigkeit als Mengenumsatz pro Zeiteinheit

⁶ EEA (2013): Environmental pressures from European consumption and production. EEA Technical Report 2/2013, Copenhagen

⁷ Zum Konzept und zur Datenlage siehe Bringezu et al. (2012)

⁸ Destatis (2012): Wasserfußabdruck von Ernährungsgütern in Deutschland 2000-2012.

⁹ Für landwirtschaftlich genutzte Fläche insgesamt.

Biomasse insgesamt stärker als die Erträge. Daher sollte im weiteren Verlauf der Diskussionen über ein nachhaltiges Ressourcenmanagement auf gesamtstaatlicher Ebene auch der globale Flächenverbrauch weiter thematisiert und entsprechende Indikatoren für ein regelmäßiges Monitoring eingesetzt werden.

Box 1: Kategorien input- und output-orientierter Indikatoren

| Input | Output |
|----------------|--|
| Primärmaterial | Abfalldeposition |
| Primärenergie | Treibhausgasemissionen |
| Wasser | Emissionen mit Eutrophierungspotenzial |
| Land | Emissionen mit Ozonabbaupotenzial |
| | etc. |

Inputorientierte Indikatoren erfassen die Gesamtaufwendungen (-entnahmen) aus der natürlichen Umwelt. Sie bilden i.d.R. ein mengenumsatzbasiertes Umweltbelastungspotenzial ab und fassen verschiedene Unterkomponenten zusammen. Output-orientierte Indikatoren sind meist substanz- und wirkungsspezifisch. Beide Indikatoren-Typen ergänzen sich komplementär.

Die Abbildung der Ressourcenproduktivität fokussiert auf inputorientierte Indikatoren. Sie können ergänzt werden durch verschiedene Indikatoren, welche material- bzw. substanzspezifische Umweltbelastungen abbilden. Diese Ansätze basieren meist auf der LCA-Methode, z.B. EMC (Voet et al. 2009) und der Ansatz des Joint Research Centre (2012). Sie sind damit einerseits auf eine Auswahl bereits quantifizierbarer spezifischer Wirkungen begrenzt, andererseits erfordert eine zusammenfassende Darstellung eine Wichtung der verschiedenen Wirkungen zueinander. Einzelne Emissionen können dabei mehrere Auswirkungen und verschiedene Stoffe die gleiche Wirkung haben (z.B. wirken NO_x Emissionen sowohl versauernd wie eutrophierend und CO₂ und CH₄ befördern den Treibhauseffekt, wenngleich pro Mengeneinheit mit unterschiedlicher Intensität).

Im Hinblick auf die Treibhausgasemissionen gibt es bereits ein Bündel politischer Maßnahmen. Auch werden die direkten und indirekten Emissionen bereits von der amtlichen Statistik regelmäßig berichtet. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich daher auf den Schlüsselbereich des Primärmaterialaufwands und im weiteren Verlauf insbesondere auf dessen abiotischen Anteil.

3.2 Die materialflussbasierten Indikatoren

Die Nutzung der stofflichen Ressourcen lässt sich weiter differenzieren. Die in der Statistik in Deutschland und der EU eingeführte Unterscheidung der Hauptkategorien hat sich bewährt:

- Metallische Mineralien
- Baumineralien
- Industriemineralien
- Fossile Energieträger
- Biomasse

Daraus lassen sich unmittelbar die genutzten abiotischen und biotischen Rohstoffe zusammenfassen. Ergänzt werden diese Angaben durch die ungenutzte inländische Extraktion (in jeder Kategorie). Bei

einer rein inländischen auf genutzte Extraktion begrenzten Betrachtung lassen sich damit Indikatoren wie der Direkte Materialinput (DMI) und der inländische Materialverbrauch (DMC) ermitteln.

Wenn auch die Ressourcenaufwendungen berücksichtigt werden sollen, die mit Importen und Exporten verbunden sind, so kann dies in zwei Schritten erfolgen. Erstens kann nur die genutzte Extraktion betrachtet werden, die mit den Vorleistungen der gehandelten Halb- und Fertigwaren verbunden ist. Dadurch werden der DMI bzw. der DMC in *Rohmaterial-Äquivalenten* (RME raw material equivalents) dargestellt. Zweitens kann zusätzlich die nicht genutzte Extraktion bei der Förderung der damit verbundenen Rohstoffe einbezogen werden. Dadurch erhält man den *globalen Materialaufwand* (TMR, *Total Material Requirement*) bzw. *den gesamten Materialverbrauch* (TMC, *Total Material Consumption*). Während DMI und TMR den Materialinput bzw. den Ressourcenaufwand für Produktion und Konsum darstellen (inkl. des Aufwands für die Produktion der Exporte), bilden DMC und TMC den direkten Materialverbrauch bzw. den gesamten Materialverbrauch ab, der mit dem inländischen Verbrauch verbunden ist (ohne die Exporte).

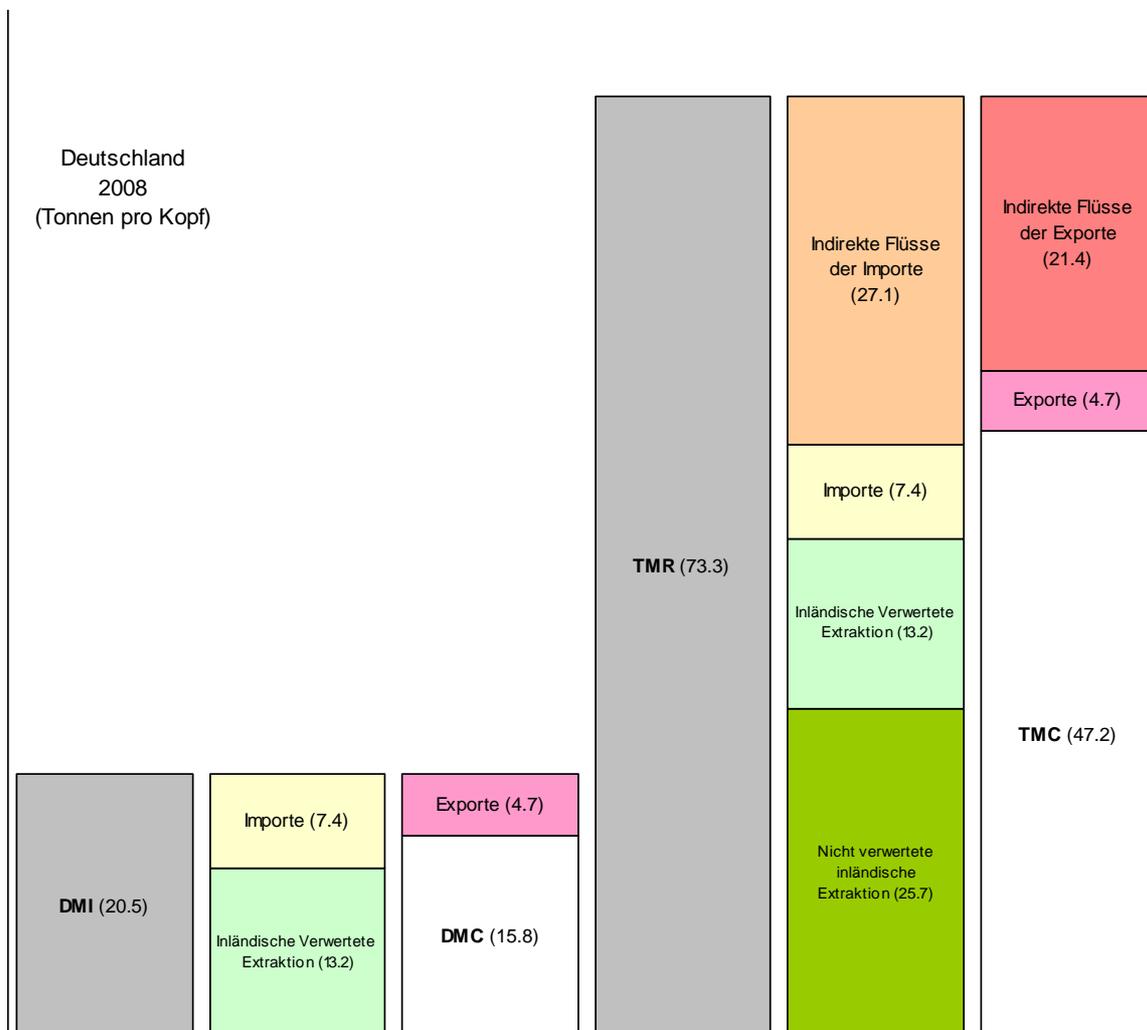
Damit hat man die wesentlichen stofflichen Ressourcenflüsse auf der Input-Seite des gesellschaftlichen Stoffwechsels erfasst und kann sie Produktion und Verbrauch zuordnen. Diese Indikatoren können zum einen absolut ausgewiesen werden und pro Kopf für internationale Vergleiche dienen. Gleichzeitig können sie in Relation zum Brutto-Inlands-Produkt dargestellt werden, um die Material- bzw. Ressourcenproduktivität zu messen. Dabei empfiehlt es sich, für die Bestimmung von Produktivitätszahlen die Indikatoren DMI und TMR zu verwenden (die den Materialinput bzw. Materialaufwand auch für die Exportproduktion enthalten) und für die Pro-Kopf-Verbräuche die Indikatoren DMC und TMC, welche auch für verschiedene Länder additiv genutzt werden können. Eine Übersicht der stoffstrombasierten Indikatoren gibt Tabelle A 1 im ANHANG.

Eine Übersicht über die Relationen der Indikatoren DMI, DMC, TMR und TMC gibt Abbildung 1. Die Werte wurden entsprechend der Methodenkonventionen von Eurostat (2001) und OECD (2008) erstellt. Die Werte von DMI und DMC werden im Zuge des Vergleichs der EU-Mitgliedsländer für Deutschland identisch auch von Eurostat berichtet. Die Werte für TMR und TMC wurden vom Wuppertal Institut ermittelt. Für das Jahr 2008 betragen sie 73 t/Kopf bzw. 47 t/Kopf; dies bedeutet dass der inländische Verbrauch ca. zwei Drittel (64 %) des globalen Materialaufwands TMR induziert, während der Export ein Drittel (36%) verursacht. Die vorläufigen Zahlen von Destatis (2010) zu RMI und RMC betragen 51 t/Kopf bzw. 22 t/Kopf; danach wäre der Export mit über der Hälfte des Rohstoffaufwandes verbunden. Beide Zahlenpaare sind jedoch durch künftige Arbeiten noch auf Konsistenz zu prüfen^{10 11}.

¹⁰ Folgende Punkte wären insbesondere zu prüfen: Berechnung vom RME auch für Sekundärrohstoffe (diese gehen beim DMI/DMC nur mit Eigengewicht ein), unterschiedliche Grundannahmen für Metallkonzentrationen in Erzen (und evtl. Kuppelproduktion), "Dummywerte" für RME bei Gütern für welche keine RME-Koeffizienten vorlagen, Berechnung von RME für alle Güter mittels abgeleiteter Koeffizienten für RME.

¹¹ Unabhängig von Inkonsistenzen bei der Berechnung könnte sich der Unterschied des Exportanteils auch wesentlich aus dem Aussagegehalt der Indikatoren selbst erklären. So sind TMR und TMC wesentlich durch Braunkohle bestimmt, während der RMI bzw. RMC stärker durch Metalle dominiert ist. Da Deutschland vie-

Abbildung 1: Relationen der Indikatoren DMI, DMC, TMR und TMR¹²



3.3 Beispiele der Indikatorenanwendung

Während ProgRes zunächst auf die nicht-energetischen abiotischen Ressourcenaufwendungen fokussiert, werden in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen sowohl *energetisch* wie *nicht-energetisch genutzte Rohstoffe* bereits gemeinsam erfasst. Sie werden auch gleichermaßen als Bestandteil der o.g. Input- und Verbrauchs-Indikatoren geführt. Dies ist insofern berechtigt, als die weitere Verwendung der Inputs aus der Natur keinen Einfluss auf das Ausmaß der mit der Entnahme verbundenen Umwelteingriffe wie Landschaftsveränderungen und ihre Folgewirkungen hat¹³. Ob ein

le metallhaltige Waren exportiert (z.B. Maschinenbau) wäre so auch plausibel, warum der RMI stärker durch Exportproduktion geprägt ist.

¹² Datenbasis Wuppertal Institut

¹³ Die Verwendung bestimmt freilich die Umweltbelastungen durch Outputs wie Treibhausgase, die gesondert betrachtet werden.

Tagebau für die Gewinnung von Bauxit oder für Kohle errichtet wird, hat in den verschiedenen Regionen deutlich weniger Relevanz als der Umfang der Abgrabung.

Was würde geschehen, wenn die als solche *ungenutzte Extraktion nicht* in die Gesamtsumme der Ressourcenaufwendungen einbezogen würde (wenn nur DMI und DMC, ggfs. ergänzt durch RMI bzw. RMC berichtet würden)? Dann würde der Anteil jener mineralischen Rohstoffe mit einem hohen "ökologischen Rucksack" in Form ungenutzter Extraktion vergleichsweise geringer ausfallen: die Abgrabungen für die Gewinnung von z.B. Bauxit und Uran sind je nach Lagerstättentyp und Extraktionsmethode (Tagebau oder Tiefbergbau) mit einem hohen Anteil nicht verwerteter Förderung verbunden (bei den Beispielen bis zu einem Verhältnis von 14:1 bzw. 30:1). Hier würde nur die Menge des gewonnenen Erzes gezählt und damit nur ein Bruchteil des lokal tatsächlich induzierten Massenstroms. Bildlich ausgedrückt würde man beispielsweise bei der Braunkohle annehmen, dass die Tagebaue in Deutschland nur ein Zehntel der tatsächlichen Größe hätten (da die ungenutzte Extraktion das Neunfache der genutzten Extraktion ausmacht). Auch würden die Mengen des Bodenverfrachtungen durch Bauaktivitäten nicht berücksichtigt wie der Aushub von Mutterboden und Erdmaterial für Baugruben, Straßendämme, Kanäle und Stauwerke. Massenströme, die zu erheblichen Veränderungen von Landschaften führen, blieben unberücksichtigt.

