

TEXTE

07/2013

Aktualisierung von nationalen und internationalen Ressourcenkennzahlen

Forschungskennzahl 363 01 417
UBA-FB 001719

Aktualisierung von nationalen und internationalen Ressourcenkennzahlen

von

Monika Dittrich
Freiberufliche Wissenschaftlerin

und

Stefan Giljum
Stephan Lutter
Christine Polzin
Sustainable Europe Research Institute (SERI)

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.uba.de/uba-info-medien/4436.html>
verfügbar.

Die im Gutachten geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung
der Studie: Sustainable Europe Research Institute (SERI)
Garnisongasse 7/17
A-1090 Wien

Abschlussdatum: Juli 2012

Herausgeber: Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>
<http://fuer-mensch-und-umwelt.de/>

Redaktion: Fachgebiet I 1.1 Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien,
Ressourcenschonung
Jens Günther

Dessau-Roßlau, März 2013

Kurzbeschreibung

Die Studie „Aktualisierung von nationalen und internationalen Ressourcenkennzahlen“ umfasst 3 Teile. Im ersten Teil wurden wichtige Ressourcenkennzahlen für Deutschland wie der heimische Materialverbrauch (DMC) und der gesamte Materialinput (TMR) bis zum Jahr 2008 aktualisiert. Im Jahr 2008 wurden in Deutschland rund 30 % weniger genutzte Materialien und 52 % weniger ungenutzte Rohstoffe entnommen als noch 1980. Dabei sind vor allem die Entnahmen von fossilen Energieträgern, insbesondere von Braunkohle, rückläufig. Gleichzeitig stiegen die direkten Importe und Exporte von Deutschland ebenso wie die mit den Ein- und Ausfuhren verbundenen indirekten Materialflüsse an. Insgesamt sank der inländische Materialverbrauch (DMC) in absoluten Werten um 27 % auf rund 1,3 Milliarden Tonnen. Auch die Pro-Kopf-Werte reduzierten sich zwischen 1980 und 2008 um 29 % auf 15,8 Tonnen. Der gesamte Materialinput Deutschlands (TMR) sank hingegen nur um 15 % in absoluten Werten (pro Kopf um 19 %) und umfasste 2008 rund 2 Milliarden Tonnen. Im zweiten Teil der Studie wurden globale Trends der (direkten) Materialnutzung zwischen 1980 und 2008 erhoben und analysiert. Weltweit stiegen die genutzte Extraktion und der (direkte) Materialkonsum in diesem Zeitraum um 79 % auf rund 68 Milliarden Tonnen, das physische Handelsvolumen um 158 % auf rund 10 Milliarden Tonnen und die Materialproduktivität bezogen auf den DMC um 38 %. Im abschließenden dritten Teil der Studie wurde der weitere Forschungsbedarf identifiziert, um die einzelnen Komponenten der Materialflussanalyse zu verbessern und so zu robusteren Gesamtaussagen zu gelangen.

Abstract

The study “Update of national and international resource use indicators” contains three main parts. In the first part central resource indicators for Germany such as Domestic Material Consumption (DMC) and Total Material Requirement (TMR) were updated until 2008. In 2008, Germany extracted 30% less used materials and 52% less unused materials compared to 1980 with a particular decrease in the extraction of soft coal. At the same time there was an increase in direct imports and exports as well as indirect flows associated with imports and exports. Altogether, domestic material consumption (DMC) decreased by 27% to 1.3 billion tonnes in 2008. Similarly, per capita domestic material consumption declined by 29% to 15.8 tonnes between 1980 and 2008. However, total material requirement (TMR) only fell by 15% in absolute terms (by 19% in per capita terms) reaching almost 2 billion tonnes in 2008. The second part of this study updates and analyses global trends relating to direct material use between 1980 and 2008. Global extraction (used and direct) and material consumption increased by 79% up to 68 billion tonnes during the investigated period. Physical trade volume increased by 158% up to 10 billion tonnes and material productivity (in regards to DMC) increased by 38%. The final part of the study identifies further research questions that will need to be addressed in order to improve the quality of selected indicators of material analysis.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung.....	4
3	Methodik	6
4	Ressourcenkennzahlen für Deutschland.....	9
4.1	Die verwertete (genutzte) inländische Rohstoffentnahme.....	9
4.2	Einführen (Importe) und Ausführen (Exporte).....	10
4.3	Inländischer Materialverbrauch (DMC).....	13
4.4	Gesamter Materialinput (TMR).....	14
4.5	Gesamter Materialkonsum (TMC)	16
5	Globale Trends der Materialflüsse	19
5.1	Extraktion	19
5.2	Der globale Handel in physischen Einheiten.....	22
5.3	Importabhängigkeiten.....	28
5.4	Der direkte Materialkonsum	29
5.5	Materialproduktivitäten.....	38
5.6	Ausgewählte Abschätzungen des TMR	43
6	Forschungsbedarf zur weiteren Verbesserung von Materialflussrechnungen.....	48
6.1	Materialextraktion.....	48
6.2	Internationaler Handel von Materialien und Produkten	50
7	Quellenverzeichnis.....	53

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Verwertete Rohstoffentnahmen in Deutschland, 1980 -2008.....	9
Abb. 2:	Einfuhren der BRD (links) und der DDR (rechts), 1980 bzw. 1986 - 1990	10
Abb. 3:	Einfuhren Gesamtdeutschland, 1991 – 2008	11
Abb. 4:	Ausfuhren der BRD (links) und der DDR (rechts), 1980 bzw. 1986 - 1990.....	11
Abb. 5:	Ausfuhren Gesamtdeutschlands, 1991 – 2008	12
Abb. 6:	Einfuhren, Ausfuhren und Physische Handelsbilanz von Deutschland im Überblick, 1980 – 2008	12
Abb. 7:	DMC in Deutschland, absolut und pro Person, 1980 – 2008	13
Abb. 8:	Veränderungen von DMC, GDP, Bevölkerung und resultierende Produktivität des DMC (als GDP pro DMC) von Deutschland, 1980 – 2008.....	14
Abb. 9:	Ungenutzte Entnahmen in Deutschland (links) und indirekte Materialflüsse der Importe (rechts)	15
Abb. 10:	TMR von Deutschland, absolut und pro Person, 1980-2008	16
Abb. 11:	Entwicklung von TMR, Bevölkerung, GDP, und Produktivität des TMR, 1980 - 2008	16
Abb. 12:	Indirekte Materialflüsse der Exporte, 1980 – 2008	17
Abb. 13:	TMC absolut und pro Person in Deutschland, 1980 – 2008.....	17
Abb. 14:	Entwicklung von Bevölkerung, GDP, TMC und resultierender Materialproduktivität (GDP pro TMC) in Deutschland, 1980 – 2008	18
Abb. 15:	Jährliche Wachstumsraten der weltweiten Extraktionen, 1980 – 2008	19
Abb. 16:	Globale Extraktionen nach Stoffgruppen, 1980 – 2008.....	20
Abb. 17:	Extraktionen nach Kontinenten, 1980 - 2008	21
Abb. 18:	Ländergruppen nach ihrem Anteil am globalen Naturkapital und an den globalen Extraktionen, 2005	22
Abb. 19:	Jährliche Wachstumsraten des physischen Handelsvolumens, 1980 – 2008.....	23
Abb. 20:	Die stoffliche Zusammensetzung des Welthandels, 1980 – 2008	23
Abb. 21:	Physische Exporte (links) und Importe (Mitte) und Bilanzen der Länder (rechts) nach Kontinenten	24
Abb. 22:	Physische Handelsbilanzen der Kontinente nach Stoffgruppen, 2008	25
Abb. 23:	Physische Handelsbilanzen und Naturkapital nach Ländergruppen (Dekantile), 2005.....	26
Abb. 24:	Physische Handelsbilanzen nach Einkommensgruppen, 1980 – 2008.....	26

Abb. 25:	Physischen Handelsbilanzen der zehn größten Netto-Importeure und Exporteure nach Stoffgruppen, 2008.....	27
Abb. 26:	Anteil des Nettohandels am Materialkonsum bzw. an den Extraktionen, 1980 (oben) und 2008 (unten).....	28
Abb. 27:	DMC absolut (links) und pro Person (rechts) nach Kontinenten, 1980 - 2008.....	29
Abb. 28:	Materialkonsum absolut (links) und pro Person (rechts) der Kontinente nach Stoffgruppen, 2008	30
Abb. 29:	Anteil am globalen Naturkapital, an der globalen Extraktion, am globalen Materialkonsum und an der globalen Bevölkerung sowie DMC und Naturkapital pro Person nach Ländergruppen (Dekantile) entlang des Naturkapitals, 2005.....	31
Abb. 30:	Durchschnittlicher Materialkonsum pro Person nach Bevölkerungsdichte, 2008.....	32
Abb. 31:	DMC, absolut (links) und pro Person (rechts), nach Einkommensgruppen der Länder, 1980 – 2008	33
Abb. 32:	Absoluter Materialkonsum nach Verbrauch der Länder, 1980, 1990, 2000, 2008	33
Abb. 33:	Absoluter Materialkonsum der Länder, 2008	34
Abb. 34:	Absoluter Materialkonsum der Länder, größenverzerrte Darstellung, 2008*	35
Abb. 35:	HDI und Materialverbrauch pro Person der Länder, 2008	35
Abb. 36:	Durchschnittlicher Materialkonsum pro Person der Länder nach Materialkategorie, 2008.....	37
Abb. 37:	Dynamiken des GDP, des DMC, der Bevölkerung und der Materialproduktivität global, 1980 - 2008.....	38
Abb. 38:	Materialproduktivität (GDP pro DMC) nach Kontinenten, 1980 – 2008.....	39
Abb. 39:	Materialproduktivität (GDP pro DMC) nach Einkommensgruppen, 1980 -.....	39
Abb. 40:	Anteil der Wirtschaftssektoren am GDP der Länder, gereiht nach Materialproduktivität, 2008	41
Abb. 41:	Dynamik der Materialproduktivität aller Länder zwischen 1980 und 2008.....	42
Abb. 42:	Wachstum des Einkommens und der Materialproduktivität (GDP pro DMC) aller Länder zwischen 1980 und 2008	43
Abb. 43:	TMR, absolut, 1980	44
Abb. 44:	TMR, absolut, 2008.....	45

Abb. 45:	TMR, absolut, und Anstieg des TMR in zehn ausgewählten Ländern, 1980 – 2008	46
Abb. 46:	Materialproduktivität der ausgewählten Ländern bezogen auf den TMR, 1980 – 2008	47

1 Zusammenfassung

In nationalen und internationalen politischen Prozessen gewannen die Themen Ressourcennutzung und Ressourceneffizienz in den letzten Jahren deutlich an Gewicht. Ausschlaggebend dafür ist einerseits die Tatsache, dass viele Umweltprobleme direkt oder indirekt mit der menschlichen Nutzung natürlicher Ressourcen verbunden sind und der zunehmende Ressourcenkonsum auf globaler Ebene zu einer Verschärfung dieser Probleme führt. Andererseits rückt dieses Thema auch aus wirtschaftspolitischer Sicht in den Mittelpunkt, da die Erhöhung der Ressourceneffizienz als eine wichtige Strategie identifiziert wurde, die Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften zu erhöhen und die Abhängigkeit von Rohstoffimporten zu reduzieren. Die OECD Länder und insbesondere Deutschland haben in den letzten zehn Jahren deutliche Fortschritte bei der Bereitstellung von Daten und Indikatoren zu Ressourcennutzung und Ressourceneffizienz erzielt. Trotz dieser verstärkten Bemühungen gibt es jedoch nach wie vor erhebliche Datenlücken insbesondere für die Zeit vor 1990 und für die Mehrzahl der Entwicklungsländer. Sowohl für globale als auch für regionale Vergleiche der Unterschiede und Trends der Materialnutzung ist es daher notwendig, die empirische Kenntnis der globalen Ressourcennutzung zu erweitern. Dies ist das Ziel der vorliegenden Studie.

Im Rahmen dieser Studie wurden wichtige Ressourcenkennzahlen für Deutschland wie der heimische Materialverbrauch (DMC) und der gesamte Materialinput (TMR) bis zum Jahr 2008 aktualisiert. Im Jahr 2008 wurden in Deutschland rund 30 % weniger genutzte Materialien und 52 % weniger ungenutzte Rohstoffe entnommen als noch 1980. Dabei sind vor allem die Entnahmen von fossilen Energieträgern, insbesondere von Braunkohle, rückläufig. Gleichzeitig stiegen die direkten Importe und Exporte von Deutschland ebenso wie die mit den Ein- und Ausfuhren verbundenen indirekten Materialflüsse an. Insgesamt sank der inländische Materialverbrauch (DMC) in absoluten Werten um 27 % auf rund 1,3 Milliarden Tonnen. Auch die Pro-Kopf-Werte reduzierten sich zwischen 1980 und 2008 um 29 % auf 15,8 Tonnen. Der gesamte Materialinput Deutschlands (TMR) sank hingegen nur um 15 % in absoluten Werten (pro Kopf um 19 %) und umfasste 2008 rund 2 Milliarden Tonnen. Dies ist bemerkenswert, weil im globalen Trend der TMR um rund 135 % wuchs. Der gesamte Materialkonsum (TMC) sank im selben Zeitraum um 36 % auf 1,7 Milliarden Tonnen und bezogen auf den Konsum pro Person um 39 % auf rund 50 Tonnen.

Zwischen 1980 und 2008 kann in Deutschland eine absolute Entkopplung des Wirtschaftswachstums und des Materialverbrauchs beobachtet werden. Und zwar sowohl bezogen auf den inländischen Materialverbrauch (DMC), den gesamten Materialinput (TMR) als auch den gesamten Materialkonsum (TMC). Die Materialproduktivität bezogen auf den inländischen Materialverbrauch (DMC) stieg um +131 %. Verglichen mit dem globalen Durchschnitt von +38% ist der Anstieg der Materialproduktivität somit deutlich höher. Bezogen auf den TMR konnte Deutschland die Materialproduktivität nur verdoppeln; bezogen auf den TMC hingegen steigerte Deutschland die Materialproduktivität sogar um 166 %.

Im zweiten Teil der Studie wurden globale Trends der (direkten) Materialnutzung zwischen 1980 und 2008 erhoben und analysiert. Weltweit stiegen die genutzte Extraktion und der (direkte) Materialkonsum in diesem Zeitraum um 79 % auf rund 68 Milliarden Tonnen, das physische Handelsvolumen um 158 % auf rund 10 Milliarden Tonnen und die Materialproduktivität bezogen auf den DMC um 38 %. Hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung trugen die nicht-metallischen Mineralien den größten Anteil zur globalen

Materialextraktion in 2008 bei. Sie verzeichneten zudem die höchsten Zuwachsraten seit 1980. Im globalen Handel überwogen in stofflicher Hinsicht durchwegs die fossilen Energieträger (vor allem Erdöl). Die höchsten Zuwachsraten zeigten jedoch der Handel mit Metallen und der Handel mit Gütern gemischter stofflicher Zusammensetzung, die nicht eindeutig einer Materialkategorie zuordenbar sind.

In regionaler Hinsicht stiegen zwischen 1980 und 2008 die Extraktionen, Im- und Exporte sowie der Materialkonsum in absoluten Werten in Asien mit Abstand am meisten. Dabei wurde die Dynamik der Materialnutzung Asiens insbesondere seit der Jahrtausendwende von Chinas Wachstum bestimmt. Der durchschnittliche direkte Materialkonsum pro Person stieg zwischen 1980 und 2008 im globalen Mittel von 8,5 auf 10,2 Tonnen. Der höchste Konsum im Jahr 2008 ist in Australien, der niedrigste in Afrika zu finden (36 versus 5 Tonnen pro Person und Jahr). Den stärksten Anstieg beim DMC pro Person ist in Asien zu beobachten, wobei dort der durchschnittliche Konsum pro Person mit 9 Tonnen auch im Jahr 2008 noch unter dem globalen Durchschnitt lag.

Auf globaler Ebene konnte die Materialproduktivität (GDP pro DMC) zwischen 1980 und 2008 um 38 % verbessert werden, was einer durchschnittlichen jährlichen Erhöhung von 1,4 % entspricht. Eine absolute Entkopplung konnte jedoch nicht erreicht werden, da der globale Materialverbrauch im gleichen Zeitraum anstieg. Im geographischen Vergleich zeigt sich, dass die Materialproduktivität in Europa und Nordamerika nicht nur am höchsten war, sondern auch am meisten gesteigert werden konnte, während die Materialproduktivität in Asien und Lateinamerika nur leichte Steigerungen vorzuweisen hatte. Insgesamt haben sich damit die Unterschiede der Materialproduktivität zwischen Europa und Nordamerika einerseits und den anderen Regionen andererseits vertieft.

Die globalen Trends von Materialentnahmen und internationalem Handel wurden hinsichtlich ausgewählter Parameter wie Ressourcenausstattung, Einkommensniveau sowie Bevölkerungsdichte untersucht. Dabei zeigte sich, dass Extraktionen und (direkte) Exporte vor allem in ressourcenreichen Ländern hoch waren, während ressourcenärmerer Länder überwiegend Materialien aus den ressourcenreicheren Ländern bezogen. Dabei sollte beachtet werden, dass die Mehrheit der Menschen in ressourcenreichen Ländern siedelt. Ferner konnte bestätigt werden, dass der durchschnittliche (direkte) Materialkonsum im Allgemeinen mit zunehmender Bevölkerungsdichte abnimmt. Eine Ausnahme bilden sehr dicht besiedelte Länder, insbesondere Stadtstaaten (wie Singapur) und Halbinseln (wie Qatar), die 2008 überdurchschnittlich hohe Materialverbräuche pro Person aufwiesen.

Bezogen auf die Einkommensgruppen ist festzustellen, dass OECD-Länder in der gesamten Periode von 1980 bis 2008, Länder mit niedrigen Einkommen zunehmend seit der Jahrtausendwende und Länder mit einem niedrigen mittleren Einkommen seit 2007 Nettoimporteure von Materialien sind. Nicht-OECD-Länder mit einem hohen Einkommen und Länder mit einem höheren mittleren Einkommen sind hingegen Netto-Exporteure von Materialien, letztere mit deutlich zunehmendem Trend. Der durchschnittliche Materialkonsum pro Person war bis 2007 in den OECD-Ländern am höchsten, in 2008 wurde er jedoch von den nicht-OECD-Ländern mit hohem Einkommen übertroffen. Länder mit einem geringen Einkommen hatten gleichzeitig auch den geringste (direkten) Pro-Kopf-Materialverbrauch. OECD-Länder sind ferner durch die höchste und zudem in den vergangenen 28 Jahren auch stark angestiegene Materialproduktivität (GDP pro DMC) gekennzeichnet. Die Materialproduktivität der Länder mit einem geringen Einkommen lag zwar durchwegs am

niedrigsten, der Anstieg der Materialproduktivität zwischen 1980 und 2008 war in dieser Gruppe jedoch sogar leicht höher als in der Gruppe der OECD-Länder.

Insgesamt lässt sich zudem ein Zusammenhang zwischen der Materialproduktivität und der wirtschaftlichen Struktur der einzelnen Länder beobachten: mit zunehmendem Anteil des weniger materialintensiven Dienstleistungssektors und sinkendem Anteil des materialintensiven Agrarsektors am GDP steigt die Materialproduktivität der Länder. Hier soll betont werden, dass dieser Zusammenhang unter anderem auch durch Auslagerungen von materialintensiven Branchen zustande kommen kann.

Die Mehrheit der Länder weltweit erreichte zwischen 1980 und 2008 eine relative Entkopplung des Wirtschaftswachstums und des Materialverbrauchs. Wenige Länder, darunter Deutschland, können sogar eine absolute Entkopplung in diesem Zeitraum vorweisen.

Der globale TMR, der für die Jahre 1980 und 2008 abgeschätzt wurde, zeigt einen Anstieg von 135 %. Hatten 1980 noch die USA den größten TMR in absoluten Werten, so ist 28 Jahre später China das Land mit dem größten TMR weltweit. Der Verlauf des TMR und die Materialproduktivität bezogen auf den TMR (GDP pro TMR) wurde für zehn ausgewählte Länder verglichen. Dabei zeigte sich, dass Japan, gefolgt von den USA, nicht nur die materialeffizientesten Volkswirtschaften sind, sondern zudem auch sehr hohe Steigerungsraten vorzuweisen haben. Auch China konnte insgesamt seine Materialproduktivität steigern, jedoch von einem sehr niedrigen Niveau aus startend.

Im abschließenden dritten Teil der Studie wurde der weitere Forschungsbedarf identifiziert, um die einzelnen Komponenten der Materialflussanalyse zu verbessern und so zu robusteren Gesamtaussagen zu gelangen. Hinsichtlich der genutzten Materialentnahme besteht ein Bedarf insbesondere hinsichtlich der Biomasseaufnahme durch Weidetiere („grazing“), Informationen zur Konzentration von Metallen in gewonnen Erzen sowie hinsichtlich Schätzmethoden zur Entnahme von Baumaterialien. Daten zur ungenutzten Materialentnahme (etwa Abraum im Bergbau oder Ernterückstände in der Landwirtschaft) sind generell sehr lückenhaft und bedürfen einer Verbesserung sowohl hinsichtlich Quantität wie auch Qualität. Im Bereich des internationalen Handels mit Rohstoffen und Produkten ist derzeit keine international standardisierte Methode verfügbar, um die indirekten Materialerfordernisse konsistent und in hinreichender Detailtiefe abschätzen zu können. Weitere Forschung sollte insbesondere analysieren, inwieweit eine Verbindung der beiden derzeit wichtigsten methodischen Ansätze (Koeffizientenansatz sowie Input-Output Analyse) möglich wäre, um in Zukunft die komplementären Vorteile beider Ansätze nutzen zu können.

2 Einleitung

In nationalen und internationalen politischen Prozessen gewannen die Themen Ressourcennutzung und Ressourceneffizienz in den letzten Jahren deutlich an Gewicht. Ausschlaggebend dafür ist einerseits die Tatsache, dass viele Umweltprobleme (wie etwa Klimawandel, Wasserknappheit, Wüstenbildung, Bodenerosion, etc.) direkt oder indirekt mit der menschlichen Nutzung natürlicher Ressourcen verbunden sind und der zunehmende Ressourcenkonsum auf globaler Ebene zu einer Verschärfung dieser Probleme führt. Andererseits rückt dieses Thema auch aus wirtschaftspolitischer Sicht zunehmend in den Mittelpunkt, da die Erhöhung der Ressourceneffizienz von Produktion und Konsum als eine wichtige Strategie identifiziert wurde, die Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften auf globalen Märkten zu erhöhen und die Abhängigkeit von Rohstoffimporten zu reduzieren. Beispiele für die gestiegene internationale Bedeutung insbesondere des Themas Ressourceneffizienz sind die Leitinitiative „Ressourceneffizientes Europa“ der EU (European Commission, 2011), die OECD-Strategie zu Green Growth (OECD, 2011) sowie die UN-Initiativen im Bereich Green Economy bzw. Green Industry (UN-EMG, 2012, UNIDO, 2011).

Die OECD Länder und insbesondere Deutschland haben in den letzten zehn Jahren deutliche Fortschritte bei der Bereitstellung von Daten und Indikatoren zu Ressourcennutzung und Ressourceneffizienz erzielt. Trotz dieser verstärkten Bemühungen gibt es jedoch nach wie vor erhebliche Datenlücken. So liegen beispielsweise zeitlich durchgehende Kennzahlen zu direkten Materialflüssen erst ab 2000 für alle Länder der EU vor (EUROSTAT, 2012). Verfügbare Daten für Deutschland beginnen erst nach der Wiedervereinigung (UBA, 2008 und 2012). Noch lückenhafter sind globale Übersichten über den Materialkonsum und die Materialeffizienz. Vorhandene länderübergreifende Studien fokussieren entweder auf bestimmte Regionen oder Ländergruppen (bspw. Estrada Calvo, 2007, Giljum et al., 2010, Dittrich et al., 2011a, Schandl und West, 2010, UNEP, 2011a, Eurostat, 2011), beinhalten nur ein oder wenige Jahre (bspw. Krausmann et al., 2008a, Bringezu und Bleischwitz, 2009, Dittrich, 2010, Steinberger et al., 2010, UNEP, 2011b) oder beziehen sich nur auf Materialextraktionen oder den Handel mit Rohstoffen und Produkten (z.B. Behrens et al. 2005, Schandl und Eisenmenger, 2006, Dittrich, 2009, Dittrich und Bringezu, 2010). Sowohl für globale als auch für regionale Vergleiche der Unterschiede und Trends der Materialnutzung ist es daher notwendig, die Kenntnis der globalen Ressourcennutzung zu erweitern.