Will man die verschiedenen Ressourcenaufwendungen in ökologisch gleich bedeutsamer Weise erfassen, dann sollte dies alle Stoffentnahmen aus der Natur gleichermaßen berücksichtigen. Analytisch gesprochen heißt das, alle Mengenströme zu erfassen, die über die Systemgrenze Bio-/Geosphäre-Anthroposphäre fließen, mit anderen Worten, den Umfang der Gesamtextraktion, unabhängig von der weiteren Verwendung. In diesem Zusammenhang sei auch darauf verwiesen, dass es nicht um das Aufaddieren statischer Tonnen von Sand, Erde und anderen Materialien geht, sondern vielmehr um die Abbildung von *Materialflüssen* (in der Einheit von Menge pro Zeiteinheit). Es ist nicht das Material, Sand, Erde oder andere Materialien, welche als solche umweltbelastend wären, sondern die *Veränderung* der Umwelt infolge ihrer massenhaften Entnahme.¹⁴

Wie würde sich *Recycling* in den Indikatoren widerspiegeln? Generelles Ziel sollte es sein, mit den Input-Indikatoren nur Primär-Materialentnahmen zu zählen. Dies hat automatisch zur Folge, dass die Werte sinken, wenn mit dem Recycling tatsächlich eine Netto-Ressourcenentlastung verbunden ist. In vielen Fällen liegen RMI und TMR für rezykliertes Metall deutlich unter den Vergleichswerten von

¹⁴ Dies gilt zunächst unabhängig davon, an welchen Stellen die Extraktion stattfindet. Auch bei den wirkungsspezifischen Indikatoren der LCA erfolgt die Bestimmung unabhängig von den Emissionsorten (so wird z.B. das Versauerungspotenzial unabhängig von den regionalen Pufferkapazitäten der Böden bestimmt und die Treibhausgasemissionen werden errechnet, ohne auf die verschiedenen Auswirkungen der Klimaveränderungen an verschiedenen Orten einzugehen). So wie eine Tonne CO₂-Emission ganz verschiedene Auswirkungen an verschiedenen Orten haben kann, so hat eine Tonne Primärmaterialextraktion ganz verschiedene Auswirkungen auf die lokalen ökologischen Verhältnisse (je nachdem, ob diese z.B. im tropischen Regenwald oder in hochalpinem Gelände stattfindet); bei einem von geologischen Verhältnissen vorgegebenem Muster der Verteilung von Bergbauaktivitäten sind die verschiedenen Biome der Erde und ihre Arteninventare in entsprechenden Anteilen betroffen, die Auswirkungen auf den lokal-regionalen Wasserhaushalt hängt von den jeweiligen Bedingungen ab. Um von der Belastung (dem Primärmaterialfluss) auf die Wirkung (Veränderung des Zustandes der Umwelt) zu schließen, bedarf es generell ausführlicher Analysen.

erzbasieren Metallen. Dennoch ist auch mit dem Recycling ein gewisser Aufwand an Primärressourcen verbunden. In Einzelfällen kann damit sogar ein größerer Aufwand als bei der originären Herstellungsrouten verbunden sein. Zusammenfassende Indikatoren wie TMR und TMC lassen erkennen, in welchem Umfang insgesamt eine Entlastung der Ressourcenflüsse durch Maßnahmen zur Ressourceneffizienzsteigerung erfolgt, sei es durch Substitution, Einsparung oder Recycling¹⁵. Bei RMI und RMC ist das mit den o.g. Einschränkungen durch die nur teilweise Erfassung der Gesamtextraktion generell auch so; allerdings ist keinerlei Effekt durch Recycling erkennbar, wenn die RMI bzw. RMC-Werte von rezyklierten Materialien in Primär-Verwertete Extraktions-Äquivalente umgerechnet werden.¹⁶

Bei DMI und DMC schlägt ein erhöhtes Recycling nur sehr begrenzt zu Buche, da nach Eurostat-Richtlinien Sekundärmaterialien mit ihrem Eigengewicht gezählt werden. Dies bedeutet, dass sich die Werte verringern, wenn inländische Rohstoffextraktion durch inländisches Recycling substituiert wird (was z.B. bei Baumineralien der Fall ist). Werden Importe dadurch vermindert, so wird dies durch den geringen Anteil der Importe im Gesamtwert kaum ersichtlich, und wird der Import von Primärmetallen durch die gleiche Menge an Sekundärmetall ersetzt, bleiben beide Indikatoren unverändert.

Materialflussbasierte Indikatoren sollten nicht überinterpretiert werden. Jeder Indikator beantwortet in der Regel nur eine oder wenige Zielfragen. So wie der Indikator Primärenergieaufwand sehr verschiedene Energieträger in einer Einheit aggregiert, so fassen Indikatoren des Primärmaterialaufwands wie TMR energetische und nicht-energetische Materialien in der Einheit von Massenflüssen zusammen. Damit lassen sich keine wirkungs- oder substanzspezifischen Umweltbelastungen abbilden. Vielmehr geht es um die Größenordnung von Ressourcenflüssen, die – wie der Primärenergieaufwand – ins Verhältnis zu der ökonomischen Leistung gesetzt werden kann, die damit erzielt wird.

Dies bedeutet, dass substanzspezifische Betrachtungen z.B. zu Phosphor separat zu den materialstrombasierten Indikatoren durchzuführen sind. Wie erwähnt, sollte die Nutzung von biotischen Ressourcen auch durch flächenbezogene Indikatoren abgebildet werden. Für die Frage, wie der gesellschaftliche Stoffwechsel der Zukunft unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten aussehen kann, muss außerdem dessen Gesamtstruktur betrachtet werden. Dies wird im folgenden Abschnitt ausgeführt.

¹⁵ Es kann angenommen werden, dass der Anteil von Sekundärmaterialinput auch bezogen auf die Gesamtwirtschaft künftig steigen wird und zwar umso mehr, je schneller sich die Materiallager in Hoch- und Tiefbau und bei langlebigen Gütern in Richtung einer "Steady-Stocks-Society" entwickeln.

¹⁶ Dies wurde von Destatis zumindest zu Beginn der Berechnungen so praktiziert.

4. Aspekte zur Ableitung von Zielwerten

Das Ziel ist eine nachhaltige Ressourcennutzung und der Fokus liegt auf den abiotischen stofflichen Ressourcen. Um zu einer Einschätzung zu gelangen, welches Niveau der Nutzung als nachhaltig angesehen werden kann, muss die Ressourcenentnahme im Kontext des gesamten sozio-industriellen Stoffwechsels betrachtet werden. Die entscheidende Frage ist, wie dieser langfristig aufrechterhalten werden kann.

Im Idealzustand eines *langfristig aufrecht zu erhaltenden Stoffwechselsystems* würden Wirtschaft und Gesellschaft auf einer stofflich und energetisch regenerativen Basis beruhen mit minimalen Entnahmen (Inputs) und Abgaben (Outputs) aus bzw. in die Umwelt. Man könnte sich dies als ein Stoffkreislaufsystem vorstellen, das hauptsächlich von Solarenergie (und Erdwärme etc.) getrieben wird. Die Stoffentnahmen an Primärmaterial würden lediglich die unvermeidlichen Stoffverluste ersetzen (durch Korrosion, Dissipation) – diese können nie Null werden und wachsen mit der absoluten Größe des Metabolismus. Damit das System des gesellschaftlichen Stoffwechsels das umgebende System der Bio-Geo-Sphäre nicht verdrängt und übernutzt, darf zudem der Materialbestand (Gebäude, Infrastrukturen, langlebige Güter) nicht über ein kritisches Niveau hinaus wachsen; langfristig durchhaltbar wäre nur eine Phase des Fließgleichgewichts von Input und Output, bei dem der Bestand ständig erneuert würde, ohne weiter zu wachsen. Ein unbegrenztes Wachstum von Gebäuden und Infrastrukturen hätte nicht nur einen steigenden Aufwand an materiellen und finanziellen Ressourcen für die Unterhaltung zur Folge, sondern würde letztlich zu einer vollständigen Überbauung von land- und forstwirtschaftlicher Flächen führen, wobei schon der aktuelle Stand im Hinblick auf die nachhaltige Versorgung mit Anbaubiomasse als kritisch einzustufen ist (s.o. Ausführungen zur Landnutzung).

Betrachtet man die physische Wirtschaft Deutschlands (und anderer Industrienationen), so scheint sich diese *bereits in Richtung jenes Idealbilds* zu entwickeln. Der Anteil rezyklierten Materials bei der Verwendung von Grundwerkstoffen steigt und der Anteil regenerativer Energien wächst ebenfalls. Im Hoch- und Tiefbau macht die Bestandserhaltung bereits den größten Teil der Aktivitäten aus und überwiegt den Neubau. Dennoch scheint man von jenem Idealzustand noch relativ weit entfernt zu sein: der Anteil von Sekundärmaterial an Grundwerkstoffen macht bei Stahl 44%¹⁷, bei Aluminium 59%¹⁸ und bei Kupfer 41%¹⁹ aus. Der Sekundäranteil bei selteneren Metallen wie Platin und Indium liegt weltweit bei 25-50%, bei Neodym unter 10% und bei Tantal unter 1% (UNEP 2011a). Dies liegt nicht zuletzt am weiteren Wachstum der Bestände an Produkten, Bauten und Infrastrukturen, wodurch selbst bei 100% Recycling der aktuelle Materialbedarf nicht durch Sekundärinput gedeckt werden könnte.

¹⁷ „Im Jahr 2010 wurden in Deutschland 43,8 Millionen Tonnen Rohstahl erzeugt. 19,1 Millionen Tonnen Schrott wurden dafür gesammelt, aufbereitet und eingesetzt. Stahlerzeugnisse bestehen im Durchschnitt zu gut 44 Prozent aus recyceltem Material“. BDSV Deutsche Stahlrecycling-Bilanz 1980 bis 2009. <http://stahl-info.de/Stahl-Recycling/stahlrecycling.asp>

¹⁸ Gesamtverband der Aluminiumindustrie (GDA): <http://www.aluinfo.de/index.php/produktion.html>

¹⁹ Angabe für Europa: <http://www.eurocopper.org/kupfer/gesundheit-umwelt-overview.html>

In Deutschland liegt dieses Wachstum immer noch bei ca. 10 Tonnen pro Kopf jährlich. Um diese Menge nimmt der Bestand der Technosphäre netto zu, d.h. überwiegt der Zubau bzw. die Verwendung von Produkten den Rückbau bzw. die Entsorgung. Damit einher geht eine weitere Überbauung der Landschaft (aktuell wächst die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 80 ha/Tag²⁰). Der damit verbundene Verlust an fruchtbarem Boden, insbesondere Ackerland, im Inland verstärkt den Trend zu vermehrten Importen von Agrargütern und trägt zu den – hauptsächlich durch den Verbrauch von Nahrungs-, Futtermittel und Biokraftstoffen induzierten – Landnutzungsänderungen in anderen Regionen bei. Das Beispiel zeigt, wie der stoffliche Metabolismus in mehrfacher Weise auch mit der Flächennutzung verbunden ist. Die Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsfläche geht langsam zurück.

Langfristig kann eine nachhaltig durchhaltbare Versorgung nur gewährleistet werden, wenn der Nettobestandszuwachs auf Null zurückgeht. Das ist – neben vielen anderen Einflussfaktoren wie Siedlungsdichte und Bevölkerungsentwicklung – auch *eine* notwendige Voraussetzung, damit sich die Siedlungs- und Verkehrsfläche nicht weiter ausdehnt.

Ein Nullwachstum des Bestandes ist auch eine Voraussetzung dafür, dass der Materialbedarf weitgehend aus Recycling gedeckt werden kann. Solange die Produktbestände wachsen, reicht selbst 100%iges Recycling nicht aus, den Bedarf zu decken. Anstrengungen in Richtung erhöhter Ressourceneffizienz können helfen, den Anstieg des Produktbestandes zu dämpfen (Leichtbau, bessere Reparierbarkeit etc.) und den gesamten Materialaufwand für Herstellung und Gebrauch von Produkten zu verringern. Dadurch sinkt tendenziell der Aufwand an Primärressourcen.

Die Phase des Nullwachstums des Baubestandes wurde in einigen Städten und Regionen Deutschlands mit ausdünnender Bevölkerung bereits erreicht und sogar überschritten, da dort der Rückbau den Neubau überwiegt. Mittel- und langfristige Prognosen lassen erwarten, dass der Abgang recyclingrelevanter Stoffströme aus dem Hochbau bereits 2020 in den Neuen Bundesländern den Zugang übersteigt (Gruhler und Böhm 2011). Im Jahr 2050 würde der Materialbedarf danach bundesweit nur noch 50 - 60% des Abgangs ausmachen. Das bedeutet, dass sich Deutschland bereits in Richtung eines Nullwachstums des Bestandes entwickelt.

Aktuell setzt die deutsche Wirtschaft noch einen erheblichen Anteil von Primärmaterial ein. Die absolute Größenordnung des globalen Materialaufwandes (TMR) Deutschlands liegt bei 6 Mrd. Tonnen (2,6 kg pro Euro BIP). Davon sind 91% abiotisch, 53% werden im Inland und 47% im Ausland der Umwelt entnommen. Mit dem inländischen Endverbrauch sind 64 % des TMR verbunden, das sind 47 Tonnen pro Kopf TMC²¹.

Wenn der Anteil der natürlich – in menschlichen Zeitmaßstäben – nicht regenerierbaren Primär-Inputs verringert werden soll, dann gilt es, jenen Materialaufwand insbesondere durch höhere Res-

²⁰ Schätzwert für 2010 von Destatis

²¹ alle Werte ohne Erosion

sourceneffizienz zu verringern. Will man hierfür eine absolute Zielmarge einführen, so stellt sich die Frage, welches Niveau an Primärmaterialverbrauch als nachhaltig angesehen werden kann.

Hier geht es um die möglichen Auswirkungen der Gesamtheit aller Abgrabungen und landschaftsverändernden Eingriffe, die an verschiedenen Orten der Welt mit den von Deutschland nachgefragten Rohstoffen verbunden sind. Der bisher verwendete Indikator Rohstoffproduktivität bezieht sich nur auf die importierten Mengenströme, der RMI verfolgt diese bis zur ersten Produktionsstufe zurück und der TMR erfasst die Menge der aus der Natur entnommenen Primärmaterialien. Damit kann die Größenordnung des damit verbundenen Belastungspotenzials abgebildet werden, auch wenn dies keine lokale Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ersetzen könnte²². Immerhin erlauben die verfügbaren Statistiken und Angaben der Produzenten eine Rückverfolgung der Ressourcenströme in die Ursprungsländer und die Ermittlung der verwerteten und nichtverwerteten Entnahme auch wenn diese noch nicht regelmäßig von der nationalen Statistik berichtet wird (für welche Länder TMR von Instituten und statischen Ämtern ermittelt worden sind, ist in Tabelle A 3 gelistet).²³ Will man Substitutionseffekte zwischen einzelnen Materialien und den Wechsel von Bezugsregionen abbilden, dann ist dies über zusammenfassende Indikatoren wie TMR und TMC möglich. Ihre Größenordnung gibt die jährlichen Flüsse an, die mit deutschen Aktivitäten verbunden eine Entnahme von Boden- und Erdmaterial weltweit bedeuten.