Diese Studie umfasst drei Arbeitspakete, die wesentliche Datenlücken für Deutschland und ausgewählte globale Datenlücken füllen sollen:

Das erste Arbeitspaket enthält eine Aktualisierung folgender Ressourcenkennzahlen von Deutschland: die verwerteten (genutzten) inländische Rohstoffentnahmen, Einfuhren, Ausfuhren und die physischen Handelsbilanzen, den direkten Ressourcenverbrauch (Domestic Material Consumption, DMC) sowie die ungenutzten Entnahmen, die indirekten Flüsse der Ein- und Ausfuhren sowie die daraus berechnete Kennzahlen Total Material Requirement (TMR) und Total Material Consumption (TMC). Die Kennzahlen vervollständigen die bereits bestehende Zeitreihe zwischen 1991 und 2003/4, die das Wuppertal Institut für Deutschland erhoben hat (UBA, 2008) um die Zeiträume 1980 bis 1990 sowie 2004 bis 2008. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets werden in Kapitel 4 dieses Berichts dargestellt.

Das zweite Arbeitspaket bildet den Schwerpunkt dieser Studie. Es beinhaltet die Darstellung wesentlicher globaler und regionaler Trends sowie ausgewählte nationale Übersichten bezogen

auf die verwerteten (genutzten) Rohstoffentnahmen, den physischen Handel (direkte Im- und Exporte sowie physische Handelsbilanzen), die Importabhängigkeiten, die (direkte) Materialnutzung sowie die Materialproduktivität für den Zeitraum zwischen 1980 und 2008. Als Parameter zur Analyse werden insbesondere das Einkommens- und Wohlstandsniveau, die Ausstattung mit natürlichen Ressourcen, die Bevölkerungsdichte, die Wirtschaftsstruktur und die Einbindung in den Weltmarkt herangezogen. Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wird ferner eine Abschätzung des TMR für alle Länder für die Jahre 1980 und 2008 sowie für zehn ausgewählte Länder im zeitlichen Verlauf (5-Jahres-Schritte) dargestellt. Kapitel 5 fasst die Ergebnisse dieser Arbeiten zusammen.

Das abschließende Arbeitspaket (Kapitel 6) beinhaltet eine Diskussion der verwendeten Methoden, insbesondere zur Erhebung des TMR. In diesem Arbeitspaket werden abschließend Schritte zur Weiterentwicklung der Erhebungsmethoden des TMR vorgeschlagen.

3 Methodik

Diese Studie basiert auf dem methodischen Rahmen der Materialflussrechnung (Material Flow Accounting and Analysis, MFA). Materialflussrechnungen haben ihre Wurzeln in den Material- und Energiebilanzierungen der 1970er Jahre. Ausgehend von der Einsicht, dass die gesamte menschliche Ressourcennutzung insgesamt stärkere Umweltprobleme hervorruft als einzelne toxische Substanzen, wurde in den 1990er Jahren begonnen, die gesamten Materialentnahmen von Volkswirtschaften zu bilanzieren. Inzwischen ist die Methodik zur Erhebung von Materialflussrechnungen harmonisiert und methodische Leitfäden werden insbesondere von EUROSTAT (2007, 2011) und der OECD (2007) herausgegeben.

Für Materialflussrechnungen von Volkswirtschaften gelten zwei Systemgrenzen: die erste Grenze ist jene zwischen der Volkswirtschaft und der Natur, aus der Materialien entnommen werden. Die zweite Grenze ist jene zwischen verschiedenen Volkswirtschaften.

In Materialflussrechnungen werden im Wesentlichen vier Typen von Materialien unterschieden:

- Biomasse
- Energieträger
- (nicht-metallische) Mineralien und
- Metalle.

Bestehen Produkte aus unterschiedlichen Materialtypen, werden sie gemäß ihres dominanten Rohstoffes der entsprechenden Gruppe zugeordnet. Alle Materialflüsse werden in Masseneinheiten (Tonnen) pro Jahr gerechnet (Eurostat, 2007 und 2011).

In Materialflussrechnungen werden genutzte und ungenutzte Materialentnahmen sowie direkte und indirekte Handelsflüsse unterschieden. Genutzte Materialentnahmen fließen dabei in die Produktionsprozesse der Volkswirtschaft ein, ungenutzte Materialentnahmen (wie bspw. Abraum) hingegen nicht. Direkte Handelsflüsse beinhalten das physische Eigengewicht der Ein- und Ausfuhren, indirekte Handelsflüsse umfassen die Materialien, die zur Produktion der Handelsware im Ausland benötigt wurden ohne in das Eigengewicht einzufließen. Es sei bereits an dieser Stelle bemerkt, dass die Quantifizierungen der ungenutzten bzw. indirekten Materialflüsse noch nicht vereinheitlicht und verschiedene diesbezügliche Fragen gegenwärtig Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen sind.

In dieser Studie finden hauptsächlich folgende Indikatoren Verwendung (OECD, 2007, UBA, 2008):

- Verwertete inländische Materialentnahme (Domestic Extraction Used, DEU), die alle entnommenen und in die Volkswirtschaft einfließenden Materialien umfasst
- Inländischer Materialkonsum (Domestic Material Consumption, DMC), berechnet aus den genutzten inländischen Materialentnahmen plus Importe minus Exporte
- Physische Handelsbilanzen (Physical Trade Balances, PTB), berechnet als Importe minus Exporte

- Der gesamte Materialinput (Total Material Requirement, TMR), berechnet aus der Summe der inländischen genutzten und nicht verwerteten Materialentnahmen, der direkten Importe sowie der im Ausland aufgewendeten Materialien, genutzt und ungenutzt, die zur Bereitstellung eines importierten Gutes erforderlich waren.
- Der gesamte Materialkonsum (Total Material Consumption, TMC), berechnet aus dem TMR abzüglich der Exporte und deren indirekte Materialflüsse.
- Die Materialproduktivität, gerechnet als die Wertschöpfung (GDP) pro Einheit Material. Zur Berechnung der Materialproduktivität werden in dieser Studie vor allem der DMC und der TMR herangezogen.

Die in dieser Studie verwendeten Daten zu den Materialflüssen basieren im Wesentlichen auf zwei Datenbanken. Die erste Datenbank enthält Daten zu den globalen Materialentnahmen. Sie ist von SERI entwickelt und wird von SERI jährlich aktualisiert. Die Daten sind in aggregierter Form öffentlich zugänglich (www.materialflows.net). Die Daten wurden bzw. werden vor allem aus internationalen Statistiken wie die der FAO, der IEA oder des US bzw. Britischen Geological Surveys zusammengestellt. Eine ausführliche methodische Beschreibung liefert SERI (2011b). Die Datenqualität ist hinsichtlich der Ressourcentypen sehr unterschiedlich: während die Qualität für die Entnahmen von Energieträger und Metallen insgesamt als gut angesehen werden kann, ist sie für die Entnahmen einiger Kategorien in der Gruppe „Biomasse“ sowie für viele Länder im Bereich der Baumineralien unzureichend. Es kann davon ausgegangen werden, dass biotische Entnahmen insbesondere im Rahmen von Subsistenzwirtschaft ungenügend erfaßt sind. Entnahmen von Baumineralien, insbesondere Sand und Kies, sind in fast allen Ländern mangelhaft in den Statistiken ausgewiesen. Zur Abschätzung wurden soweit möglich vorhandene physische Werte genutzt (bspw. wurden anhand von Zementdaten der Umfang von Sand und Kies für Bauzwecke berechnet); in den Fällen, in denen keine physische Berechnungsgrundlage vorhanden war, wurde das Pro-Kopf-Einkommen zur Abschätzung der Baumineralien genutzt. Es wurden durchweg konservative Abschätzungen vorgenommen, d.h. es kann davon ausgegangen werden, dass abgeschätzten Materialentnahmen eher unter- als überbewertet sind.

Für den Bereich der ungenutzten Entnahme wurde eine Vielzahl von Literaturstudien ausgewertet (siehe SERI, 2011b für Details). Diese Studien beziehen sich einerseits auf den beim Abbau von Metallen und Mineralien auftretenden Abraum, andererseits auf die bei der Ernte von land- und forstwirtschaftlichen Produkten auftretenden Ernterückstände wie auch die ungenutzte Entnahme von Meeresfischen (Beifang). In die TMR Berechnungen von Deutschland (Kapitel 4) flossen zusätzlich auch Daten zur Erosion mit ein, die für Deutschland in einer vergleichsweise guten Qualität vorliegen. Dadurch ist eine Vergleichbarkeit mit den zuvor erhobenen Daten (UBA, 2008) gewährleistet. Da die Daten für andere Länder eine nicht ausreichende Qualität haben, wurde der erosionsbedingte Anteil am TMR Deutschlands für die Vergleich mit anderen Ländern wieder herausgenommen, um auch hier eine Vergleichbarkeit herzustellen. Die Datenqualität bei den ungenutzten Entnahmen ist generell schlechter als jene der direkten Entnahmen und in vielen Fällen sind keine länderspezifischen Daten verfügbar, so dass auf Kontinental- oder Globaldurchschnitte zurückgegriffen werden muss.

Die zweite Datenbank enthält Daten zum weltweiten physischen Handel. Die Datenbank wurde von Dittrich an der Universität Köln und am Wuppertal Institut entwickelt und wurde seitdem fortlaufend verbessert und aktualisiert (Dittrich, 2011). Die Daten zum direkten physischen

Handel basieren im Wesentlichen auf UN Comtrade. Lücken zu physischen Daten in UN Comtrade wurden mittels globaler Mittelwerte für alle in der Statistik differenzierten Handelsgüter aufgefüllt. Eine detaillierte Beschreibung der grundlegenden Methodik ist in Dittrich (2010) und Dittrich und Bringezu (2010) gegeben. Zusätzlich wurde ein Verfahren entwickelt und angewandt, um Ausreißer in den Handelsstatistiken zu identifizieren und anhand von bilateralen Werten und zusätzlichen nationalen und internationalen Statistiken (darunter insbesondere die IEA) zu korrigieren. Die Handelsdaten in UN Comtrade sind insgesamt gut, wobei jüngere Statistiken generell vollständiger und differenzierter sind als ältere Statistiken und zudem auch weniger unplausible Daten aufweisen. Generell können Handelsdaten europäischer und lateinamerikanischer Länder als sehr gut (vollständig, differenziert, mit weniger unplausiblen Werten) angesehen werden, während Daten insbesondere von afrikanischer und zentralasiatischer Länder zum Teil erhebliche Lücken und Unzulänglichkeiten aufweisen.

Indirekte Handelsströme wurden im Rahmen dieser Studie mit Hilfe von LCA-basierten Koeffizienten berechnet, die mit den physischen Handelsdaten multipliziert wurden. Abgesehen von einigen Ausnahmen sind diese Koeffizienten identisch mit jenen, die zur Berechnung der indirekten Handelsströme von Deutschland herangezogen wurden (UBA, 2008). Deutschland ist physisch betrachtet eine der größten Handelsnationen und bezieht aus nahezu allen Ländern Güter. Vor diesem Hintergrund erscheint es angemessen, die für Deutschland berechneten Koeffizienten, die derzeit als die weltweit differenziertesten angesehen werden können, auch auf die Handelsströme anderer Nationen zu übertragen, die ebenso ihre Importe aus einer Vielzahl von Ländern beziehen.