Um diese einzuordnen, müssen sie in den Kontext der globalen Ressourcenentnahmen gesetzt werden.

Im Jahr 2008 betrug allein die genutzte Ressourcenentnahme weltweit 67 Mrd. Tonnen. Der abiotische Anteil von 69% machte 6,9 t/Kopf aus (Krausmann et al. 2009 und update 2011²⁴). Im Vergleich dazu ergab die vorläufige Abschätzung für Deutschland 18 t/Kopf DMC-RME_{abiot} (Destatis 2010).

Die Business-As-Usual-Entwicklung läuft weltweit auf eine weitere Zunahme der globalen Ressourcenentnahme hinaus. Bis 2030 wird eine Zunahme der genutzten Extraktion auf weltweit über 100

²² In einem Gedankenexperiment könnte man annehmen, dass sämtliche Abgrabungen weltweit einer UVP unterzogen würden bzw. die beteiligten Bergbau- und Steine und Erden Unternehmen freiwillig entsprechende Maßnahmen durchführen (was in Ansätzen auch geschieht). Dadurch würden die Abgrabungen theoretisch vorwiegend an jenen Stellen realisiert, wo der Schaden an der natürlichen Umwelt *vergleichsweise* gering ist. Da dieses Verfahren aber letztlich nur über das Wo und nicht über die Frage Ob überhaupt abgegraben wird entschieden, würde ein weiterer Anstieg der weltweiten Nachfrage nach Mineralprodukten und der entsprechenden Bergbauproduktion letztlich doch immer mehr bzw. umfangreichere Extraktionsstellen und damit Nutzungskonflikte mit anderen Aktivitäten oder Schutzgütern zur Folge haben. Insofern kann die Frage nach dem nachhaltigen Niveau mineralischer Ressourcennutzung nicht allein auf lokaler Ebene entschieden werden, da die möglichen Summeneffekte auf regionaler bis globaler Ebene zu bedenken sind.

²³ Die Sichtung und Auswertung der weltweit verfügbaren Daten auch im Hinblick auf ihre Qualität und Konsistenz wurde bislang hauptsächlich von Instituten wie dem Wuppertal Institut durchgeführt. Indikatoren wie der TMR wurden z.B. von nationalen statistischen Ämtern in Dänemark, Italien, Schweiz, Spanien und Vereinigtem Königreich ermittelt (s. Anhang A3).

²⁴ <http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/3133.htm> ; Zugriff am 24.9.2012.

Mrd. t gerechnet (SERI / FoE / Global 2000 2009). Dazu kommt eine 2 - 3fach größere ungenutzte Extraktion. Damit verbunden ist zum einen eine ständig fortschreitende Veränderung von Landschaften in allen betroffenen Regionen. Auch wenn Abgrabungsaktivitäten zunehmend in wenig dicht besiedelte Gebiete ausweichen, ist mit wachsenden Konflikten mit Landwirtschaft, Naturschutz, Tourismus und Siedlungsaktivitäten zu rechnen.

Die Veränderungen der Bio-Geo-Sphäre durch den Menschen haben ein Ausmaß erreicht, das auch in erdgeschichtlicher Betrachtung als noch nie dagewesen erkannt wird, wofür neuerdings der Begriff des "Anthropozäns" eingeführt wurde (Crutzen and Stoermer 2000; Steffen et al. 2011). Bereits heute übersteigt die vom Menschen genutzte abiotische Ressourcenentnahme die natürlicherweise vorkommenden Flüsse von Materialverlagerungen auf der Erdkruste. Die Sedimentfracht, welche die großen Ströme als Folge der Landerosion in die Ozeane spülen, betrug ohne den Einfluss des Menschen ca. 15 Mrd. t jährlich (Syvitski and Kettner 2011). Der größte historische Ausbruch eines einzigen Vulkans, des Tambora im Jahr 1815, förderte 140 Mrd. t Magma (äquivalent zu 50 km³ festem Gestein) zu Tage; damals starben 71.000 Menschen und der Sommer in Südostasien fiel aus (Oppenheimer 2003). Die weltweit durchschnittliche Magmabildung durch Vulkanismus liegt im terrestrischen Bereich in der Größenordnung von 27 - 31²⁵ Mrd. t jährlich (Schmincke 1986, 1992). Allein die stofflich verwertete abiotische Ressourcenextraktion (SERI/FoE/Global 2000 2009) übersteigt diese natürlichen Flüsse aktuell ca. um das Doppelte.²⁶

Um die vorhersehbaren Belastungen, aber auch Unsicherheiten und Risiken zu verringern, hatte Schmidt-Bleek (1997²⁷) vorgeschlagen, im Sinne des Vorsorgeprinzips die globale Ressourcenentnahme bis zum Jahr 2050 insgesamt zu halbieren und allen Menschen ein gleiches Recht daran zuzugestehen. Dies bedeutete für Industrieländer eine langfristige Verminderung des stofflichen Ressourcenverbrauchs um 90% (entsprechend eines Faktor 10). In der Folge wurde die Größenordnung der Herausforderungen z.B. durch die Studie Zukunftsfähiges Deutschland (BUND / MISEREOR 1996) mit dem Zielkorridor minus 80-90% bis 2050 bestätigt.

Mittlerweile gibt es eine Reihe von Forschungsteams, die inputorientierte Ressourcenziele formuliert haben (ANHANG, Tabelle A 2). Neuere Vorschläge kommen z.B. aus dem BIO Intelligence et al. Report (2012), von Dittrich et al. (2012) und vom SPREAD Projekts "Sustainable lifestyles 2050". Dabei

²⁵ Summe der intrusiven und extrusiven Magmabildung bei Subduktionsvulkanen und kontinentalen Intraplattenvulkanen; diese Ströme tragen lokal zu mehr oder minder abrupten Landschaftsveränderung und - neben den langsamer ablaufenden tektonischen Hebungen und Senkungen - zur Gebirgsbildung bei. Der Großteil dieser Flüsse erreicht selbst nicht die Oberfläche. Die rein extrusive Magmabildung (mit Eruptionen an der Oberfläche) beträgt im terrestrischen Bereich ca. 2 Mrd. t jährlich.

²⁶ Der Vergleich von natürlichen und anthropogenen Materialflüssen ist nur begrenzt möglich. Wenn man im Zeitverlauf eher schnelle und lokal mit massiven Landschaftsveränderungen verbundene Massenbewegungen betrachtet, so wäre die Magmabildung und seine terrestrische Eruption vermutlich eher das Pendant zu bergbaulichen Aktivitäten des Menschen als die eher kontinuierlich ablaufende natürliche Erosion. Die Erosionsfracht, welche die Flüsse von den Kontinenten in die Ozeane spülen, stellt bezogen auf die natürliche Geosphäre der Kontinente eher einen Output dar (der sich durch die vielen Staudämme des Menschen insgesamt verringert hat (Syvitski and Kettner 2011), während erstere als Input bezeichnet werden kann.

²⁷ zuerst 1991

wird ein unterschiedlicher Indikatorenbezug gewählt. Dennoch bleiben die langfristig für nötig erachteten Verbrauchminderungen in der genannten Größenordnung.

Als Basisjahr für die folgenden Überlegungen wird das Jahr 2000 herangezogen. Die Jahrtausendwende stellt einen Markstein dar und wird in den kommenden Jahrzehnten immer wieder als Referenz herangezogen werden, insbesondere wenn es um langfristige Entwicklungen in 50 Jahre Schritten geht. Auch kann die Entwicklung der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts damit bereits verglichen werden.²⁸

Ausgehend vom Jahr 2000 mit einer weltweiten Extraktion *abiotischer Ressourcen* von 100 - 110 Mrd. t²⁹ (davon 32 Mrd. genutzt), entsprechend 16 - 18 t/Kopf, würde eine *globale Halbierung* und eine *Gleichverteilung* auf 9 Mrd. Menschen im Jahr 2050 ein Niveau von 5,6 - 6,1 t/Kopf bedeuten³⁰.

Im Jahr 2000 betrug der Ressourcenverbrauch der EU-27 30 t/Kopf TMC_{abiot} . Möchte man das o.g. Ziel verfolgen, so müsste der Verbrauch innerhalb von fünfzig Jahren um ca. 80% oder einen Faktor 5 vermindert werden. Für Deutschland würde dies, ausgehend von 43 t/Kopf TMC_{abiot} in 2008 eine Verminderung um ca. 87% bis 2050 erfordern.

Im Hinblick auf die Angemessenheit eines Zielwertes, der für alle Länder weltweit als Richtschnur dienen kann, sollte die Entwicklung im internationalen Vergleich berücksichtigt werden. Für eine Reihe von Ländern liegen erste Hochrechnungen des TMC_{abiot}^{*31} vor (Dittrich 2010). Der korrespondierende globale Zielwert – ohne Berücksichtigung von Aushub für Gebäude und Infrastrukturen – würde nach den o.g. Vorgaben 4,4 t/Kopf TMC_{abiot}^{*} im Jahr 2050 betragen. Es gibt jedoch durchaus Indizien, wonach die meisten Länder bereits deutlich über diesem Niveau liegen.³² Nimmt man an, dass in Entwicklungsländern ein Aufwand von 2 - 4 t/Kopf an Baumineralien und 4 t/Kopf TMC_{abiot}^{*} technologisch gegenwärtig nicht unterschritten werden kann, stellt sich die Frage nach der Angemessenheit eines Zielwertes von 4,4 t/Kopf TMC_{abiot}^{*} . Berücksichtigt man die Erfordernisse von Entwicklungsländern, ihren Baubestand und ihre Infrastrukturen auszubauen (wenngleich dies nicht notwendigerweise ebenso ressourcenintensiv wie in den alten Industrieländern erfolgen muss bzw. sollte), so wird doch auch die Umsetzbarkeit solcher Ziele im internationalen Kontext zu bedenken sein.

²⁸ Der ursprüngliche Vorschlag Schmidt-Bleeks zur Halbierung der globalen Ressourcenentnahme bezog sich auf das Ausgangsniveau Anfang der 1990er Jahre. Dies ist in der Zwischenzeit weiter stark gestiegen.

²⁹ ohne Erosion

³⁰ der Indikator, der dies für jedes Land erfasst, entspricht TMC_{abiot} (ohne Biomasse)

³¹ TMC_{abiot}^{*} enthält alle primären abiotischen Ressourcenaufwendungen, jedoch – im Gegensatz zu TMC_{abiot} – ohne Aushub für Infrastrukturen

³² Im Jahr 2005 haben Länder wie China und Indien bereits 15 t/Kopf bzw. 13 t/Kopf verbraucht, Brasilien 11 und Russland 20 t/Kopf; im Gegensatz dazu lag der Verbrauch in den USA bei 55 t/Kopf und 32 t/Kopf in der EU. Diese TMC_{abiot}^{*} Werte basieren für Entwicklungsländern auf der Annahme, dass dort jährlich mindestens 4 t/Kopf für Baumineralien aufgewendet werden. Darum liegen nur sehr wenige Länder noch unter dem o.g. Wert von 4,4 t/Kopf.

Seit dem Jahr 2000 ist die globale Ressourcenextraktion weiter angestiegen und zwar mit einer stärkeren Wachstumsrate als in den vorhergehenden Dekade (Dittrich et al. 2012). Allein die genutzte Extraktion stieg von 2000 bis 2008 um 27% auf 68 Mrd. t (abiotisch und biotisch). Business-as-usual lässt global einen weiteren Anstieg erwarten.³³

Aus heutiger Sicht wäre es daher schon ein Fortschritt, würde man global zu dem Ressourcenverbrauch des Jahres 2000 zurückkehren. Wenn dies als Ziel angestrebt würde, dann wären die o.g. Zielwerte jeweils zu verdoppeln. Für TMC_{abiot} würde dies einen Zielwert von 11 - 12 t/Kopf und Jahr, für TMC_{abiot}^* einen Zielwert von 9 t/Kopf und Jahr bedeuten (jeweils für das Zieljahr 2050).

Vor diesem Hintergrund erscheint für die EU insgesamt ein Zielwert von 10 t/Kopf TMC_{abiot} plausibel (Bringezu 2011).

Für die EU-27 würde dies bedeuten, dass der Gesamtverbrauch abiotischer Ressourcen von derzeit (2008) 31 t/Kopf TMC_{abiot} in den nächsten vier Jahrzehnten um 68% vermindert werden sollte. Für Deutschland, dessen Ressourcenverbrauch im EU-Vergleich überdurchschnittlich hoch ist, wäre die Herausforderung größer. Der Verbrauch müsste von 43 t/Kopf TMC_{abiot} bis 2050 um ca. 77% vermindert werden.

4.1 Vergleich mit anderen Zielen eines Safe-Operating-Space

Bei den Klimazielen gibt es analog z.B. den Vorschlag des WBGU (2009), in welchem ein maximaler globaler Pro-Kopf CO_2 -Emissionswert bis 2050 vorgelegt wird, mit dem eine Begrenzung der Klimaerwärmung auf durchschnittlich 2° erreicht werden soll. Dieser bedeutet für Deutschland eine Verminderung um bis zu 100% bis 2050 (WBGU 2009).³⁴ Die Strategie der Bundesregierung im Rahmen des Energiekonzepts 2050 ist die Verminderung der THG-Emissionen um 40% bis 2020, um 55% bis 2030, um 70% bis 2040 und um 80-95% bis 2050 (jeweils gegenüber 1990) (BMW i / BMU 2010). Rockström et al. (2009) formulieren weitere ökologische Grenzen für verschiedene Umweltbereiche wie Flächennutzung, Biodiversität, Eutrophierung, Wasserverbrauch, um ein risikoarmes Niveau der Umweltnutzung zu erreichen.

³³ Unter der Annahme, dass alle Entwicklungs- und Schwellenländer bis 2030 das heutige Verbrauchsniveau der OECD Länder erreichen würden, könnte dies dann eine globale genutzte Ressourcenextraktion von 160 Mrd. t/a zur Folge haben (Dittrich et al. 2012). Frühere Modellrechnungen schätzten bis 2030 einen Anstieg auf ca. 100 Mrd. t/a (SERI / FoE / Global 2000 2009).

³⁴ Nach dem Budgetansatz des WBGU gehört Deutschland zur Ländergruppe 1, „deren Budget bei derzeitiger Emissionsrate in weniger als 20 Jahren überzogen wäre. Diese Länder müssten daher im Falle einer linearen Minderung schon vor 2050 Nullemissionen erreichen, um mit ihrem Budget auszukommen“ (WBGU 2009: 27).