Die Ausnahmen betreffen Handelsgüter, die mit sehr unterschiedlichen indirekten Flüssen belastet sein können, darunter vor allem Steinkohle (insbesondere die Unterschiede aufgrund von Untertageabbau versus Tagebau). Bei diesen Gütern wurden globale Mittelwerte als Koeffizienten berechnet und angewandt (siehe auch Dittrich et al., 2012b).

4 Ressourcenkennzahlen für Deutschland

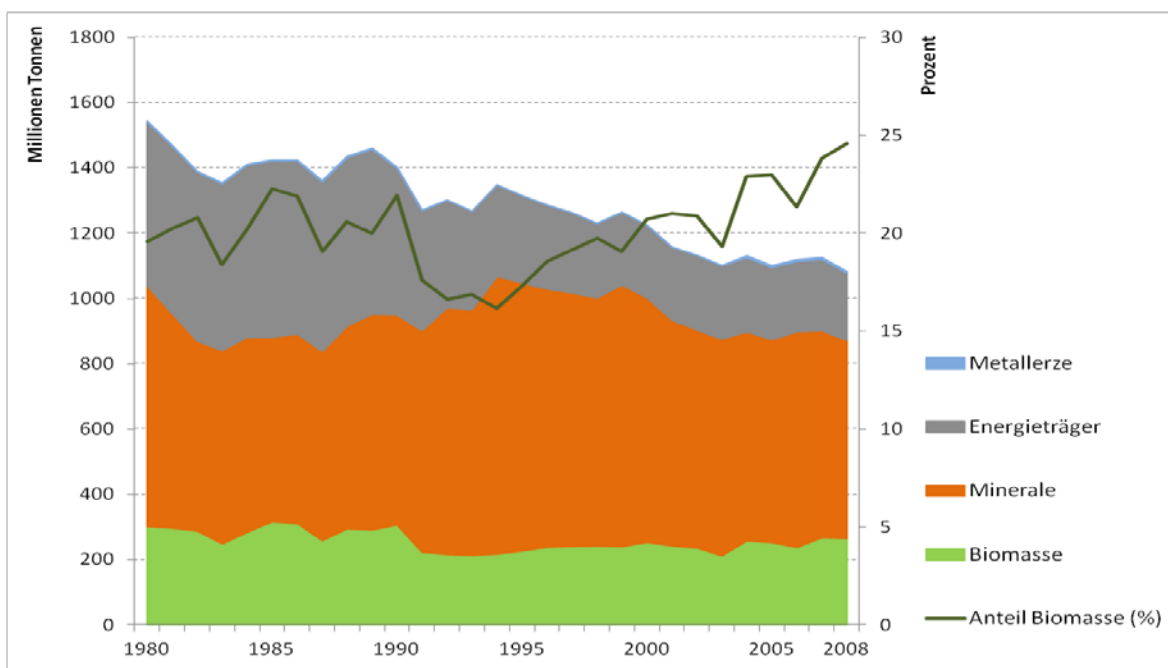
Das erste Arbeitspaket beinhaltet eine Aktualisierung der Ressourcenkennzahlen für Deutschland, die auf der Studie „Ressourcenverbrauch von Deutschland – aktuelle Kennzahlen und Begriffsbestimmungen“ (UBA, 2008) aufbaut. Da die Studie den Zeitraum zwischen 1991 und 2004 umfasst, ist hier der Schwerpunkt auf die Zeiträume 1980 bis 1990 und 2005 bis 2008, dem aktuellsten Jahr, für das Daten verfügbar sind, gelegt. Zur besseren Vergleichbarkeit mit der bereits vorliegenden Studie und zur besseren Übersichtlichkeit der Trendeinschätzung sind die Jahre 1991 bis 2004 in allen Abbildungen durchgehend enthalten. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse orientieren sich in Aufbau, Differenzierungen und Begrifflichkeiten sowie Methodik an der genannten bereits vorliegenden Studie. Da sie nicht den Schwerpunkt dieser Studie bilden, werden nur die wesentlichen Ergebnisse und Trends im Überblick dargestellt.

4.1 Die verwertete (genutzte) inländische Rohstoffentnahme

Gemäß den MFA-Standards unterteilt sich die verwertete inländische Rohstoffentnahme in Biomasse, fossile Energieträger, Metalle und nicht-metallische Mineralien.

2008 wurden im Vergleich zu 1980 insgesamt 30 % weniger Materialien in Deutschland (West und Ost) entnommen, der Umfang sank in absoluten Zahlen von 1,5 Mrd. Tonnen 1980 auf 1,1 Mrd. Tonnen in 2008 (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Insbesondere die rückläufigen Entnahmen von fossilen Energieträgern (-59% zwischen 1980 und 2008) sind für diesen Rückgang verantwortlich, darunter vor allem Steinkohle (-80 %) und Braunkohle (-55 %), aber auch Erdöl (-35 %) und Erdgas (-30 %). Auch die Entnahmen von Biomasse (-12 %) und Mineralien (-18 %) waren über den Zeitraum insgesamt rückläufig. Demgegenüber stiegen die Entnahmen von Metallerzen deutlich an (+93 %), auch wenn die absolute Größenordnung der Metallerzentnahmen praktisch keine Rolle spielt.

Abb. 1: Verwertete Rohstoffentnahmen in Deutschland, 1980 -2008



Quelle: SERI, 2011

Mit 56 % der genutzten Entnahmen dominieren die nicht-metallischen mineralischen Entnahmen, die überwiegend Baumineralien wie Sand und Kies beinhalten. Der Anteil nachwachsender Materialien an der gesamten inländischen Entnahme liegt im untersuchten Zeitraum zwischen 21 und 25 %, im Trend ist ein Anstieg seit Mitte der 1990er Jahre zu beobachten.

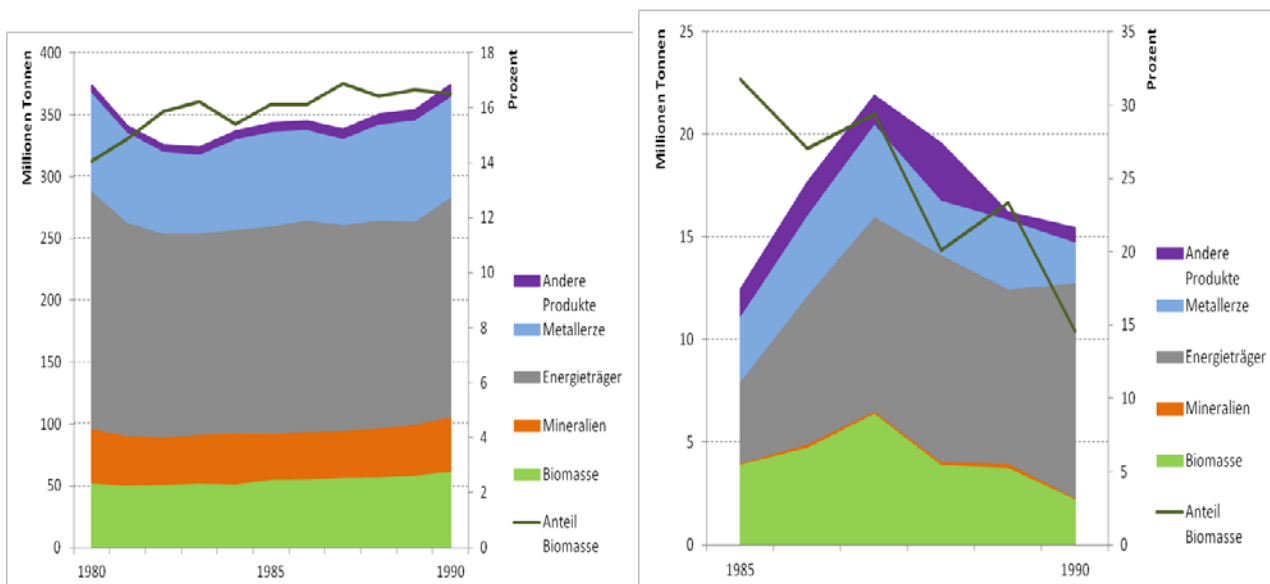
Während 1980 vier Länder mehr Materialien entnahmen als Deutschland, so waren es 2008 zehn Länder (China, USA, Indien, Brasilien, Russland, Australien, Indonesien, Mexiko, Kanada, Iran).

4.2 Einfuhren (Importe) und Ausfuhren (Exporte)

Für die BRD sind vollständige Handelsdaten für den gesamten Zeitraum zwischen 1980 und 1990 verfügbar. Für die DDR liegen hingegen nur lückenhafte Handelsdaten für die Jahre 1985 bis 1990 vor, die nur eine eingeschränkt belastbare Abschätzung des physischen Handels zulassen.

Die Einfuhren der BRD, insbesondere die Einfuhren fossiler Energieträger, gingen im Zuge der zweiten Ölkrise Anfang der 1980er Jahre zurück (Abb. 2). Sie erreichten erst 1990 wieder den Umfang von 1980, rund 375 Millionen Tonnen. Die Einfuhren der BRD lagen um rund das Zwanzigfache höher als jene der DDR, wobei noch einmal betont werden soll, dass die Daten der DDR nur sehr eingeschränkt belastbar sind. Die Einfuhren sowohl der BRD als auch der DDR waren dominiert von fossilen Brennstoffen, die einen Anteil von 48 % bzw. 68 % der Einfuhren im Jahr 1990 ausmachten. Der Anteil der Biomasse an den Importen lag im Jahr 1990 in der BRD bei 17% und in der DDR bei 15%.

Abb. 2: Einfuhren der BRD(links) und der DDR(rechts), 1980 bzw. 1986 - 1990

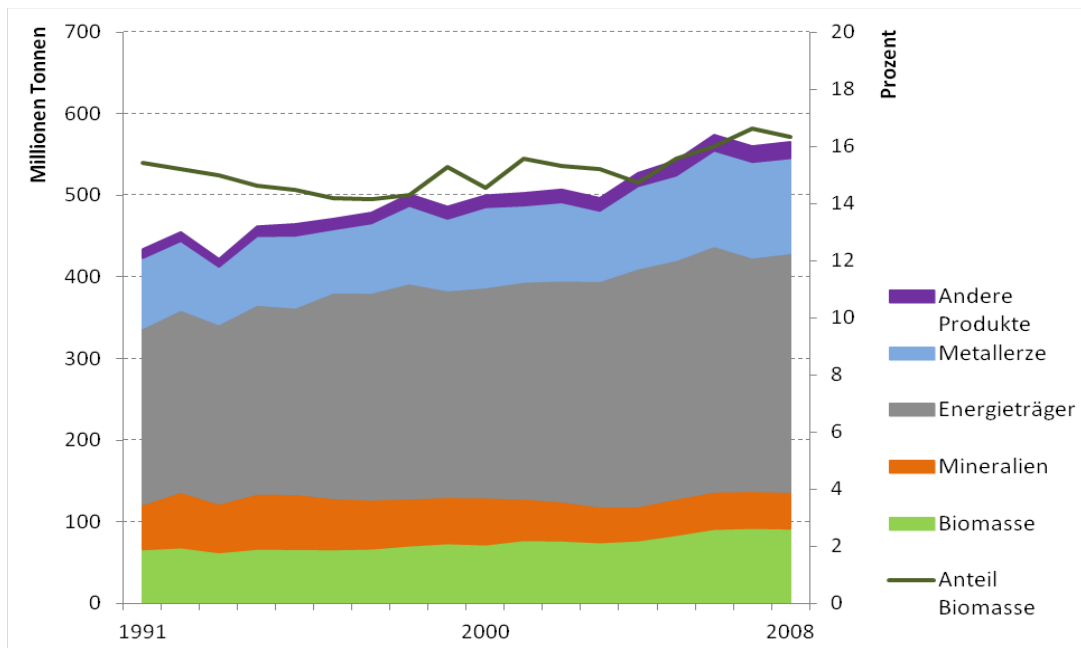


Quelle: Dittrich, 2011, basierend auf UNComtrade

Nach der Wiedervereinigung stiegen die Einfuhren kontinuierlich an, von fast 434 Mio. Tonnen in 1991 auf 565 Mio. Tonnen in 2008 (+30 %). Dabei stiegen die Einfuhren von Biomasse, fossilen Energieträgern und Metallen leicht überdurchschnittlich um jeweils etwa 35 % an, die Einfuhren anderer Produkte (überwiegend verarbeitete Produkte, die aus verschiedenen Materialien bestehen) indessen um 83 %. Rückläufig waren hingegen die

Einfuhren von Mineralien (-18 %). Der Anteil der Biomasse an den Einfuhren lag kontinuierlich zwischen 14 und 17 %. Im Jahr 2008 war Deutschland im weltweiten Vergleich der viertgrößte Importeur von Materialien nach den USA, China und Japan.