Die o.g. möglichen Werte für abiotischen Ressourcenverbrauch zielen auf eine entsprechend risikoarme und möglichst konfliktarme Ressourcennutzung.³⁵ Dabei geht es nicht um stoffspezifische Einwirkungen auf die Umwelt, sondern die Reduktion der mit der Primärentnahme von Materialien aus der natürlichen Umwelt unmittelbare und mittelbare verbundenen Belastungen. Vergleichbar wäre dieses Ziel am ehesten mit der Verminderung des Primärenergieverbrauchs.³⁶ Dabei werden auch unterschiedliche Energieträger zusammengefasst aus der Erkenntnis, dass mit der Größenordnung des Energiedurchsatzes relevante Umweltbelastungen verbunden sind.³⁷

4.2 Welches Handlungsziel führt zum nachhaltigen Verbrauch?

Das langfristige Ziel eines nachhaltigen Ressourcenverbrauchs wird schrittweise und mit Nachdruck zu verfolgen sein. Will man künftig Prosperität in Produktion und Konsum mit einem deutlich geringeren Ressourcenaufwand erreichen, so gilt es die Abkoppelung der wirtschaftlichen Leistung (gemessen als BIP) vom Ressourcenaufwand (z.B. gemessen als TMR und seinen Hauptkomponenten) zu forcieren. Für eine absolute Abnahme des Ressourcenaufwandes muss die Ressourcenproduktivität (z.B. BIP/TMR) stärker steigen als das Wirtschaftswachstum. Die Ausgangslage ist dabei durchaus vorteilhaft:

- Der Trend zur Abkoppelung von Ressourcenaufwand und BIP ist bereits nachweisbar, d.h. die Märkte fördern bereits eine Entwicklung in Richtung höherer Ressourcenproduktivität; wenn politische Anreize so gesetzt werden, dass dieser Trend beschleunigt wird, müssen eher Hindernisse aus dem Weg einer laufenden Entwicklung geräumt werden, als dass entgegen eines autonomen Trends gewirkt werden müsste;
- Bei gegebener Steigerungsrate der Ressourcenproduktivität ermöglicht ein geringeres wirtschaftliches Wachstum eine stärkere Abnahme des Ressourcenaufwandes; dies erklärt sich über die nötigen Innovationen, die Zeit benötigen, um wirksam zu werden; wenn die Wirtschaft in den kommenden Jahren nicht mehr so stark wächst wie vor Jahrzehnten, bietet das verstärkt die Chance zu wirksamen Ressourceneffizienz-Innovationen.

Es gibt verschiedene Relationen, mit deren Hilfe Material- oder Ressourcenproduktivität abgebildet werden kann (OECD 2008). Eurostat und Destatis bevorzugen aktuell einen Bezug zu Verbrauchsindikatoren wie DMC oder RMC. Das bedeutet jedoch, dass der Materialaufwand für die Produktion der Exporte nicht berücksichtigt wird, wenngleich der Anteil der Exporte am BIP gezählt wird und de facto einen erheblichen Anteil daran ausmacht. Will man auch den Material- bzw. Ressourcenaufwand

³⁵ Dabei geht es nicht nur um militärische Konflikte, sondern in deren Vorfeld und in größerem Umfang um widerstreitende Interessen bei der Nutzung verschiedener Ressourcen, z.B. zwischen Landwirtschaft und Bergbau um ausreichend verfügbares sauberes Wasser (der Umfang der Extraktion bestimmt das Ausmaß des abgepumpten Grund- und Oberflächenwassers), um nur ein Beispiel zu nennen.

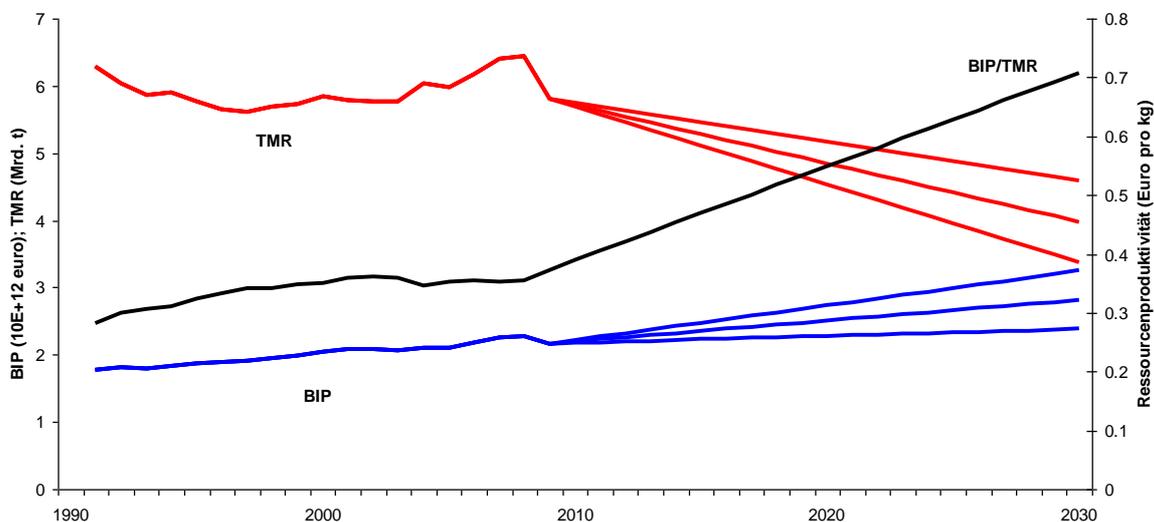
³⁶ Die Europe 2020-Strategie sieht eine Reduktion von 20% des Primärenergieeinsatzes (primary energy savings) vor (http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/themes/13_energy_and_ghg.pdf).

³⁷ wobei bei genauerer Betrachtung es weniger die Energie an sich ist, welche das Problembündel bestimmt, sondern die damit verbundenen Stoffströme, insbesondere die des Kohlenstoffs; während diesbezüglich bereits Politiken in Kraft sind, die auf ein risikoärmeres Niveau abzielen, ist dies beim gesamten überwiegenden Rest des sozio-industriellen Stoffwechsels noch nicht der Fall; hierauf zielt ProgRess.

für die Produktion der Exportgüter mit einbeziehen und so Anreize für eine gesteigerte Material- bzw. Ressourceneffizienz auch der Exportgüterindustrien geben, so empfiehlt sich ein Bezug des BIP auf Input-Indikatoren wie DMI, RMI bzw. TMR. Will man aus den o.g. Gründen die Produktivität des Gesamtaufwands an Primärmaterialien erhöhen, so ist dies über das Verhältnis BIP/TMR möglich.

Zur Orientierung der Akteure in Wirtschaft und Gesellschaft bietet sich als mögliches Ziel die Herausforderung an, dass Deutschland ebenso wie die EU seine **Ressourcenproduktivität** (BIP/TMR) in den kommenden zwei Jahrzehnten **verdoppelt** (2010-2030, Abbildung 2).

Abbildung 2: BIP, TMR und Ressourcenproduktivität (BIP/TMR) 1991-2030



| | | | | |
|---------------------------|--|-------|-------|-------|
| BIP Wachstum p.a. | | 0.5 % | 1.5 % | 2.5 % |
| TMR Reduktion (2008-2030) | | 42 % | 31 % | 21 % |

Anmerkung: Der Zusammenhang zwischen größerer Reduktion des Ressourcenaufwandes und BIP-Wachstum ergibt sich rein arithmetisch bei jeweils gleicher Produktivitätssteigerungsrate.

Quelle: BIP (Eurostat online Datenbank und Fortschreibung), TMR Datenbasis WI

Dass eine solche Entwicklung in Richtung einer deutlich gesteigerten Ressourcenproduktivität und eines absolut verminderten Ressourcenaufwands möglich ist, hat Meyer (2011) durch Modellrechnungen mit dem Fokus auf metallische Ressourcen und ihren TMR gezeigt (siehe ANHANG, Abbildung A 1).

4.3 Bezug des Ressourcen-Indikators und Erreichbarkeit der Ziele

Die Wahl des Indikators, der im Nenner die aufgewendeten Ressourcen angibt, ist nicht nur relevant im Hinblick auf die angestrebten Ziele des nachhaltigen Ressourcenverbrauchs (und der damit verbundenen, als akzeptabel angesehenen Belastungen), sondern auch im Hinblick auf die Erreichbarkeit der Ziele.

Wenn der abiotische Ressourcenaufwand nicht-energetisch und energetisch genutzte Ressourcen einbezieht, dann können Energiewende und Ressourcenwende (deutliche Ressourceneffizienzsteigerung) zusammenwirken. Würde beispielsweise ein Viertel der bislang durch Braunkohleverstromung in Deutschland erzeugten Elektrizität durch zusätzliche Windkraftanlagen bereitgestellt (70% onshore, 30% offshore), so würde sich der TMR des gesamten deutschen Strommixes rechnerisch um etwa ein Fünftel (21%) und der TMR der gesamten Wirtschaft um 6% (374 Mio. t) reduzieren (Basisjahr 2008, ohne Einbezug notwendiger Spitzenlastkraftwerke bzw. Speichertechnologien) (Berechnungen des Wuppertal Instituts). Sachlich angemessen wäre auch die Gleichbehandlung der Ressourcenextraktion über Errechnung von energetischen und nicht-energetischen Ressourcenflüssen, indem beispielsweise der Rückgang der inländischen Kohlegewinnung den Anstieg ausländischer Ressourcenextraktion z.B. für seltene Metalle (über-)kompensieren könnte, durch die Äquivalenz der mengenumsatzbedingten Eingriffe.

Würde die nicht genutzte Förderung nicht in den Zielindikator einbezogen, dann wären die nominalen Ausgangswerte deutlich niedriger und auch die Potenziale zur absoluten und relativen Verringerung des Ressourcenaufwandes und die Möglichkeiten der Zielerreichung. Veränderungen in Richtung erhöhter Ressourceneffizienz im Bereich der Primärrohstoffgewinnung und der diesbezüglichen Auswahl der bezogenen Grundwerkstoffe des verarbeitenden Gewerbes würden nicht abgebildet werden. Die informatorischen Anreize zum Umstieg auf weniger "rucksackintensive" Vorkommen und Bezüge, auch zum vermehrten Einsatz rezyklierten Materials wären deutlich geringer. Tendenziell würden mineralische Rohstoffe aus Tagebau mit hohem Anteil ungenutzter Extraktion in der Bewertung besser gestellt gegenüber solchen aus Untertagebau mit oftmals geringerem Anteil ungenutzter Extraktion (siehe Kapitel 3.3.). Auch gäbe es keine Anreize zur Minimierung von Eingriffen in Böden, wenn die Extraktion von Bauaushub unberücksichtigt bliebe. Würde dagegen die Gesamtextraktion für alle aufgewendeten Primärmaterialien gleichermaßen gezählt, würde der Ressourcenindikator nicht nur die Größenordnung der Umweltbelastungen durch Ressourcenflüsse angemessener abbilden, es würden auch Anreize gesetzt, bei der Primärmaterialgewinnung möglichst Standorte und Technologien mit möglichst geringem Belastungspotenzial zu nutzen. Werkstoffe könnten im Rahmen der technologischen Möglichkeiten frei substituiert werden, deren Auswahl würde sich am lebenszyklusweiten Ressourcenverbrauch orientieren können und das Ergebnis der verschiedenen Einzelentscheidungen wäre auf gesamtwirtschaftlicher Ebene ablesbar.

Die Fokussierung des Ressourcenverbrauchsziels auf das abiotische Primärmaterial erfolgt mit dem Ziel, die Mineralstoffextraktion und deren Folgeflüsse auf ein global weniger belastendes Niveau auszurichten. Die biotischen Ressourcenaufwendungen würden im Indikator der gesamten Ressourcenproduktivität (BIP/TMR) gleichwohl berücksichtigt, da sowohl abiotische wie biotische Ressourcen effizienter eingesetzt werden sollten. Ein Ziel für ein absolutes Verbrauchsniveau biotischer Güter sollte eher über die Bestimmung der mit der Produktion und dem Verbrauch verbundenen Flächenbelegung definiert werden und zwar fokussiert auf die besonders kritische Kategorie des Anbaulandes³⁸, mit dessen zu erwartender Ausdehnung weltweit erhebliche Umweltbelastungen zu erwarten

³⁸ Ackerland und permanente Kulturen

sind (siehe 3.1). Wird die innereuropäische Produktion von Biomasse (Food und Non-Food in Land- und Forstwirtschaft und Fischerei) in etwa aufrecht erhalten und auf nachhaltigere Produktionsweisen umgestellt – während der globale reale Fußabdruck des genutzten Anbaulandes zurückgehen kann –, so würde in der Verfolgung des Ziels der deutlichen Verminderung des abiotischen Primärmaterialaufwandes der relative Anteil der Biomasse an der stofflichen Gesamtversorgung zunehmen.

Ebenfalls zunehmen würde der Anteil des rezyklierten Materialeinsatzes. Zum einen wird mit der oben dargestellten in den kommenden Jahrzehnten zu erwartenden Annäherung an eine Steady-Stocks Phase die Verfügbarkeit von rezyklierbaren Materialien aus den Güterbeständen zunehmen. Zum anderen wird eine deutliche Verminderung des Primärmaterial-Inputs nur mit Hilfe eines verstärkten Einsatzes von Rezyklaten möglich sein. Insofern wären die vorgeschlagenen Ziele komplementär und synergistisch zu den bestehenden Zielen der Kreislaufwirtschaftspolitik, die mit schrittweise erhöhten Recyclingquoten die Verwertung von Abfällen als Sekundärrohstoffen fördert. Recyclingquoten alleine reichen wiederum nicht aus, den gesellschaftlichen Stoffwechsel nachhaltig zu gestalten, da der Einsatz preiswert verfügbarer Primärmaterialien kommerziell häufig lohnender ist, und die rezyklierbaren Altprodukte in vielen Fällen exportiert werden. Will man den Reimport dieser Materialien und das Recycling im eigenen Land fördern, sollte das Augenmerk auf der gezielten Verringerung des Primärmaterial-Inputs liegen.

4.4 Anwendbarkeit auf der Firmenebene³⁹

Ressourceneffizienz ist in Unternehmen bereits seit längerem als Thema verankert – in Unternehmenszielen und -strategien. Sie nutzen Indikatoren(sets) für das Management stofflicher Ressourcen, einige nutzen bereits MIPS⁴⁰ und damit TMR (allerdings überwiegend nicht öffentlich). Es gibt verschiedene, aber nicht harmonisierte Anwendungen. In der Forschung auf der Mikroebene gibt es bereits zahlreiche Beispiele für die Anwendung von MIPS bzw. TMR. Eine Auswahl der Einbindung von Indikatoren zu Rohstoffeinsatz bzw. Primärmaterialaufwand sowie von Ressourceneffizienz und entsprechende Ziele in den unterschiedlichen Unternehmen zeigen Tabelle A 4 und Tabelle A 5 im Anhang.

Bislang kommunizieren folgende Wirtschaftsakteure die Nutzung rohstoffbezogener Indikatoren nach dem TMR-Ansatz (siehe IÖW/future 2012; Onischka et al. 2010) öffentlich:

- Der Bundesverband Glasindustrie e.V.: Nutzung des Indikators Materialintensität im Rahmen des Projekts „Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitsstrategien und Ableitung einer Nachhaltigkeitsstrategie für Behälterglas“ (Wuppertal Institut 2012).
-
-

³⁹ Dieses Kapitel wurde von Katrin Bienge und Christa Liedtke verfasst.

⁴⁰ Ein ressourcenbezogenes Indikatorenset stellt das am Wuppertal Institut entwickelte MIPS-Konzept bereit, das den Indikator TMR und die weiteren Indikatoren Luft- und Wasser-Input umfasst. Die Abkürzung MIPS steht für Materialinput pro Serviceeinheit (Schmidt Bleek 1994, 2008; Ritthoff et al. 2002, Lettenmeier et al. 2009).

- Im Rahmen des Projekts „Business Resource Intensity Index (BRIX)“ zur Ermittlung des BRIX basierend auf dem MIPS-Konzept z.B. bei den Unternehmen Rhomberg Bau GmbH und Grüne Erde GmbH. Der BRIX Business Case Grüne Erde Kaffee ist veröffentlicht (Reisinger 2010).
- Das Unternehmen Rhomberg Bau GmbH hat sich die Dematerialisierung seiner Bauprojekte als Ziel gesetzt: „We need to go further, for instance dematerializing products and implementing a lifecycle oriented construction process. All embracing methods, such as MIPS, can offer a useful support to implement resourceefficient actions“ (Rhomberg 2010: 71). Im Nachhaltigkeitsbericht 2012 wird die Nutzung von Ressourcenindikatoren im Rahmen von Lebenszyklusanalysen genannt (Rhomberg Bau GmbH 2012: 14).
- REWE International AG nutzt u.a. den Indikator „ökologischer Rucksack“ (berechnet nach dem MIPS-Konzept) als Grundlage für die Produktzertifizierung des Pro Planet Nachhaltigkeitslabels in Österreich. Die Ergebnisse der Berechnungen sind teilweise veröffentlicht (siehe REWE International AG o.J. a und b).
- Faktor X: Japanische Initiative in der Elektroindustrie, deren Mitgliedsunternehmen basierend auf dem gemeinsam erstellten Faktor X Leitfaden (Working Group for Standardization of Factor X 2009), die ökoeffizienteren Produkte nach ihrem Faktor X ausweisen (Geibler et al. 2011: 58f.). Der Standard wurde in Unternehmensansätze überführt wie z.B. „Resource Factor“ bei Panasonic, „Eco-efficiency Factor“ bei Fujitsu und „Factor T“ bei Toshiba (Toshiba Group 2009; Oikawa et al. 2005; Panasonic 2008). Die Toshiba Group verwendet den Indikator „Total Material Input (TMI)“ für Entwicklung und Design ressourceneffizienter Produkte und im Berichtswesen. Der Indikator wird z.B. im Environmental Report als „total amount of resources used in Toshiba Group’s major products“ berichtet (Toshiba Group 2012: 40, Methodik: Toshiba Group 2012: 13). Berechnet wird der TMI für den direkten und indirekten Materialeinsatz mit der von Toshiba entwickelten Estimation Method for Material Inputs Using Input-Output Table (EMIOT) (Toshiba Group 2012: 13). Toshiba setzt sich entsprechende Ressourcenziele für 2015: Reduzierung des Ressourcenverbrauchs der Produkte um 50% (Toshiba Group 2012: 40).

Weitere Anwendungen von MIPS bzw. TMR erfolgten bislang nicht öffentlich – diese Beispiele unterliegen der Geheimhaltung.

Unternehmen nutzen zudem Indikatoren(sets) zur Messung und für das Management von Ressourceneffizienz, hier können stoffliche Ressourcen integriert sein, oftmals werden der Energie- und Wasserverbrauch sowie Emissionen und Abfallmengen kommuniziert. Hierfür gibt es zahlreiche Beispiele aus vielen Branchen wie der Chemieindustrie (z.B. BASF, BAYER, Evonik Industries), Informations- und Kommunikationsindustrie (z.B. Panasonic, Fujitsu, Toshiba, Deutsche Telekom, Motorola, Siemens), Ernährung- und Genussmittelindustrie (z.B. Mars, Kraft foods, Grüne Erde GmbH, Altria), Mobilitätsbranche (z.B. Volkswagen, Deutsche Bahn) und der Bauindustrie (z.B. Heidelberg Cement, Rhomberg Bau GmbH, Lenzing AG) (siehe Tabelle A 4 im ANHANG). Wenige Unternehmen wie z.B.

Henkel und Neumarkter Lammsbräu setzen sich konkrete Ziele zur Reduzierung des Verbrauchs stofflicher Ressourcen (siehe Tabelle A 5 im ANHANG).

Konzeptionell und empirisch ist die Anwendbarkeit des TMR auf Mikroebene in Forschungsprojekten in den Bereichen Ressourceneffizienzpotenziale von Produkten und Technologien (u.a. Rohn et al. 2010) sowie Haushalte und Lebensstile belegt (u.a. Kotakorpi /Lähteenoja/Lettenmeier 2008).

Um ein harmonisiertes Vorgehen auf Unternehmensebene zur Nutzung von Ressourcenindikatoren in Unternehmen zu erreichen, wurden Richtlinien-/Normierungs-Prozesse initiiert: Die laufende Erstellung der VDI-Richtlinien Ressourceneffizienz⁴¹ zielt auf die Entwicklung einer dem kumulierten Energieaufwand (KEA) vergleichbaren Kenngröße für den Ressourcenverbrauch (VDI-Gesellschaft für Energie und Umwelt 2011). Das Deutsche Institut für Normung setzt sich in der Koordinierungsstelle Umweltschutz im Themenschwerpunkt Ressourcenschutz seit August 2011 mit der inhaltlichen Weiterentwicklung von DIN-Normen auseinander (DIN KU 2012).

Ein praktisches Hemmnis zur flächendeckenden Nutzung eines umfassenden Indikators wie des TMR liegt darin, dass die Koeffizienten zur Berechnung der vorgelagerten Ressourcenaufwendungen noch nicht öffentlich verfügbar sind. Deshalb ist es für KMU bisher sehr schwierig, die Ressourcenverbräuche systemweit zu bewerten, und sie führen daher reine Materialeffizienzbewertungen durch (vgl. Aktivitäten der Deutschen Materialeffizienzagentur (demea), der Effizienzagentur NRW und des VDI Zentrum Ressourceneffizienz).

Bereits vor einigen Jahren wurde vorgeschlagen, eine allgemein zugängliche Datenbank der Ressourcenkoeffizienten – Primärmaterialaufwand für Rohstoffe, Grundwerkstoffe und Fertigwarengruppen – einzurichten (SERI et al. 2008). Diese wäre für Unternehmen und die statistischen Ämter in Bund, Ländern, und der EU eine wichtige Referenz und letztlich die Voraussetzung, um die Ressourcenaufwendungen der bezogenen Vorleistungen bzw. (inter-)national gehandelter Güter unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Herkunft zu bestimmen und wirksame Ansatzpunkte zur Erhöhung der Ressourceneffizienz zu ermitteln.

5. Schlussfolgerungen

- Für die Abbildung des Ressourcenverbrauchs von Deutschland und der Ressourcenproduktivität seiner Wirtschaft stehen hinreichend Indikatoren zu Verfügung.
- Die Ableitung von Zielen sollte sich an der Gesamtschau des gesellschaftlichen Stoffwechsels und an notwendigen Kriterien für seine nachhaltige Gestaltung orientieren (insbesondere Netto-Null-Wachstum der Bestände und erneuerbare Basis).
- Will man den Ressourcenverbrauch weltweit risikoärmer gestalten und hierfür den abiotischen Primärmaterialaufwand auf ein Niveau wie im Jahr 2000 zurückführen, so ergibt sich

⁴¹ Die drei Richtlinien sind: VDI 4597 Rahmenrichtlinie Ressourceneffizienz - Grundlagen und Bewertungsmethoden; VDI 4598 Ressourceneffizienz in KMU - Bewertungsrahmen und Beispiele; VDI 4599 Kumulierter Rohstoffaufwand - Begriffe, Definitionen, Berechnungsmethoden, Beispiele (analog zur bestehenden VDI 4600 Kumulierter Energieaufwand). Siehe: <http://www.vdi.de/45154.0.html>

unter dem Gesichtspunkt globaler Fairness ein Zielwert von ca. 10 t/Kopf jährlich für den TMC_{abiot} im Jahr 2050.

- Für Deutschland würde dies langfristig eine Verringerung des abiotischen gesamten Ressourcenverbrauchs (TMC_{abiot}) um 77% (gegenüber 2008) bedeuten.
- Dieses Ziel könnte erreicht werden über eine Verdoppelung der Ressourcenproduktivität (BIP/TMR) von 2010 bis 2030.

Literatur

- Aoe, T. (2006): Eco-Efficiency (Factor X) for Electrical and Electronic Products and a Case Study on Home Appliances in a Household. In: Materials Transactions, Vol. 47, No. 3 (2006) pp. 913-922.
- BASF Corporation (2009): Submission for NSF Protocol P352. Validation and Verification of Eco-efficiency Analyses, Part A. BASF's Eco-Efficiency Analysis Methodology, Florham Park, N.J. USA. URL: http://www.nsf.org/business/eco_efficiency/NSF_BASF_EEA_Methodology_Validation_Submission_Final_July_2009.pdf [20.03.2013]
- BASF SE (2012): BASF Bericht 2011. Ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Leistung, Ludwigshafen, URL: <http://bericht.basf.com/2011/de/> [20.03.2013]
- BAYER (2012b): GRI-Index, URL: <http://www.nachhaltigkeit2011.bayer.de/de/gri-index.aspx> [20.03.2013]
- BAYER (Hg.) (2010): Bayer Nachhaltigkeitsbericht 2009.
- BAYER (Hg.) (2011): At a Glance. Sustainability at Bayer 2010/2011. URL: <http://www.bayer.com/en/sustainability-at-bayer-2010-2011.pdf> [20.03.2013]
- BAYER (Hg.) (2012a): Bayer Nachhaltigkeitsbericht 2011.
- BIO Intelligence Service / Institute for Social Ecology / SERI (2012): Assessment of resource efficiency indicators and targets. Final report prepared for the European Commission, DG Environment.
- BMU (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes). Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen. Beschluss des Bundeskabinetts vom 29.2.2012. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- BMW i / BMU (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung 2050. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) / Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- Bringezu, S. (2011): Key elements for Economy-wide Sustainable Resource Management (1), in: Annales des Mines, Serie Responsabilite & Environnement 61 (2011), pp.78-87.
- Bringezu, S. O'Brien, M., Schütz, H. (2012): Beyond biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass – A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources, in: Land Use Policy 29 (2012) pp. 224-232.
- Bringezu, S. Schütz, H., Arnold, K., Merten, F., Kabasci, S., Borelbach, P., Michels, C., Reinhardt, G.A., Rettenmaier, N. (2009): Global implications of biomass and biofuel use in Germany – Recent trends and future scenarios for domestic and foreign agricultural land use and resulting GHG emissions. Journal of Cleaner Production 17 (2009) pp. 57-68.
- Bringezu, S. und Bleischwitz, R. (Hrsg.) (2009): Sustainable resource management : global trends, visions and policies. – Sheffield: Greenleaf Publishing.
- BUND / Brot für die Welt e.V. / Evangelischer Entwicklungsdienst (2008): Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt – Ein Anstoß zu einer gesellschaftlichen Debatte; Eine Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Frankfurt am Main: Fischer.
- BUND / MISEREOR (Hg.) (1996): Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Basel u.a.
- Bundesregierung (2012): Nationale Nachhaltigkeitsstrategie – Fortschrittsbericht 2012; Berlin.

- Crutzen, P.J. and Stoermer, E.F. (2000): The Anthropocene. *Global Change News*. 41, pp. 17-18.
- Destatis (2006): „Bevölkerung Deutschlands bis 2050 – 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung“. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis (2010): Rohstoffeffizienz: Wirtschaft entlasten, Umwelt schonen. Ergebnisse der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2010. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 17. November 2010 in Berlin. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Destatis (2012): Wasserfußabdruck von Ernährungsgütern in Deutschland 2000-2012. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- DIN KU (Hg.) (2012): Ressourcenschutz. URL: <http://www.ku.din.de/cmd?level=tpl-artikel&menuid=60604&cmsareaid=60604&cmsrubid=60616&menurubricid=60616&cmssubrubid=159465&menubid=159465&cmstextid=159466&3&languageid=de> [20.03.2013]
- Dittrich, M. (2010): Physische Handelsbilanzen : verlagert der Norden Umweltbelastungen in den Süden? Köln: Dissertation, Geographisches Inst. der Univ. zu Köln.
- Dittrich, M., Giljum, S., Lutter, S., Polzin, C. (2012): Green economies around the world? Implications of resource use for development and the environment. Vienna: SERI.
- Econsense – Forum für nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft (Hg.) (2012): Herausforderung Ressourceneffizienz. Meinung, Beispiele und Management-Instrumente. Econsense edition, Berlin. URL: <http://www.econsense.de/sites/all/files/edition%20econsense%20-%20Herausforderung%20Ressourceneffizienz.pdf> [20.03.2013]
- EEA (2013): Environmental pressures from European consumption and production. EEA Technical Report 2/2013, Copenhagen: European Environment Agency.
- Ekins, P., Meyer, B., Schmidt-Bleek, F. (2009): Reducing Resource Consumption - A Proposal for Global Resource and Environmental Policy. gws Discussion Paper 2009/5. Osnabrück: gws.
- Erdmann, L., Behrendt, S., Feil, M. (2011): Kritische Rohstoffe für Deutschland: Identifikation aus Sicht deutscher Unternehmen wirtschaftlich bedeutsamer mineralischer Rohstoffe, deren Versorgungslage sich mittel- bis langfristig als kritisch erweisen könnte; im Auftrag der KfW Bankengruppe. Berlin: Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) und Adelphi
- European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM(2011) 571 final. Brussels.
- European Commission (2011): Commission Staff Working Paper: Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe - Part II; Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions : Roadmap to a Resource Efficient Europe, {COM(2011) 571 final} / {SEC(2011) 1068 final}, Brussels.
- Eurostat (2001): Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators – A methodological guide. Luxembourg.
- Eurostat (2009): Economy Wide Material Flow Accounts: Compilation Guidelines for reporting to the 2009 Eurostat questionnaire. Version 01 – June 2009. Luxembourg.
- Eurostat (2012): Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA). Compilation Guide 2012. 26 July 2012. Luxembourg.