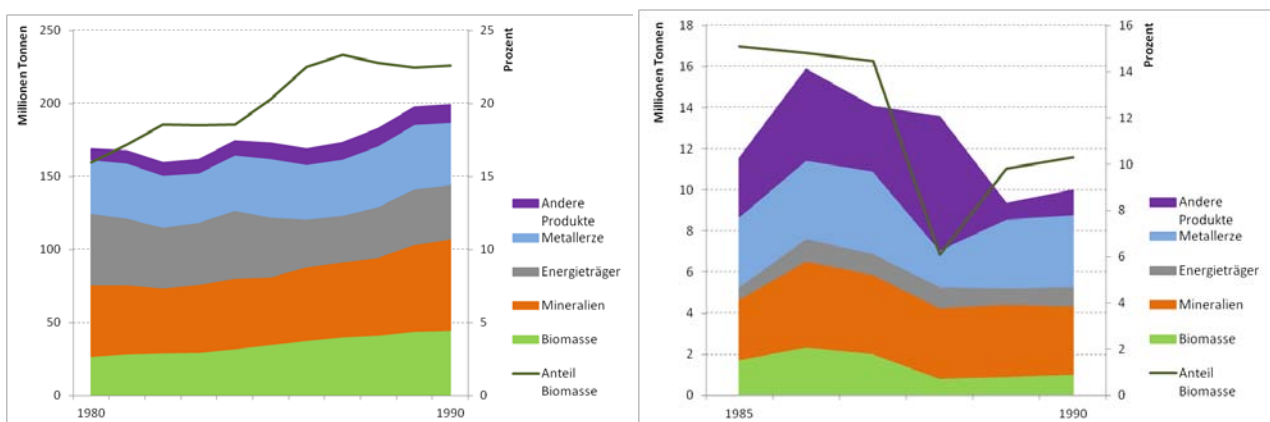
Abb. 3: Einfuhren Gesamtdeutschland, 1991–2008



Quelle: Dittrich, 2011, basierend auf UNComtrade

Die Ausfuhren der BRD stiegen zwischen 1980 und 1990 auf rund 200 Millionen Tonnen an (+18 %). Im Gegensatz zu den Einfuhren sind die Ausfuhren der BRD und der DDR sowie auch die von Gesamtdeutschland nach 1991 in stofflicher Hinsicht gleichmäßiger verteilt (Abb. 4). Wie bereits bei den Einfuhren lagen auch die Ausfuhren der BRD um rund das Zwanzigfache höher als jene der DDR. Der Anteil der Biomasse an den Ausfuhren der BRD stieg von 16% (1980) auf 23% (1990).

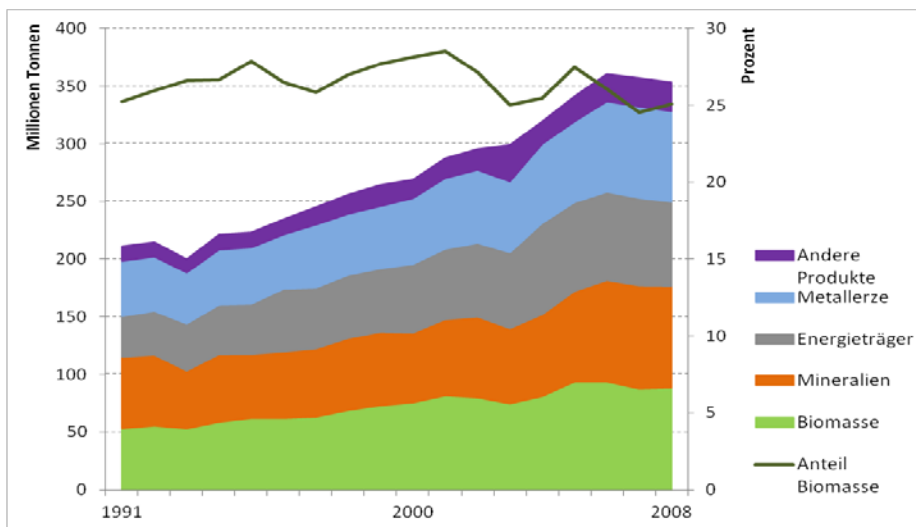
Abb. 4: Ausfuhren der BRD(links) und der DDR(rechts), 1980 bzw. 1986 - 1990



Quelle: Dittrich, 2011, basierend auf UNComtrade

Nach der Wiedervereinigung stiegen die Ausfuhren Deutschlands um 142 Millionen Tonnen auf rund 353 Millionen Tonnen im Jahr 2008 an. Sie erhöhten sich damit stärker als die Einfuhren (+67% versus +30%).

Abb. 5: Ausfuhren Gesamtdeutschlands, 1991–2008

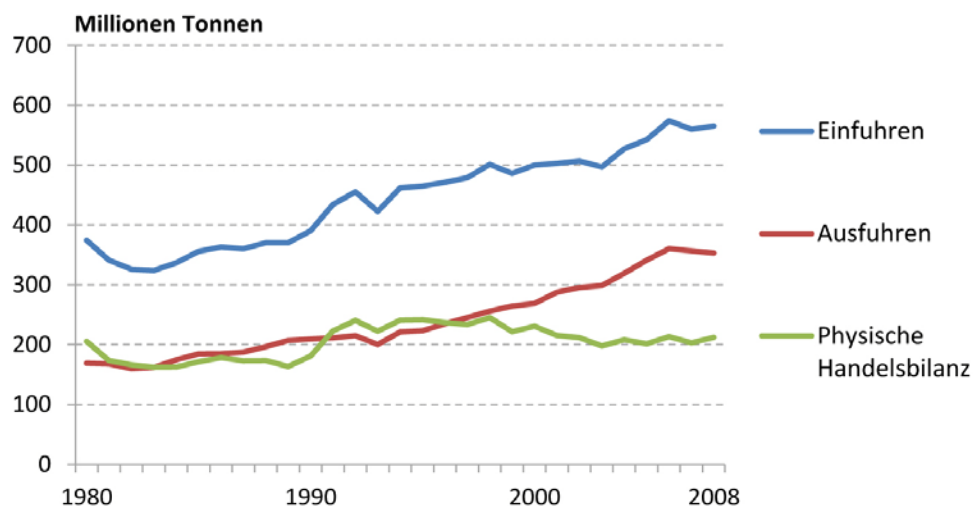


Quelle: Dittrich, 2011, basierend auf UNComtrade

Materialien aller stofflichen Gruppen wurden zunehmend exportiert, wenn auch die Exporte von fossilen Energieträgern und von den anderen Produkten überdurchschnittlich, hingegen die Exporte von Mineralien unterdurchschnittlich anstiegen. Der Anteil der ausgeführten Biomasse an den Gesamtexporten lag zwischen 1991 und 2008 zwischen 25% und 28,5%.

Im weltweiten Vergleich war Deutschland 2008 der neuntgrößte Exporteur von Materialien. Dies ist vor allem auf den vergleichsweise hohen Umfang von ausgeführten Mineralien (insbesondere Baustoffe) zurückzuführen, die Deutschland unter anderem in Nachbarstaaten wie die Niederlande oder die Schweiz geliefert hat.

Abb. 6: Einfuhren, Ausfuhren und Physische Handelsbilanz von Deutschland im Überblick, 1980 – 2008



Quelle: Dittrich, 2011, basierend auf UNComtrade; vor 1990 sind die Ein- und Ausfuhren von BRD und DDR zusammen dargestellt.

In der Bilanz war Deutschland im Jahr 2008 ein Nettoimporteur von Materialien im Umfang von rund 212 Millionen Tonnen (Materialien aller stofflichen Gruppen wurden zunehmend exportiert, wenn auch die Exporte von fossilen Energieträgern und von den anderen Produkten überdurchschnittlich, hingegen die Exporte von Mineralien unterdurchschnittlich anstiegen).

Der Anteil der ausgeführten Biomasse an den Gesamtexporten lag zwischen 1991 und 2008 zwischen 25% und 28,5%.

Im weltweiten Vergleich war Deutschland 2008 der neuntgrößte Exporteur von Materialien. Dies ist vor allem auf den vergleichsweise hohen Umfang von ausgeführten Mineralien (insbesondere Baustoffe) zurückzuführen, die Deutschland unter anderem in Nachbarstaaten wie die Niederlande oder die Schweiz geliefert hat.

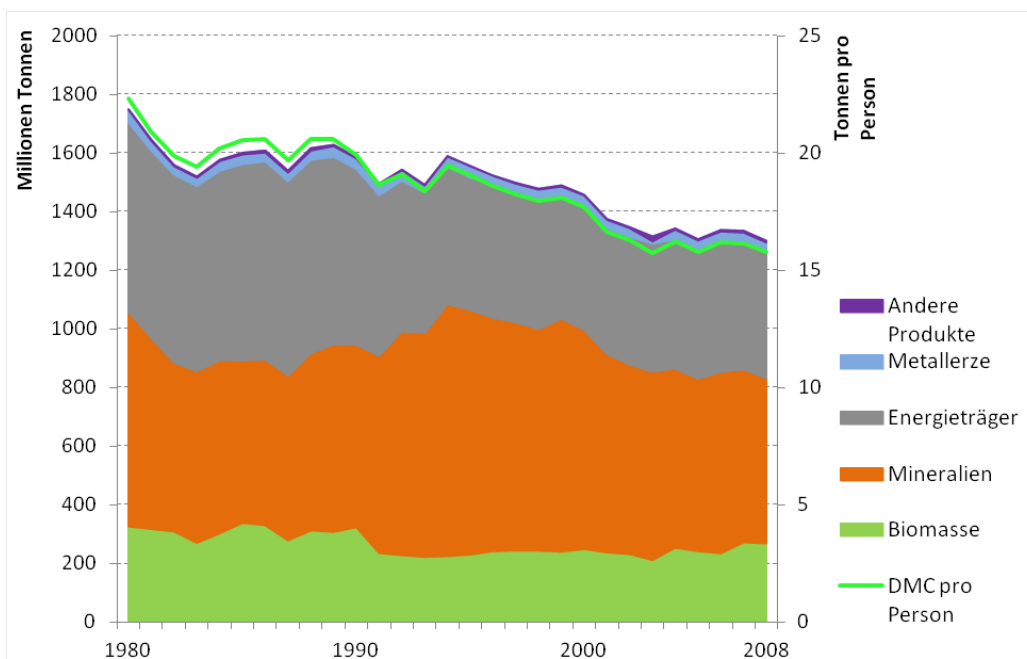
Abb. 6). Nach der Wiedervereinigung war die Physische Handelsbilanz Deutschlands leicht rückläufig (-5 % seit 1991). 2008 war Deutschland im weltweiten Vergleich nach Japan, China, den USA und Südkorea der fünftgrößte Nettoimporteur von Materialien.

4.3 Inländischer Materialverbrauch (DMC)

Der direkte inländische Materialverbrauch (Domestic Material Consumption, DMC) errechnet sich aus den Extraktionen plus den Einfuhren abzüglich der Ausfuhren. Zwischen 1980 und 2008 sank der DMC um 453 Millionen Tonnen auf 1.294 Millionen Tonnen in 2008, was einem Rückgang von 27 % entspricht (Abb. 7). Der Pro-Kopf-DMC sank im gleichen Zeitraum von 22,3 Tonnen auf 15,8 Tonnen (-29 %). Den größten Anteil am DMC hatte 2008 die Gruppe der Mineralien (43 %), gefolgt von jener der Energieträger (33 %). Der Anteil der Biomasse am DMC lag im selben Jahr bei 21 %.