- Evonik Industries (2012): Corporate-Responsibility-Bericht 2011. URL: <http://corporate.evonik.de/sites/dc/Downloadcenter/Evonik/Corporate/de/Unternehmen/Verantwortung/evonik-industries-cr-bericht-2011.pdf> [20.03.2013]
- Geibler, J.v., Rohn, H., Schnabel, F., Meier, J., Wiesen, K., Ziema, E., Pastewski, N., Lettenmeier, M. (2011): Ressourceneffizienzatlas. Eine internationale Perspektive auf Technologien und Produkte mit Ressourceneffizienzpotenzial, Wuppertal, Wuppertal Spezial Nr. 44, URL: www.ressourceneffizienzatlas.de [20.03.2013]
- Gruhler, K. und Böhm R. (2011): Auswirkungen des demografischen Wandels auf das Stofflager und die Stoffflüsse des Wohngebäudebestandes - Deutschland 2050. Reihe Wissenschaft; 25, Fraunhofer IRB Verlag.
- Henkel (2012a): Nachhaltigkeitsbericht 2011. Veröffentlicht am 08. März 2012. Düsseldorf.
- Henkel (2012b): Geschäftsbericht 2011. Veröffentlicht am 08. März 2012. Düsseldorf.
- IÖW/future (Hg.) (2012): Das IÖW/future-Ranking der Nachhaltigkeitsberichte 2011: Ergebnisse und Trends; Berlin, Münster.
- Joint Research Centre (2012): The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Towards more sustainable production and consumption for a resource-efficient Europe. JRC Reference Report. Authors: Wolf, M.A. Rana Pant, Kirana Chomkham Sri, Serenella Sala, D. Pennington. Luxembourg.
- Kotakorpi, E., Lähteenoja, S. & Lettenmeier, M. (2008): Household MIPS : natural resource consumption of Finnish households and its reduction (No. 43en). Helsinki: Finnish Environment Inst.
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M. (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. In: Ecological Economics, Vol. 68, Issue 10, pp. 2696–2705.
- Landsiedel, R., Saling, P. (2002): Assessment of Toxicological Risks for Life Cycle Assessment and Eco-efficiency Analysis. International Journal of Life Cycle Assessment 7(5), pp. 261-268.
- Lettenmeier, M. et al. (2009): Resource Productivity in 7 Steps. How to Develop Eco-Innovative Products and Services and Improve their Material Footprint. Wuppertal Spezial Nr. 41. Wuppertal (download unter: www.mips-online.info)
- Meyer, B. (2011): Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment (ENV.F.1/ETU/2010/0033) - Final Report. Osnabrück: Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (gws).
- Neumarkter Lammsbräu (2012): Nachhaltigkeitsbericht 2011. 20. Öko-Controlling Bericht. Neumarkt i. d. OPf.
- OECD (2008): Measuring material flows and resource productivity. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD Publishing.
- Oikawa, S., Ebisu, K., Fuse, K. (2005): Fujitsu's Approach for Eco-efficiency Factor. In: FUJITSU SCIENTIFIC & TECHNICAL JOURNAL. Vol.41, No.2, pp. 236-241
- Onischka, M., Liedtke, C., Kristof, K. (2010): Maßnahmenvorschläge zur Ressourcenpolitik im Bereich unternehmensnaher Instrumente. Feinanalysepaper für den Bereich finanzwirtschaftliche Instrumente. Arbeitspapier zu Arbeitspaket 4 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Ressourceneffizienz-Paper 4.3. Wuppertal

- Oppenheimer, C. (2003): Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption: Tambora volcano (Indonesia) 1815. In: Progress in Physical Geography. 27, Nr. 2, 2003, S. 230–259. doi:10.1191/0309133303pp379ra.
- Panasonic (2008): Factor X, URL: http://panasonic.net/eco/products/factor_x/ [20.03.2013]
- Panasonic (2012a): Panasonic Corporation Sustainability Report 2012. URL: <http://panasonic.net/csr/reports/pdf/sr2012e.pdf> [20.03.2013]
- Panasonic (2012b): Eco-ideas Report 2012, http://panasonic.net/eco/env_data/back_number/pdf/panasonic_eiR2012e.pdf [20.03.2013]
- Panasonic (2012c): Products certified as green products (Stand: 26 November 2012). URL: <http://panasonic.net/eco/products/gp/list/> [20.03.2013]
- Pierobon, M. (2010): SEEBALANCE Sozio-Ökoeffizienz Analyse. Nanotechnologien: Chance für die Nachhaltigkeit? Jahrestagung des Öko-Instituts Darmstadt, September 14, 2010 URL: http://www.basf.com/group/corporate/de_DE/function/conversions:/publish/content/sustainability/eco-efficiency-analysis/presentations-files/BASF_Presentation_Pierobon_Darmstadt_2010.pdf [20.03.2013]
- Reisinger H. (2010): BRIX Business-Cases: Beschreibung und allgemeine Schlussfolgerungen. Endbericht von Arbeitspaket 5. URL: http://www.brix-index.net/data/BRIX_AP5_Business_Cases_Endbericht_final.pdf [20.03.2013]
- REWE International AG (o.J. a): WIE WIRD DIE ÖKOLOGISCHE NACHHALTIGKEIT BEWERTET?, URL: [p://www.proplanet-label.at/Layouts/dd_pp_MainPage.aspx?NavigationPath=%2fProdukte%2fApfelsaft%2fApfelsaft&AspxAutoDetectCookieSupport=1](http://www.proplanet-label.at/Layouts/dd_pp_MainPage.aspx?NavigationPath=%2fProdukte%2fApfelsaft%2fApfelsaft&AspxAutoDetectCookieSupport=1) [20.03.2013]
- REWE International AG (o.J. b): Produkte. Gemüse. Erdäpfel. URL: http://www.proplanet-label.at/Produkte/Obst/Erdbeeren/Erdbeeren/dd_pp_MainPage.aspx [20.03.2013]
- Rhomberg Bau GmbH (2012): Rhomberg Group Sustainability Report: SeeSenseUnfold. No. 1, July 2012, Bregenz, Austria.
- Rhomberg, H. (2010): A Life Cycle Tower for a Better Future: Contributions of the Building Industry to a Sustainable Tomorrow. In: Rovers, R., Kimman, J., Ravesloot, C. (ed.): Towards 0-Impact Buildings and Built Environments. Tech Press, Amsterdam, pp. 65-72.
- Ritthoff, M., Liedtke, C. (2002): Kritische Prüfung der Ökoeffizienz-Analyse: Neuanschaffung oder Weiternutzung eines Kühlschranks; Wuppertal.
- Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C. (2002): MIPS berechnen: Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen. Wuppertal Spezial Nr. 27. Wuppertal (download unter: www.mips-online.info)
- Rockström, J. et al. (2009): A safe operating space for humanity. Nature 461 (7263) : 472.
- Rohn, H. et al. (2010): Ressourceneffizienz von ausgewählten Technologien, Produkten und Strategien. Zusammenfassung der Ergebnisse des Arbeitspakets 1 des Projekts „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ (MaRes). Ressourceneffizienz-Paper 1.6. Wuppertal.

- Saling, P., A. Kicherer, B. Dittrich-Krämer, R. Wittlinger, W. Zombik, I. Schmidt, W. Schrott & S. Schmidt (2002): Eco-efficiency analysis by BASF: the method. *International Journal of Life Cycle Assessment* 7(4), pp. 203-218.
- Saling, P., Maisch, R., Silvani, M., König, N. (2005): Assessing the Environmental-Hazard Potential for Life Cycle Assessment, Eco-Efficiency and SEEBalance®. *International Journal of Life Cycle Assessment* 10(5), pp. 364-371.
- Schmidt-Bleek, F. (1994): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch?: Faktor 10 - das Maß für ökologisches Wirtschaften*. Basel: Birkhäuser Verlag (download der englischen Version mit dem Titel „The Fossil Makers“ unter www.factor10-institute.org).
- Schmidt-Bleek, F. (1997): *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Faktor 10 - das Maß für ökologisches Wirtschaften*. München: Deutscher Taschenbuch-Verlag.
- Schmidt-Bleek, F. (2008): *Nutzen wir die Erde richtig?: Die Leistungen der Natur und die Arbeit des Menschen: Von der Notwendigkeit einer neuen industriellen Revolution*. Forum für Verantwortung. Fischer Taschenbuch Verlag.
- Schmincke, H.-U. (1986): *Vulkanismus*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Schmincke, H.-U. (1992): Transfer von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen aus Vulkanen in die Atmosphäre. *Z. Umweltchem. Ökotox.* 5, pp. 27-44.
- SERI / FoE / Global 2000 (2009): *Ohne Mass und Ziel? Über unseren Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Erde*. Wien: Sustainable Europe Research Institute.
- SERI / triple innova / Wuppertal Institut / Aachener Stiftung Kathy Beys / (Hg.) (2008): *Errichtung einer internationalen Datenbank zur Ressourcenintensität von Rohstoffen, Halbwaren und Produkten (International Data Base on Resource Intensity)*, Aachen.
- SPREAD (2012): *Scenarios for Sustainable Lifestyles 2050: From Global Champions to Local Loops*. Wuppertal: UNEP/Wuppertal Institute Collaborating Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP).
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., McNeill, J. (2011): The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. A* 369: 842-867.
- Syvitski, J.P.M. and Kettner, A. (2011): Sediment flux and the Anthropocene. *Phil. Trans. R. Soc. A* 369, pp. 957-975.
- Toshiba Group (2009): *Advancing Together with Factor T, Toshiba's Pursuit of Eco-efficiency*. URL: http://www.toshiba.co.jp/env/en/report/pdf/factor_t_2009_en.pdf [20.03.2013]
- Toshiba Group (2012): *Environmental Report FY2011*. URL: <http://www.toshiba.co.jp/env/en/> [20.03.2013]
- UNEP (2011a): *Recycling Rates of Metals – A Status Report, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel*. Graedel, T.E.; Allwood, J.; Birat, J.-P.; Reck, B.K.; Sibley, S.F.; Sonnemann, G.; Buchert, M.; Hagelüken, C. Nairobi, Kenya: UNEP.
- UNEP (2011b): *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*. Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., von Weizsäcker, E.U., Ren, Y., Moriguchi, Y., Crane, W., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Giljum, S., Hennicke, P., Romero Lankao, P., Siriban Manalang, A., Sewerin, S.

- VDI-Gesellschaft für Energie und Umwelt (Hg.) (2011): Auf dem besten Weg zu messbarem Fortschritt. Berlin.
- Voet, E. van der, van Oers L., de Bruyn, S., de Jong F., Tukker, A. (2009): Environmental Impact of the use of Natural Resources and Products; Commissioned by Eurostat to support the Data Centres on Products and Natural Resources. Leiden, NL: Institute of Environmental Sciences (CML).
- WBGU (2009): Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz. Sondergutachten. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat für globale Umweltfragen.
- Working Group for Standardization of ‚Factor-X‘ (2009): Guidelines for Standardization of Electronics Product Eco-Efficiency Indicators Ver.2.1. March 2009. Revised in July 2009. Sanyo Electric Co., Ltd., Sharp Corporation, Toshiba Corporation, NEC Corporation, Panasonic Corporation, Hitachi, Ltd., Fujitsu Limited, Mitsubishi Electric Corporation. URL: http://www.jemai.or.jp/JEMAI_DYNAMIC/data/current/detailobj-4942-attachment.pdf [20.03.2013]
- Wuppertal Institut (2012): Projektbeschreibung Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitskriterien und Ableitung einer Nachhaltigkeitsstrategie für Behälterglas“. URL: <http://wupperinst.org/projekte/details/wi/p/s/pd/416/> [20.03.2013]

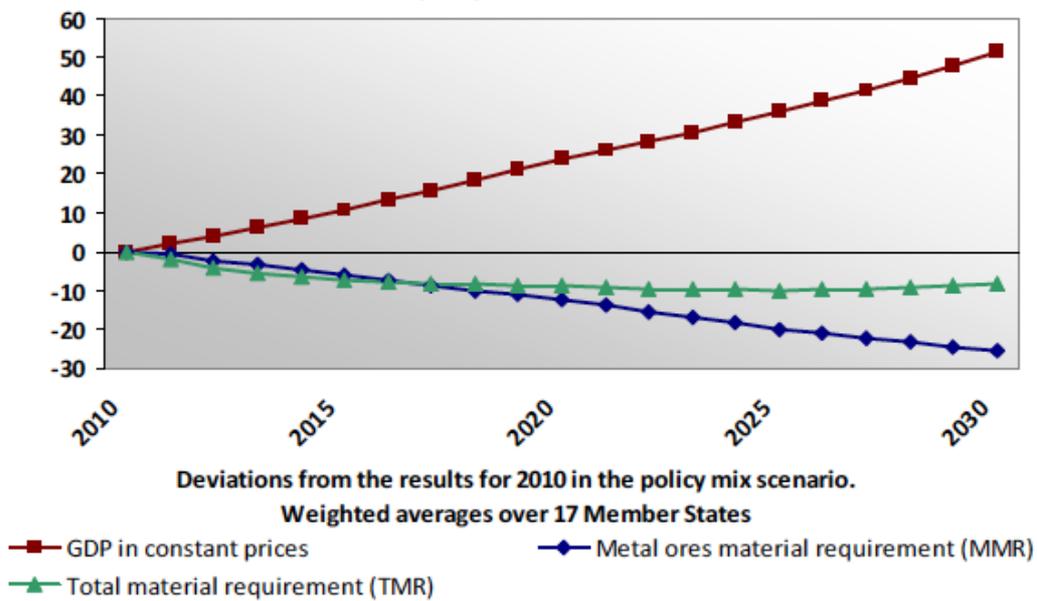
ANHANG

Tabelle A 1: Stoffstrombasierte Indikatoren des Stoffwechsels der Gesellschaft

| Indikator- rentyp | Indikatoren | | | Bilanzierungsregeln |
|----------------------|---|---|--|---|
| | Abkürzung | Englischer Name | Deutscher Name | |
| Input | DMI | Direct Material Input | Direkter Materialinput | DMI = Inländische Rohstoffentnahme + Importe |
| | TMI | Total Material Input | Gesamter Materialinput | TMI = DMI + inländische ungenutzte Extraktion |
| | RMI | Raw Material Input | Rohstoffinput | RMI = DMI + genutzter Anteil der ÖRimp * |
| | TMR | Total Material Requirement | Globaler Materialaufwand | TMR = TMI + ÖRimp* |
| Output | DPO | Domestic Processed Output | Inländisch verarbeitete Stoffabgabe | DPO = Emissionen + Abfälle + dissipativer Produkteinsatz |
| | TDO | Total Domestic Output | Gesamte inländische Stoffabgabe | TDO = DPO + inländische ökologische Rucksäcke |
| Verbrauch | DMC | Domestic Material Consumption | Inländischer Stoffverbrauch | DMC = DMI – Exporte |
| | RMC | Raw Material Consumption | Rohstoffverbrauch | RMC = RMI – Exporte – genutzter Anteil der ökologischen Rucksäcke der Exporte |
| | TMC | Total Material Consumption | Globaler Stoffverbrauch | TMC = TMR – Exporte – ökologische Rucksäcke der Exporte |
| Bilanz | NAS | Net Additions to Stock | Nettobestandszuwachs | NAS = DMI – DPO – Exporte |
| | PTB | Physical Trade Balance | Physische Handelsbilanz | PTB = Importe – Exporte |
| Effizienz | GDP/Indicator; deutsch: BIP/Indikator | e.g. Material productivity of gross domestic product, GDP | z.B. Materialproduktivität des Bruttoinlandsprodukts (BIP) | BIP geteilt durch einen der Input- oder Output-Indikatoren, z.B. BIP/DMI |
| | Used/Unused; deutsch: Genutzt/Nicht genutzt | Resource-efficiency of materials extraction | Ressourceneffizienz des Rohstoffabbaus | Verhältnis der Menge der genutzten Materialien zur Menge nicht genutzter Materialien (ökologischer Rucksäcke) |
| Konsistenz | Muss noch entwickelt werden | | | |

* ÖR = ökologische Rucksäcke (englisch: Hidden flows –HF- oder Indirect material flows-IF); HF = IF = inländische ökologische Rucksäcke, ökologische Rucksäcke der Importe (ÖRimp), ökologische Rucksäcke der Exporte (ÖRexp).

Abbildung A 1: Ergebnisse eines Policy Mix Szenarios mit GINFORS



Quelle: Meyer 2011: 76

Tabelle A 2: Übersicht über wissenschaftliche Vorschläge zu Ressourcenzielen

| Wissenschaftliche Vorschläge zu Ressourcenzielen | Räumlicher Geltungsbereich | Rohstoff(gruppe) bzw. Bedarfsfeld | Ziele (kurz-/mittelfristig) | Zieljahr (kurz-/mittelfristig) | Ziele (langfristig) | Zieljahr (langfristig) | Indikatoren | Basisjahr |
|---|----------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------|--------------|
| Zukunftsfähiges Deutschland II (2008) | Deutschland | Globaler Materialaufwand | minus 25% | 2010 | minus 80-90% | 2050 | TMR | 1995 |
| | | Fossile Brennstoffe | minus 25% | 2010 | | | J | 1995 |
| | | Primärenergieverbrauch | minus 30% | 2010 | | | J | 1995 |
| | | Materialproduktivität | +4 % bis +6 % pro Jahr | 2010 | | | BIP/TMR | 1995 |
| | | Energieproduktivität | +3 % bis +5 % pro Jahr | 2010 | | | BIP/J | 1995 |
| Sustainable Resource Management (Bringezu / Bleischwitz 2009) | Europa | abiotic materials net additions to stock | | | 5.6-6.1 (minus 30%) 0 | 50-100 Jahre 50-100 Jahre | TMC t/cap | 2000 2000 |
| Ekings, Meyer, Schmidt-Bleek (2009) | global | raw materials | | | 6 | 2050 | k.A. (TMC t/cap) | k.A. |
| BIO Intelligence et al. (2012) | EU | DMC | 11 (minus 30%) | 2020 | 5 (minus 70%) | 2050 | DMC t/cap | 2005 |
| | | biomass | plus/minus 0% | 2020 | plus/minus 0% | 2050 | DMC | 2005 |
| | | fossil fuels | minus 30% | 2020 | minus 90% | 2050 | DMC | 2005 |
| | | minerals | minus 50% | 2020 | minus 85% | 2050 | DMC | 2005 |
| | | metals | minus 20% | 2020 | minus 50% | 2050 | DMC | 2005 |
| | | EMC | > minus 30% | 2020 | > minus 70% | 2050 | EMC | 2005 |
| Dittrich et al. (2012) | global | all materials | 50 billion tonnes | 2030 | | | DMC | k.A |
| | | all materials per capita | 8 | 2030 | | | DMC t/cap | k.A |
| | | biomass | ca. 2.2 | 2030 | | | DMC t/cap | k.A |
| | | fossil fuels | 2-2.5 | 2030 | | | DMC t/cap | k.A |
| | | minerals | 4-5 | 2030 | | | DMC t/cap | k.A |
| | | metals | 0.8 | 2030 | | | DMC t/cap | k.A |

| Wissenschaftliche Vorschläge zu Ressourcenzielen | Räumlicher Geltungsbereich | Rohstoff(gruppe) bzw. Bedarfsfeld | Ziele (kurz-/mittelfristig) | Zieljahr (kurz-/mittelfristig) | Ziele (langfristig) | Zieljahr (langfristig) | Indikatoren | Basisjahr |
|---|----------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------|-------------|-----------|
| | | reduction of consumption | | | factor 2 or 5 | 2050 | DMC | 1992 |
| | | reduction of consumption | | | factor 4 or 10 | 2100 | DMC | 1992 |
| SPREAD Project Sustainable lifestyles 2050 (2012) | global | Material footprint* | | | 8 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |
| | | Beispielhafte Verteilung zwischen den Bedarfsfeldern: | | | | | | |
| | | food | | | 3 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |
| | | housing: buildings | | | 1.3 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |
| | | housing: electricity | | | 0.3 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |
| | | mobility: daily and tourism | | | 2 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |
| | | product consumption | | | 0.5 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |
| | | leisure time | | | 0.4 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |
| | | others | | | 0.5 | 2050 | TMC t/cap | 2012 |

*entspricht TMC auf Produktebene

Quelle: nach BUND et al. 2008, Bringezu / Bleischwitz 2009, Ekins et al. 2009, BIO Intelligence et al. 2012, Dittrich et al. 2012, SPREAD 2012.

Tabelle A 3: Liste der Länder, für die ungenutzte Extraktion und TMR bereits bestimmt wurden

| Country | Reporting period | Organisation | Report | link | Remarks |
|----------------|---|---|--|---|--|
| USA | 1975 to 2000 | World Resources Institute - WRI | Adriaanse et al. 1997; WRI | http://www.wri.org/publication/material-flow-accounts#database | two WRI reports followed the Adriaanse et al. 1997 report; the data are freely available for download as given under link |
| Japan | 1975 to 1994 | National Institute for Environmental Studies - NIES | Adriaanse et al. 1997 | http://pdf.wri.org/resourceflows_bw.pdf | data are available in print form as given under link |
| China | 1995 to 2008 | Northeastern University, China | n.a. | n.a. | Data are currently processed in joint study on China, Japan, EU27 and Germany - by Northeastern University, University of Tokyo, and Wuppertal Institute |
| Brazil | 1975 to 1995 | Federal University of Para, Belém, and University of Amazonas, Manaus - Brazil | n.a. | n.a. | Data provided by personal communication of José Alberto da Costa Machado - University of Amazonas |
| EU27 | 2000 to 2009 | Wuppertal Institute - WI | n.a. | n.a. | Data build on direct material flows data of Eurostat, estimates for hidden flows by WI |
| Austria | 1995 to 2008 | Wuppertal Institute - WI | n.a. | n.a. | Data build on direct material flows data of Eurostat and IFF/Statistics Austria, estimates for hidden flows by WI |
| Czech Republic | 1990 to 2006 | Charles University Environment Centre - CUEC | Kovanda et al. 2010 | http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2010.00253.x/abstract | publication is not freely available |
| Denmark | 1981; 1990; 1995; 1997; 2000; 2005-2007 | Statistics Denmark (1981, 1990, 1997); other years: Wuppertal Institute - WI | Gravgaard Pedersen, O. (2002) DMI and TMR Indicators for Denmark 1981, 1990 and 1997 – An Assessment of the Material Requirements of the Danish Economy, Report for Eurostat, Statistics Denmark | n.a. | Data by WI build on direct material flows data of Eurostat and Statistics Denmark, estimates for hidden flows by WI |
| Finland | 1945 to 2008 | Statistics Finland | Hoffren 2010 | http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/isbn_978-952-244-233-8.pdf | data are available in print form as given under link |
| France | 1990 to 2008 | Institut Français de l'Environnement - IFEN (1990 to 2006); 2007-2008 by Wuppertal Institute - WI | Jamet 2009 | http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/publications/nos-publications/etudes-documents/2009/matieres-mobilisees-par-l-economie-francaise-comptes-de-flux-pour-une-gestion-durable-des-ressources.html?type=301&backPid=346&no_cache=1&theme=UmVzc291cmNicyBldCBkw6jaGV0cw%3D%3D&collect=32&themeIndex=15&key=1 | Data from IFEN are freely available for download as given under link; Data by WI build on direct material flows data of Eurostat and IFEN, estimates for hidden flows by WI |
| Germany | 1991 to 2009 | Statistics Germany - Destatis; Wuppertal Institute - WI | Destatis: UGR Presseberichte jährlich | http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UGR,templateId=renderPrint.psm!_nnn=true | Data by WI build on direct material flows data of Eurostat and Statistics Germany (partly also for unused domestic extraction), estimates for (remaining) hidden flows by WI; Data for former West-Germany are available for 1975 to 1990 in Adriaanse et al. 1997 (see under USA), from 1960 in data base of WI |

| Country | Reporting period | Organisation | Report | link | Remarks |
|-------------|--|---|---|---|---|
| Hungary | 1993 to 1997 | International Institute for Applied Systems Analysis - IIASA | Hammer, M. and Hubacek, K. 2003: Material Flows and Economic Development - Material Flow Analysis of the Hungarian Economy. Interim Report IR-02-057. | http://www.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/IR-02-057.pdf | data available in print format under given link |
| Netherlands | 1975, 1980, 1985, 1990 - 1993; 1995, 2000, 2005-2007 | Data until 1993: Center of Environmental Studies at Leiden University - CML; data for other years: Wuppertal Institute - WI | CML personal communication | n.a. | Data by WI build on direct material flows data of Eurostat and Statistics Netherlands, estimates for hidden flows by WI |
| Italy | 1980 to 2007 - annualy | Statistics Italy - ISTAT | Barbiero et al. 2003; Femia (ed.) 2004 | http://en.istat.it/dati/dataset/20100517_00/ | basic publication was Barbiero et al.; the data are freely available for download as given under link |
| Poland | 1992, 1995, 1997 | Institute for Sustainable Development, Warsaw (Poland) and Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (WI), Wuppertal (Germany) | Mündl, A. et al. (1999). Sustainable development by dematerialization in production and consumption — strategy for the new environmental policy in Poland. Report 3, 1999. Institute for Sustainable Development, Warsaw. | n.a. | Data are available at WI |
| Portugal | 1995, 2000, 2005-2007 | Wuppertal Institute - WI | n.a. | n.a. | Data build on direct material flows data of Eurostat and Statistics Portugal, estimates for hidden flows by WI |
| Spain | 1996 to 2000 | Statistics Spain - INE | Statistics Spain 2003 | n.a. | INE currently reports direct material flows only |
| Sweden | 1995, 2000, 2005-2007 | Wuppertal Institute - WI | n.a. | n.a. | Data build on direct material flows data of Eurostat and Statistics Sweden, estimates for hidden flows by WI |
| Switzerland | 1990 to 2007 | Statistics Switzerland - BfS | Statistik Schweiz | http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/05/blank/dos/03.html | data are feely available for download as given under link |
| UK | 1970 to 2009 - annualy | Statistics UK - ONS | Statistics UK (ONS) | http://www.ons.gov.uk/ons/search/index.html?newquery=material | data are feely available for download as given under link |
| Venezuela | 1988 to 1997 | Oficina de Estudios Herculio Castellano, Venezuela | n.a. | n.a. | Data provided by personal communication of Herculio Castellano |

Tabelle A 4: Überblick über Beispiele der Anwendung von Indikatoren des Primärmaterialaufwands, Rohstoffverbrauchs oder direkten Materialeinsatzes in Unternehmen

| Unternehmen / Verband | Rohstoffindikator(en) | Anwendung von Indikator(en) |
|---|---|--|
| Bundesverband Glasindustrie e.V. | Materialintensität | <p>TMR bzw. MIPS wird genutzt und öffentlich kommuniziert</p> <p>Ressourceneffizienz hinsichtlich stofflicher Ressourcen ist verankert (keine öffentliche Nutzung von MIPS bzw. TMR)</p> <p>Nutzung des Indikators Materialintensität im Rahmen des Projekts „Analyse ausgewählter Nachhaltigkeitsstrategien und Ableitung einer Nachhaltigkeitsstrategie für Behälterglas“ für den Bundesverband Glasindustrie</p> <p>Der Indikator Materialintensität wird im Rahmen eines Indikatorensets (ökologisch, sozial, ökonomisch) angewendet, mit dem Nachhaltigkeitseffekte auf Branchen- und Produktebene gemessen werden können. Die Anwendung des Indikatorensets befindet sich in der Entwicklung (Wuppertal Institut 2012)</p> |
| <p>Rhomberg Bau GmbH</p> <p>Grüne Erde GmbH</p> <p>Lenzing AG</p> | Materialintensität (abiotische und biotische Materialien) | <p>Fallstudien im Rahmen des Projekts „Business Resource Intensity Index (BRIX)“ zur Ermittlung des BRIX basierend auf MIPS z.B. bei Rhomberg Bau GmbH und Grüne Erde GmbH. Der BRIX Business Case Grüne Erde Kaffee ist veröffentlicht. Rhomberg Bau GmbH kommuniziert Ressourceneffizienz und MIPS.</p> <p>Entwicklung eines ressourcenbasierten Index (BRIX) – für Messung und Optimierung des Ressourcenverbrauchs und der Ökoeffizienz von Unternehmen. Drei Fallstudien wurden untersucht: Rhomberg Bau, Grüne Erde und Lenzing AG (siehe Reisinger 2010) und ein BRIX-Tool zur Messung der Ressourceneffizienz von Produkten und Dienstleistungen (siehe www.brix-index.net). Das Unternehmen Rhomberg Bau hat sich Dematerialisierung der Produkte als Ziel gesetzt: „We need to go further, for instance dematerializing products and implementing a lifecycle oriented construction process. All embracing methods, such as MIPS, can offer a useful support to implement resourceefficient actions.“ (Rhomberg 2010: 71). Rhomberg nutzt den Ressourcenindikator zur Analyse des stofflichen Ressourcenverbrauchs von beispielsweise dem sog. „LifeCycle Tower“, d.h. schon in der Planungsphase von Bauprojekten (Analyse von Bau-Varianten) (Rhomberg 2010). Im Nachhaltigkeitsbericht 2012 wird die Nutzung von Ressourcenindikatoren im Rahmen von Lebenszyklusanalysen genannt (Rhomberg Bau GmbH 2012: 14). Das Unternehmen Grüne Erde GmbH hat im Rahmen des Projekts den Business Case Kaffee untersuchen lassen und als BRIX-Beispiel veröffentlicht: Bei der Berechnung wurde eine Materialintensität von 21kg abiotischer Materialien / kg Kaffee ermittelt (Reisinger 2010: 22).</p> |
| BASF | Raw material consumption in kg/customer benefit | <p>Der Rohstoffindikator wird in der Methode „Ökoeffizienz-Analyse“ (basierend auf LCA nach ISO 14040/44) intern erhoben. Die Ergebnisse werden im Ressourcenmanagement und in erweiterten Instrumenten (z.B.</p> |