Im weltweiten Vergleich verzeichnete Deutschland in 2008 den achtgrößten absoluten direkten inländischen Materialverbrauch. Bezogen auf den Materialverbrauch pro Person belegte Deutschland im globalen Ranking im selben Jahr den 47. Platz.

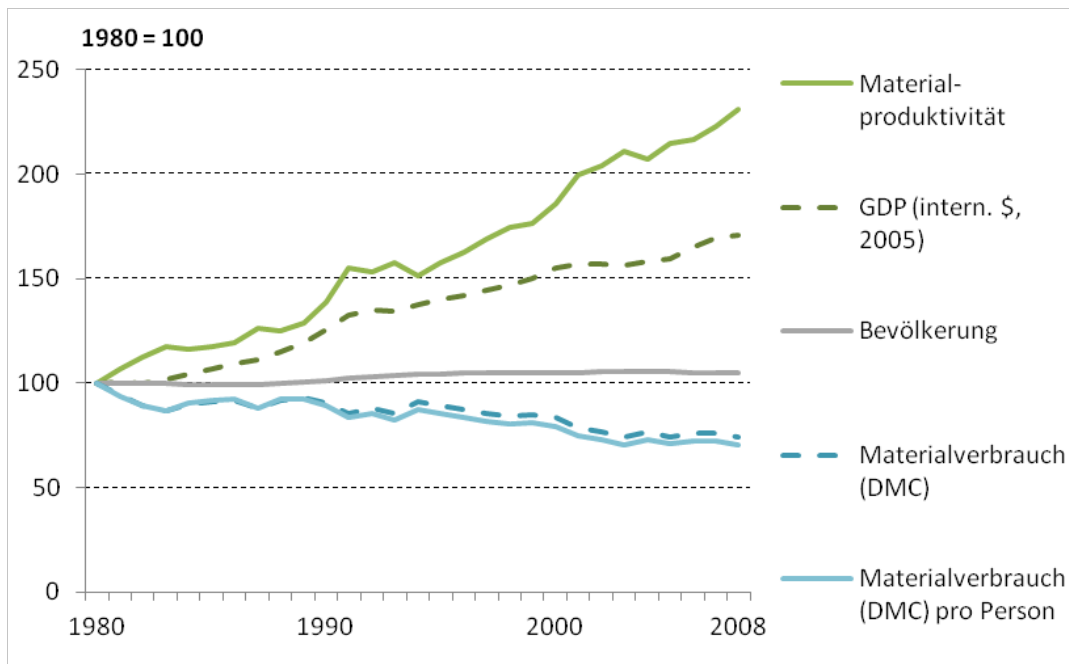
Abb. 7: DMC in Deutschland, absolut und pro Person, 1980 – 2008



Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, Weltbank, 2011b

Zwischen 1980 und 2008 kann eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums und des Materialverbrauchs in Deutschland festgestellt werden (Abb. 8). Die Materialproduktivität bezogen auf den DMC (GDP¹ pro DMC) stieg um 131%, was einem durchschnittlichen jährlichen Anstieg von 4,7 % entspricht. Damit liegt Deutschland deutlich über dem durchschnittlichen globalen Anstieg der Materialproduktivität von 38 % in den 28 Jahren, was einem durchschnittlichen jährlichen Anstieg von 1,3 % entspricht.

Abb. 8: Veränderungen von DMC, GDP, Bevölkerung und resultierende Produktivität des DMC (als GDP pro DMC) von Deutschland, 1980 – 2008



Quellen: Dittrich, 2011, SERI, 2011, Weltbank, 2011b

4.4 Gesamter Materialinput (TMR)

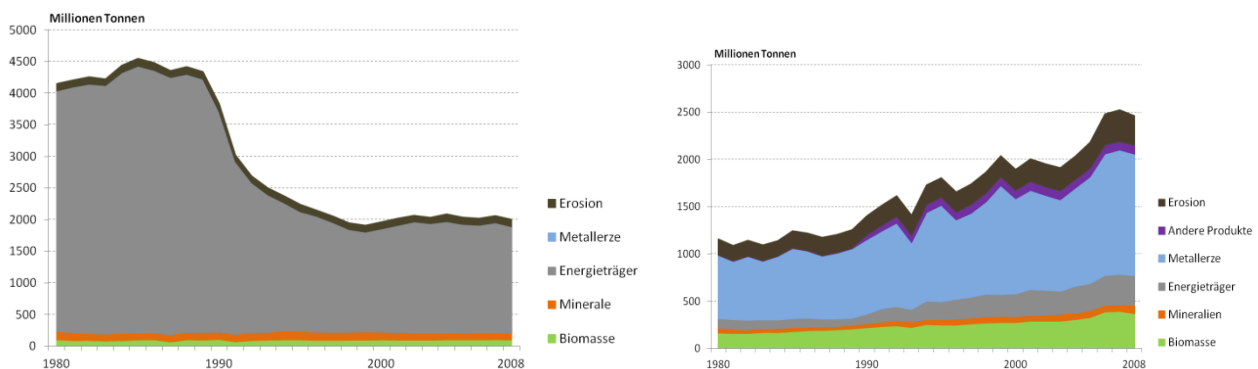
Der Indikator Total Material Requirement (TMR) setzt sich aus den genutzten und ungenutzten Entnahmen sowie den direkten Importen und den indirekten Materialflüssen der Importe zusammen. Im Folgenden werden zunächst die ungenutzten Entnahmen und indirekten Materialflüsse der Importe und dann der TMR von Deutschland dargestellt.

Die ungenutzten Entnahmen in Deutschland wurden weitgehend durch die Extraktion der Energieträger bestimmt, und zwar im Wesentlichen durch die Entnahme von Braunkohle, die allein 2008 für rund 86 % der nicht genutzten Entnahmen verantwortlich war (Abb. 9). Insgesamt gingen die nicht verwerteten Materialentnahmen in Deutschland zwischen 1980 und 2008 insbesondere aufgrund der rückläufigen Entnahmen von Braunkohle um 52 % zurück (von 4,1 Milliarden Tonnen auf 2,0 Milliarden Tonnen).

¹ Zur besseren Vergleichbarkeit und Einordnung der deutschen Kennzahlen mit den bzw. in die Ergebnisse im folgenden Kapitel 5 ist bereits hier nicht das GDP, sondern das GDP in konstanten, internationalen Dollar gewählt.

Die indirekten Materialflüsse der Importe und Exporte konnten für die Zeit vor der Wiedervereinigung nur für die BRD, nicht aber für die DDR erhoben werden, da die Daten der DDR zu lückenhaft und undifferenziert vorlagen. Im Gegensatz zu den direkten Importen dominierten die importierten Metalle die indirekten Materialflüsse. Es sei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die indirekten Materialflüsse der importierten Metalle verschiedene Stoffgruppen, darunter insbesondere auch Energieträger, beinhalten und daher nicht nur metallische Minerale umfassen (siehe auch Kap. 6, Forschungsbedarf). Insgesamt waren die Importe zwischen 1980 und 2008 mit zunehmenden indirekten Materialflüssen verknüpft: von 1,16 Milliarden Tonnen in 1980 (BRD) auf 2,46 Milliarden Tonnen in 2008 (Deutschland, +112%). Auch die durchschnittlichen indirekten Materialflüsse pro Tonne Import stiegen, von rund 3,1 Tonnen 1980 auf 4,3 Tonnen 2008.

Abb. 9: Ungenutzte Entnahmen in Deutschland (links) und indirekte Materialflüsse der Importe (rechts)

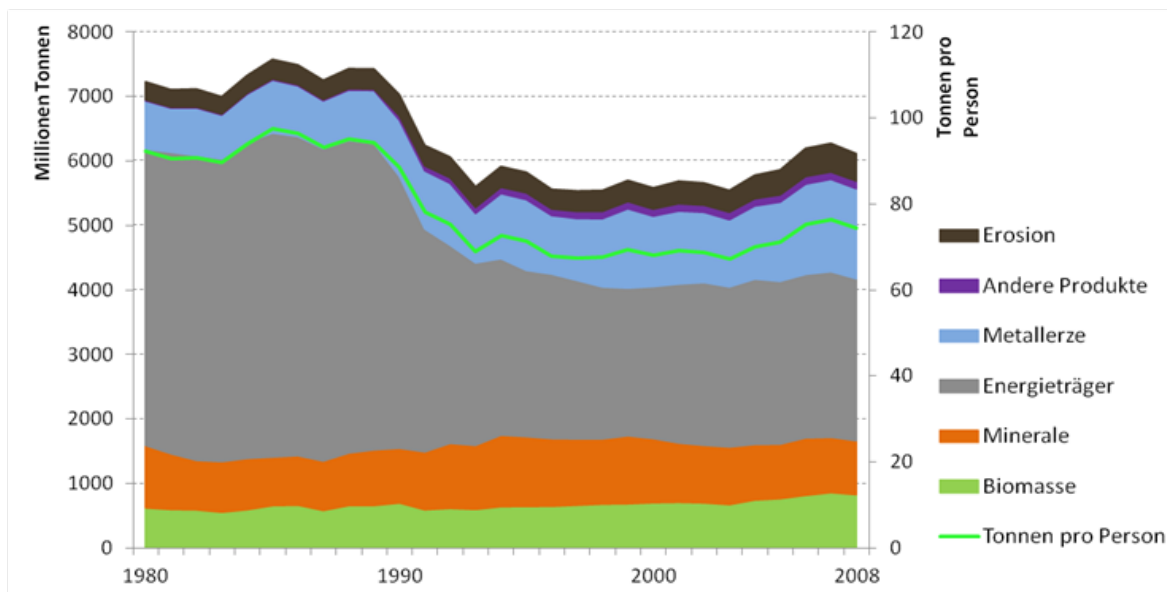


Quellen: Entnahmen: SERI, 2011, Handel: Dittrich, 2011.

Der TMR von Deutschland ging zwischen 1980 und 2008 um 15 % auf rund 6.117 Millionen Tonnen zurück (Abb. 10). Der TMR wurde im Wesentlichen von den fossilen Energieträgern bestimmt, die über die untersuchten Jahre eine stark rückläufige Tendenz zeigten (-45 %). Den zweitgrößten Anteil am TMR hatten nach Mitte der 1990er Jahre die Metalle, vor allem aufgrund der zunehmenden indirekten Materialflüsse der importierten Metalle. Im weltweiten Vergleich hatte Deutschland im Jahr 1980 den zweitgrößten TMR nach den USA und 2008 den fünftgrößten TMR nach China, den USA, Australien und Indien.