| Unternehmen / Verband | Rohstoffindikator(en) | Anwendung von Indikator(en) |
|-----------------------|--|---|
| | | <p>TMR bzw. MIPS wird genutzt und öffentlich kommuniziert</p> <p>Ressourceneffizienz hinsichtlich stofflicher Ressourcen ist verankert (keine öffentliche Nutzung von MIPS bzw. TMR)</p> <p>Sozio-Ökoeffizienz-Analyse „SEEBalance®“ und S.E.T. Initiative) genutzt. Der Indikator wird nicht separat berichtet.</p> <p>Seit 1996 wurden bis heute mehr als 400 Produkte und Herstellungsverfahren basierend auf ISO 14040 / 44 hinsichtlich von Wirkungskategorien abgeschätzt. Der Verbrauch von Rohstoffen wird gemessen in kg je definiertem customer benefit. Der Fokus liegt auf der Ermittlung von zunächst coal, oil, gas, lignite, uranium, NaCl, sulfur, phosphorus, iron, lime, bauxite, sand, copper, and titanium, da sie als wesentliche Ausgangsmaterialien des Unternehmens identifiziert wurden (ggf. werden weitere Rohstoffe einbezogen) (BASF Corporation 2009: 5). Die Ökoeffizienz Analyse wird für das Ressourcenmanagement und die Nachhaltigkeitsstrategie des Unternehmens genutzt, insbesondere zur Reduzierung von Material- und Energieverbrauch und Emissionen. (BASF SE 2012; zur Ökoeffizienz-Analyse siehe auch BASF Corporation 2009; Landsiedel und Saling 2002; Ritthoff und Liedtke 2002; Saling et al. 2002, 2005). Weitere Methoden bei BASF, in denen die Indikatoren genutzt werden sind: SEEBalance „Integrierte Bewertung ökonomischer, ökologischer und sozialer Rechengrößen für Produkte und Prozesse.“ (Pierobon 2010: 6) und S.E.T. Initiative: Sustainability, Eco-efficiency, and Traceability erweitert BASF die Nachhaltigkeitsbewertung um traceability (BASF SE 2012). Im Nachhaltigkeitsbericht wird kein expliziter Rohstoffindikator berichtet. Das Thema Energie- und Ressourceneffizienz ist aber gesetzt (BASF SE 2012: 112ff.).</p> |
| BAYER | Direkte Ressourcen im Produktionsprozess | <p>Die Methode „Ressourceneffizienz Check“ ermittelt u.a. den direkten Rohstoffverbrauch von Einsatz- und Hilfsstoffen im Produktionsprozess. Der Indikator wird nicht berichtet. Ressourceneffizienz wird als Themenbereich aufgegriffen und über Sustainability Key Performance Indicators in der unternehmensinternen Methode Sustainability Check und der Nachhaltigkeitsstrategie adressiert. Eine Konkretisierung auf stoffliche Ressourcen erfolgt nicht (öffentlich).</p> <p>Der Ressourceneffizienz Check dient u.a. zur Ermittlung von Verbrauchszahlen für Einsatz- und Hilfsstoffe zur Analyse der Ressourcenintensität eines Produktionsprozesses (Energie, Wasser, Rohstoffe) (econsense 2012), „(...) um gezielt weitere Potenziale zur Senkung des Ressourcenverbrauchs und Minderung von Emissionen und Abfällen auszuschöpfen.“ (Bayer 2012a: 55ff.). Für den Gesamtkonzern werden „Volumen und Gewicht der</p> |

| Unternehmen / Verband | Rohstoffindikator(en) | Anwendung von Indikator(en) |
|---|---|---|
| | | <p>TMR bzw. MIPS wird genutzt und öffentlich kommuniziert</p> <p>Ressourceneffizienz hinsichtlich stofflicher Ressourcen ist verankert (keine öffentliche Nutzung von MIPS bzw. TMR)</p> <p>eingesetzten Materialien (...) nicht berichtet, da nur teilweise für unser Geschäft relevant.“ (Bayer 2012b). BAYER hat den Sustainability Check entwickelt, der Ressourceneffizienz als Themenbereich aufgreift. Die Nachhaltigkeitsindikatoren umfassen ein Set an 30 Sustainability Key Performance Indicators (KPI), wobei Ressourceneffizienz als wichtiges Thema genannt wird, dann aber durch Energie- und Wasserverbrauch gemessen wird und nicht die Nutzung stofflicher Ressourcen (siehe Liste der KPI in Bayer 2011: 20f.). Bayer hat „(...) ein Instrument konzipiert und entwickelt, mit dessen Hilfe einzelne Produkte und Produktgruppen detailliert unter Nachhaltigkeitsaspekten analysiert werden (...). Damit kann Bayer sein Produktportfolio systematisch bewerten und in Relation zu den gesellschaftlichen Megatrends wie z.B. dem Bevölkerungswachstum oder dem Klimawandel setzen.“ 2009 wurde in drei Pilotvorhaben die Anwendbarkeit getestet. (Bayer 2010: 23)</p> |
| <p>Japan - Elektroindustrie (Fujitsu, Hitachi, Panasonic, Mitsubishi, NEC, Sanyo, Sharp und Toshiba)</p> | <p>Faktor X</p> | <p>Ressourceneffizienz wird nach dem Faktor X (Ökoeffizienz) Richtlinie berechnet und zur Kommunikation ökoeffizienter Produkte (z.T. zertifiziert) verwendet.</p> <p>Die Japanische Elektroindustrie (acht führende Unternehmen) hat einen gemeinsamen Leitfaden zur Berechnung des Faktor X basierend auf der Ökoeffizienz-Analyse entwickelt und erste Produkte berechnet (Klimaanlagen, Kühlschränke, Lampen und Beleuchtung, die zusammen ca. 60% des Stromverbrauchs japanischer Haushalte ausmachen). Genutzt werden die Ergebnisse als Kommunikationsinstrument für Hersteller und Verbraucher (UNEP 2011b: 125, Working Group for Standardization of „Factor-X“ 2009). Der Faktor X Ansatz drückt eine Verbesserung der Ressourceneffizienz eines neuen Produkts im Vergleich zu einem Referenzprodukt aus: Der Faktor X wird durch das Verhältnis von „evaluated product/reference product“ beschrieben. Der Ansatz wurde u.a. von Toshiba (Factor T), Fujitsu (Eco-efficiency Factor) und Panasonic genutzt und z.T. weiterentwickelt.</p> |
| <p>Toshiba Group</p> | <p>Faktor T</p> <p>Total Material Input (direct and indirect materials)</p> | <p>Anwendung des Indikators für Entwicklung und Design ressourceneffizienter Produkte und Berichtswesen</p> <p>Toshiba hat den Faktor X Ansatz intern weiterentwickelt. Basierend auf dem Indikator „Total Material Input“ wird der sog. „Faktor T“ (für Toshiba) berechnet, der die ökoeffizienteren Produkte nach ihrem Faktor T ausweist (Toshiba Group 2009, Geibler et al. 2011: 58f). Der Total Material Input wird z.B. im Environmental Report als „total amount of resources used in Toshiba Group’s major products“ berichtet (Toshiba Group 2012: 40). Berechnet wird der Materialinput wie folgt: „Material inputs are calculated based on the Estimation Method for</p> |

| Unternehmen / Verband | Rohstoffindikator(en) | Anwendung von Indikator(en) |
|-----------------------|---|---|
| | | <p>TMR bzw. MIPS wird genutzt und öffentlich kommuniziert</p> <p>Ressourceneffizienz hinsichtlich stofflicher Ressourcen ist verankert (keine öffentliche Nutzung von MIPS bzw. TMR)</p> |
| Panasonic | <p>Direkte Ressourcennutzung</p> <p>Resource Factor X</p> | <p>Material Inputs Using Input-Output Table (EMIOT), a method independently developed by Toshiba Group. (...) Therefore, data can be gathered not only on direct materials, but also indirect materials.“ (Toshiba Group 2012: 13). Toshiba ermittelt mit der EMIOT zwar mehr als die direkt genutzte Materialmenge; Die Berechnung der „indirect materials“ ist aber nicht öffentlich verfügbar: Ob es sich hierbei auch um die Einbindung von ungenutzter Extraktion handelt (Primärmaterialaufwand) bleibt unklar.</p> <p>Toshiba setzt sich Ressourcenziele für 2015: Reduzierung des Ressourcenverbrauchs der Produkte um 50% (Toshiba Group 2012: 40).</p> <p>Unternehmensberichte: Eco-ideas Report und Sustainability Report und Nutzung des Resource Factor (Factor X) im Rahmen der Green Products Zertifizierung</p> <p>Unternehmensebene: Ressourceneffizienz ist ein Thema im Unternehmen. Gemessen wird die direkte Ressourcennutzung in der Herstellung (Berechnung des Ressourcenindicators „amount of total resources directly used in production activities“: „(1) Method of calculating by identifying the amount of purchased materials (including sub-materials) (2) Method of calculating by identifying amount of: shipped products + sub-materials + waste)“ (Panasonic 2012b: 42). Berichtet werden die konkreten Zahlen bislang nicht: Zum GRI Indikator „Materials used by weight or volume“ sagt Panasonic: „We currently do not provide data by weight or volume.“ (Panasonic 2012a: 78).</p> <p>Ressourceneffizienz-Faktor von Produkten: Basierend auf der Faktor X Richtlinie wird ein „Resource Factor X“ für Produkte berechnet und „Super/Superior Green Products“ zertifiziert. Panasonic stellt eine Liste der zertifizierten Produkte (bislang insgesamt 264) auf der Website zur Verfügung (Panasonic 2012c).</p> $\text{Resource Factor X} = \frac{\text{resource efficiency of evaluated product}}{\text{resource efficiency of reference product}}$ $\text{Resource Efficiency of product} = \frac{\text{Functional performance of product over life cycle}}{\sum_{\text{all resources}} \text{Resource Coefficient} \cdot (\text{new} + \text{discarded resource})}$ <p>Der Resource Factor X berechnet sich aus dem Verhältnis der Ressourceneffizienz eines evaluierten Produkts zu einem Referenzprodukt. In die Berechnung der Ressourceneffizienz fließt neben dem Produktnutzen (functional</p> |

| Unternehmen / Verband | Rohstoffindikator(en) | Anwendung von Indikator(en) |
|-----------------------|---------------------------------------|--|
| | | <p>TMR bzw. MIPS wird genutzt und öffentlich kommuniziert</p> <p>Ressourceneffizienz hinsichtlich stofflicher Ressourcen ist verankert (keine öffentliche Nutzung von MIPS bzw. TMR)</p> |
| | | <p>performance over life cycle) und Ressourcenkoeffizienten auch der Ressourcenverbrauch der "non-circulating resources" ein. Folgende Formel wird dafür angegeben: $\text{new resources} + \text{discarded resources} = (\text{supplied resources} - \text{reused or recycled resources}) + (\text{supplied resources} - \text{reusable or recyclable resources})$. Die Nutzung von Ressourcenkoeffizienten (ökologischer Rucksack) ist in der Methode prinzipiell angelegt, wird aber aus Gründen der unzureichenden Datenverfügbarkeit für Elektronikprodukte vorerst mit 1 angenommen (Aoe 2006: 915f.).</p> |
| Evonik Industries | Produzierte Menge und Rohstoffeinsatz | <p>Unternehmensberichte: Corporate Responsibility Report und Nutzung von Umweltkennzahlen</p> <p>Evonik Industries nutzen Kennzahlen im Kerngeschäft Spezialchemie. Im Corporate-Responsibility-Bericht 2011 sind Daten zu u.a. der produzierten Menge und Rohstoffeinsatz (seit 2006 in Mio. t) veröffentlicht (Evonik Industries 2012: 79). Eine genaue Darstellung der Berechnung wird bislang nicht gegeben. Das Geschäftsfeld Chemie legte im Herbst 2005 Umweltziele für einen Zehnjahreszeitraum (2004–2014) für die Reduzierung der Treibhausgase, des Wasserverbrauchs und der Produktionsabfälle fest. Die Zielerreichung wird mittels Umweltkennzahlen gesteuert (Evonik Industries 2012).</p> |

Tabelle A 5: Beispielhafte Darstellung unternehmerischer quantitativer Ziele im Bereich Ressourceneffizienz

| Themen (Auswahl) | Großunternehmen: Beispiel Henkel | Kleine und mittlere Unternehmen: Beispiel Neumarkter Lammsbräu (Sieger des IÖW Nachhaltigkeitsrankings 2011) |
|--------------------------------|---|---|
| Gesamtziel | Bis 2030: Faktor 3 (Wertschöpfung / Fußabdruck) Bis 2015: 30% Effizienzsteigerung insgesamt in verschiedenen Fokusfeldern | Kein quantitatives Gesamtziel |
| Ökologische Zielsetzung | Zielsetzungen bis 2015 (sechs Fokusfelder) (Henkel 2012a) | Zielsetzungen bis 2012-13 (Auswahl) (Neumarkter Lammsbräu 2012) |
| Energie und Klima | <ul style="list-style-type: none"> • Geringerer Energieverbrauch und weniger Treibhausgas-Emissionen: minus 15% Energie pro Produktionseinheit | <ul style="list-style-type: none"> • Senkung des spezifischen Wärmeverbrauchs in der Brauerei auf 40,0 kWh /hl Verkaufsgetränk |
| Material und Abfall | <ul style="list-style-type: none"> • Geringerer Materialverbrauch und weniger Abfallaufkommen: minus 15% Abfall pro Produktionseinheit | <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung des Anteils „wieder verwertbarer“ Abfälle (indirekt quantitativ durch vorhandene Daten 2011) |
| Wasser und Abwasser | <ul style="list-style-type: none"> • Geringerer Wasserverbrauch und weniger Abwasser: minus 15% Wasser pro Produktionseinheit | <ul style="list-style-type: none"> • Senkung des spezifischen Wasserverbrauchs in der Brauerei auf 5,2 hl /hl Verkaufsgetränk |