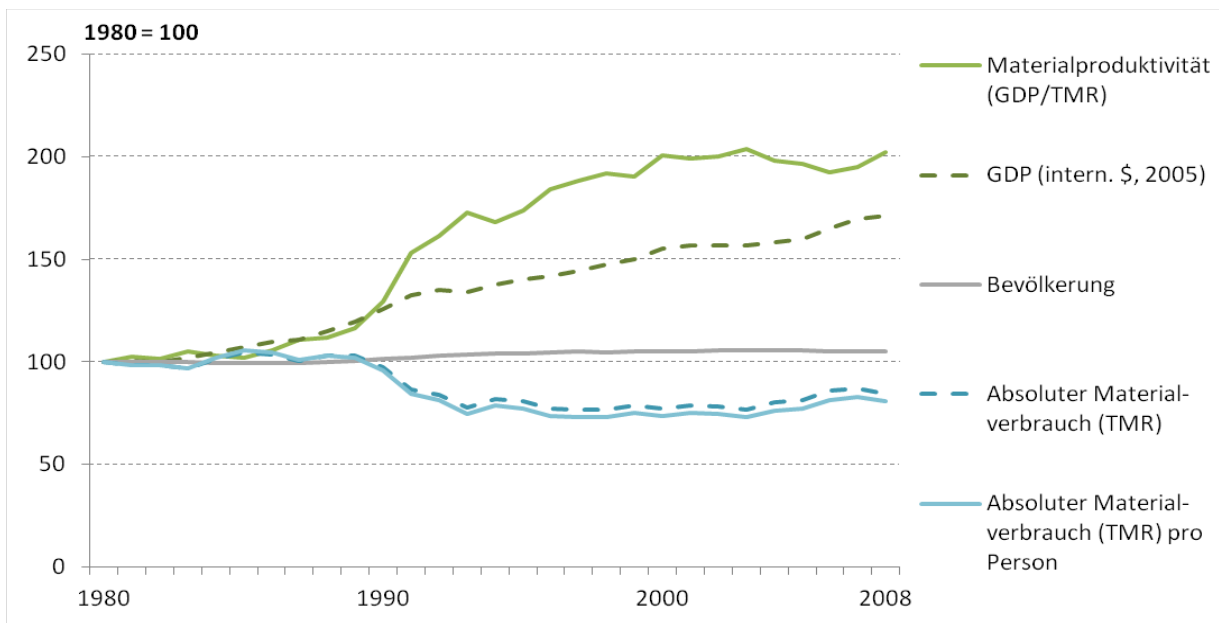
Der TMR pro Person war ebenso wie der absolute TMR rückläufig. Er betrug 1980 92,3 Tonnen und ging um rund 19 % auf 74,5 Tonnen im Jahr 2008 zurück. Der Rückgang des TMR bei gleichzeitigem Anstieg des Einkommens führte zu einer Verdopplung der Materialproduktivität bezogen auf den TMR (erwirtschaftetes GDP pro TMR) zwischen 1980 und 2008 (Abb. 11). Die wesentlichen Anstiege der Materialproduktivität traten dabei kurz nach der Wiedervereinigung Anfang der 1990er Jahre auf. Während der 1980er Jahre und nach 1995 stagnierte hingegen die Materialproduktivität bezogen auf den TMR.

Abb. 10: TMR von Deutschland, absolut und pro Person, 1980-2008



Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, Weltbank, 2011b

Abb. 11: Entwicklung von TMR, Bevölkerung, GDP, und Produktivität des TMR, 1980 - 2008



Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, Weltbank, 2011b

4.5 Gesamter Materialkonsum (TMC)

Der Total Material Consumption Indikator (TMC) für Deutschland kann aus dem TMR abzüglich der direkten Exporte und der indirekten Materialflüsse der Exporte berechnet werden.

Die mit den Ausfuhren verbundenen indirekten Materialflüsse stiegen in den Jahren zwischen 1980 und 2008 um 126 % auf insgesamt rund 1,7 Milliarden Tonnen an (Abb. 12). Wie bei den Einfuhren dominieren auch bei den Ausfuhren die mit den Metallen verbundenen Materialflüsse. Im Gegensatz zu den Einfuhren sanken jedoch bei den Ausfuhren die

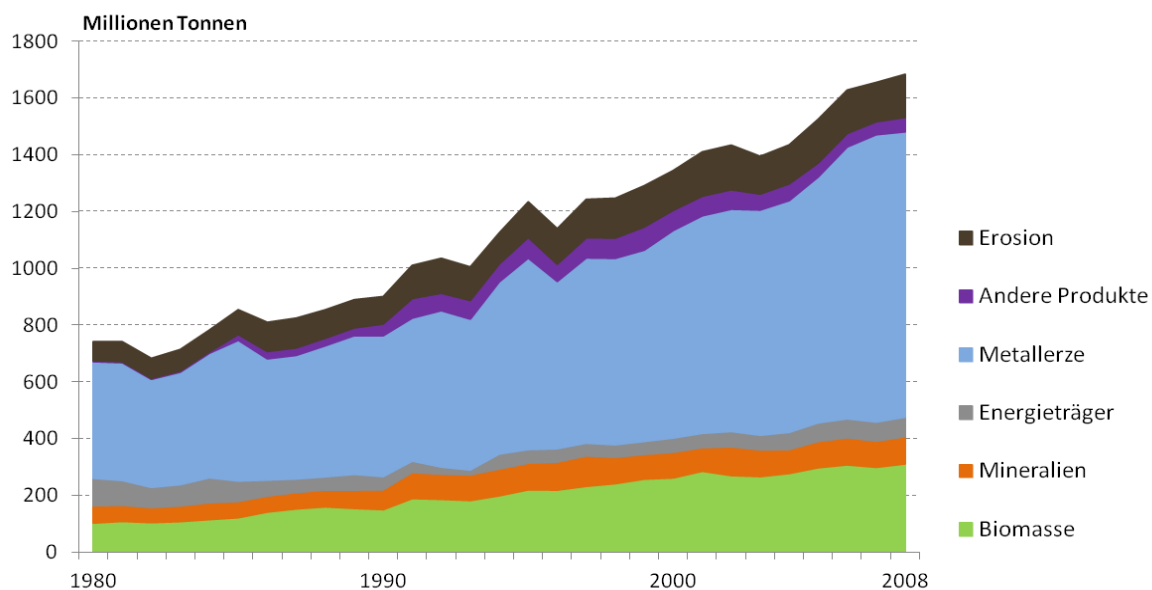
durchschnittlichen indirekten Materialflüsse pro Tonne Export, von 4,4 Tonnen 1980 auf 3,2 Tonne im Jahr 2008. Dies ist vor allem auf die Veränderungen der Exportstruktur zurückzuführen; so sanken die Exporte von verschiedenen Gütern, die mit vergleichsweise höheren indirekten Materialflüssen verbunden waren, darunter Braun- und Steinkohle sowie Zink, und der Export von einigen materialintensiven Exportgütern (u.a. Eisen und Stahl) stieg nur unterdurchschnittlich im Vergleich zu vielen weniger materialintensiven Exportgütern. Es kann davon ausgegangen werden, dass auch die materialeffizientere Produktion in Deutschland zu diesem Rückgang beigetragen hat, allerdings ist der diesbezügliche Anteil kaum eindeutig bestimmbar.

Der TMC von Deutschland ging von 6.310 Millionen Tonnen auf 4.061 Millionen Tonnen zwischen 1980 und 2008 zurück (-36%). Wie bereits beim TMR dominierten die fossilen Energieträger sowohl die stoffliche Struktur als auch die Dynamik des TMC (Resultierend aus dem starken Rückgang des TMC in Verbindung mit einer gestiegenen Wirtschaftsleistung ergibt sich ein deutlicher Anstieg der Materialproduktivität bezogen auf den TMC, um 166% zwischen 1980 und 2008 (Abb. 14).

Abb. 13). Doch anders als beim TMR spielten die Metalle nur eine untergeordnete Rolle im TMC.

Der TMC pro Person sank von 80,6 Tonnen im Jahr 1980 auf 49,5 Tonnen in 2008 (-39%).

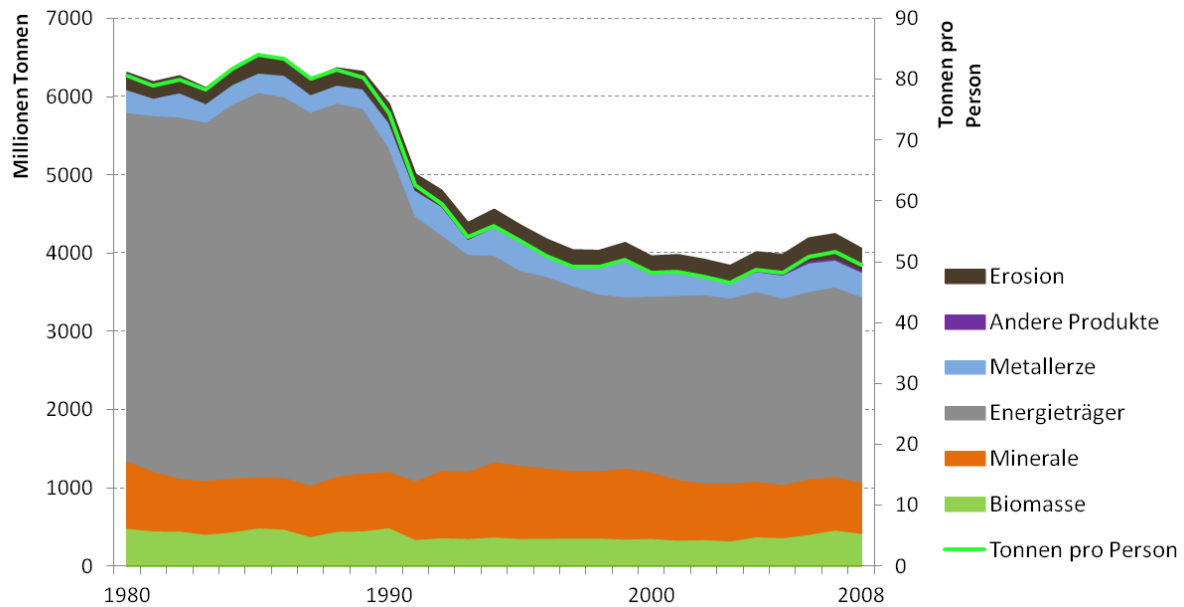
Abb. 12: Indirekte Materialflüsse der Exporte, 1980 – 2008



Quelle: Dittich, 2011.

Resultierend aus dem starken Rückgang des TMC in Verbindung mit einer gestiegenen Wirtschaftsleistung ergibt sich ein deutlicher Anstieg der Materialproduktivität bezogen auf den TMC, um 166% zwischen 1980 und 2008 (Abb. 14).

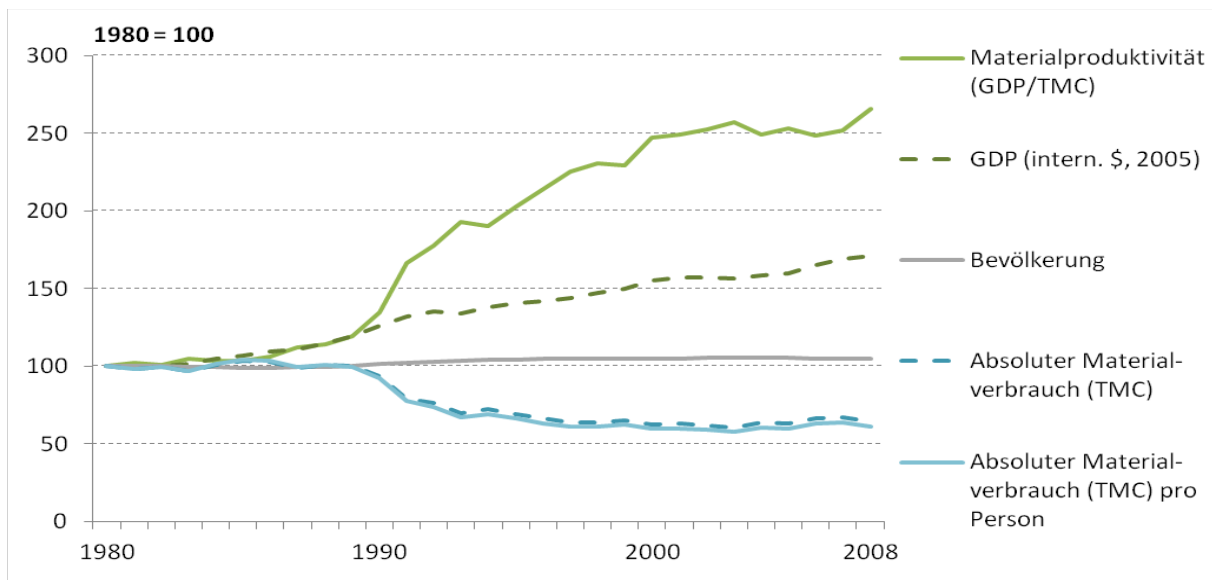
Abb. 13: TMC absolut und pro Person in Deutschland, 1980 – 2008



Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, Weltbank, 2011b

Insgesamt lässt sich somit eine absolute Entkopplung für Deutschland im untersuchten Zeitraum feststellen. Den größten Einfluss auf diese Entwicklung hatte der starke Rückgang des heimischen Braunkohleabbaus nach der Wiedervereinigung, da Braunkohle etwa 95% der ungenutzten Materialentnahme Deutschlands ausmacht.

Abb. 14: Entwicklung von Bevölkerung, GDP, TMC und resultierender Materialproduktivität (GDP pro TMC) in Deutschland, 1980 – 2008



Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, Weltbank, 2011b

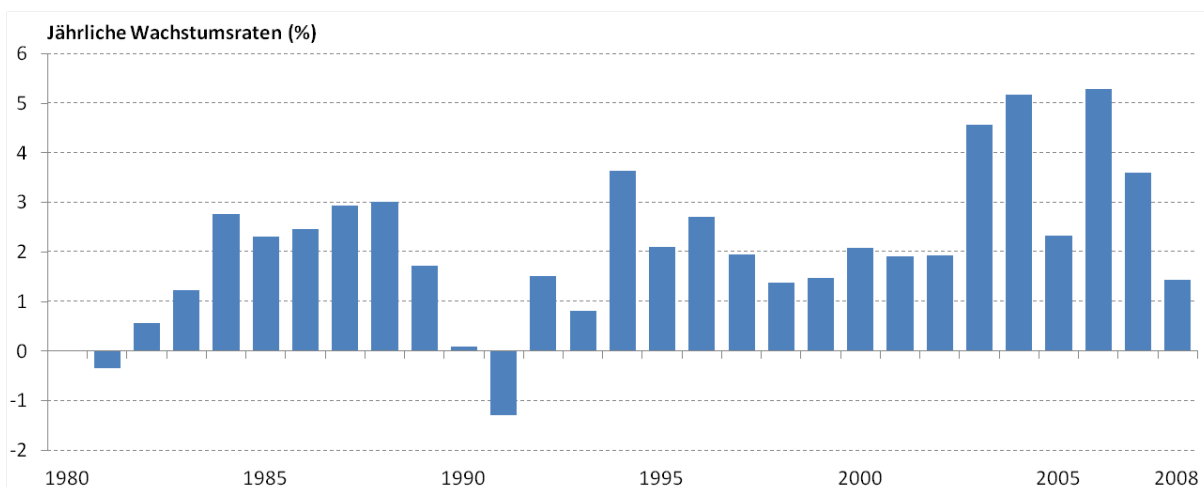
5 Globale Trends der Materialflüsse

Das zweite Arbeitspaket beinhaltet eine Übersicht über globale Materialflüsse zwischen 1980 und 2008. Es enthält raum-zeitliche Übersichten zu den genutzten Extraktionen, dem physischen (direkten) Handel, den Materialverbrauchen (DMC) und Materialproduktivitäten (GDP pro DMC). Neben der Beschreibung allgemeiner globaler Trends wird durchgehend in stofflicher und regionaler Hinsicht differenziert. Ferner werden die Dynamiken nach Einkommensgruppen und Wohlstandsniveau (HDI), Ressourcenausstattung, Bevölkerungsdichte und Wirtschaftsstruktur betrachtet, wobei aufgrund des begrenzten Umfangs der Studie der Fokus darauf gelegt wird, ausschließlich aussagekräftige Ergebnisse darzustellen.

5.1 Extraktion

Zwischen 1980 und 2008 stiegen die genutzten Materialextraktionen weltweit von rd. 37,97 Milliarden Tonnen auf 68,12 Milliarden Tonnen an (+79%). In den insgesamt 28 untersuchten Jahren sanken die Extraktionen nur in zwei Jahren: 1981 als Konsequenz der zweiten Ölkrise und 1991 im Zuge des Zusammenbruchs der Sowjetunion (Abb. 15). Die jährlichen Wachstumsraten lagen zwischen 1980 und 2002 bei durchschnittlich 1,7%, und zwischen 2003 und 2008 bei durchschnittlich 3,7%. Der beschleunigte Anstieg seit 2003 ist vor allem auf die hohen Zuwachsraten in China zurückzuführen.

Abb. 15: Jährliche Wachstumsraten der weltweiten Extraktionen, 1980 – 2008



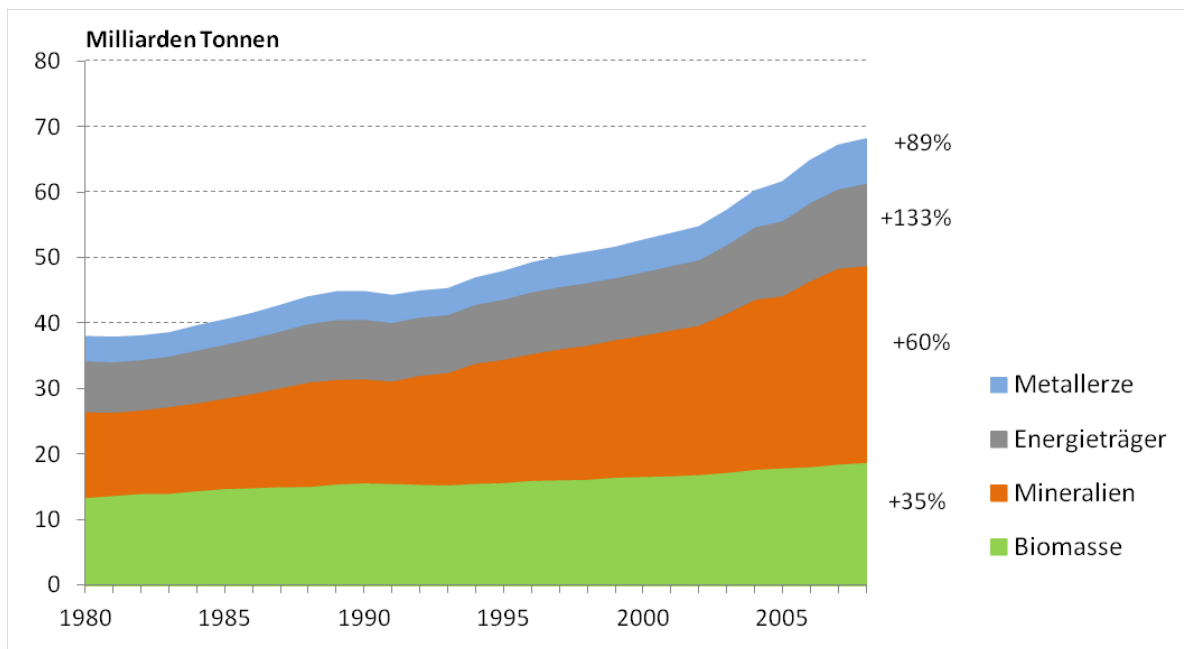
Quelle: SERI, 2011

Untersucht man die Extraktionen hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung, so lässt sich feststellen, dass die Extraktionen in allen Materialgruppen, also sowohl von Biomasse als auch von Mineralien, Metallen und fossilen Energieträgern weltweit seit 1980 zugenommen haben (Abb. 16). Dabei sind die Extraktionen von Biomasse und fossilen Energieträgern unterdurchschnittlich (+35 % und +60 %) und die Extraktionen von Metallen und Mineralien überdurchschnittlich anstiegen (+89 % und +133 %). Folglich ist der Anteil nicht-erneuerbarer Materialien an den Extraktionen gestiegen, von 64,5 % im Jahr 1980 auf 72,4 % in 2008, während der Anteil der Biomasse entsprechend von 35,5 % auf 27,6 % zurückging.

Im Jahr 2008 dominierten die Mineralien mit einem Anteil von 44 % die globalen Gesamtextraktionen. Dabei wurden vorwiegend Sand und Kies (77 % der extrahierten

Mineralien) entnommen. Rund 19 % der globalen Extraktionen waren fossile Energieträger, vorwiegend Steinkohle (45 % der extrahierten fossilen Energieträger), Öl (28 %) und Gas (17 %). Etwa 10 % der globalen Entnahmen waren Metalle, vorwiegend Eisen (34 % der entnommenen Metalle), gefolgt von Kupfer (29 %) und Gold (8 %). Die Biomasseextraktionen setzten sich im Wesentlichen aus Viehfutter (47 % der globalen Biomasseentnahmen im Jahr 2008), pflanzlichen Nahrungsmitteln für Menschen (36 %), und forstlichen Entnahmen (12%) zusammen, die restlichen 5% entfallen auf Fischfang und andere Biomasse. Bei dieser Einteilung ist zu beachten, dass laut MFA Konvention in den Bereich des Viehfutters nur jene Kategorien aufgenommen werden, die ausschließlich für diesen Zweck genutzt werden. Pflanzen, die sowohl als Futter als auch direkt als menschliches Nahrungsmittel verwendet werden, werden der Kategorie „Food“ zugerechnet. Der Anteil des Futters an der gesamten Biomasse wird demnach unterschätzt.

Abb. 16: Globale Extraktionen nach Stoffgruppen, 1980 – 2008



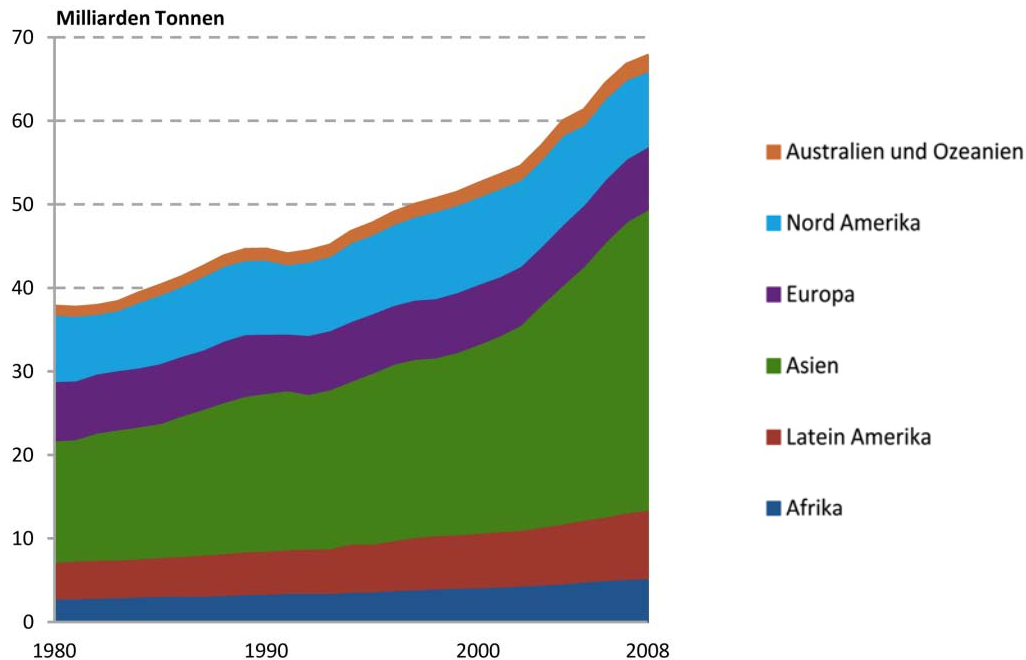
Quelle: Dittich et al., 2012a

In geographischer Hinsicht wurden zwischen 1980 und 2008 durchweg die meisten Materialien in Asien extrahiert (Abb. 17)². Im selben Zeitraum stiegen zudem die Extraktionen in Asien mit +147 % am meisten an, was mehr als das doppelte der globalen Zuwachsrate von +78 % darstellt. Die Extraktionen nahmen ferner auch in Lateinamerika, Afrika und Australien (einschl. Ozeanien) überdurchschnittlich zu (+88 %, +85 % und +85 %), während sie in Nordamerika und Europa nur geringfügig stiegen (+13 % und +6 %). Folglich stieg der Anteil der in Asien extrahierten Materialien an den weltweiten Extraktionen von 38 % in 1980 auf mehr als die Hälfte (53 %) in 2008, während der Anteil Europas im gleichen Zeitraum von 19 % auf 11 % sank.

² Die Zuordnung erfolgt gemäß der UNKlassifizierung (UNStatistics Division, 2012), mit der Ausnahme, dass auch Rußland zu Asien (und nicht zu Europa) gezählt wird.

Die Extraktionen pro Person in einzelnen Weltregionen variierten 2008 zwischen 5,7 Tonnen in Afrika und 53,3 Tonnen in Australien (einschl. Ozeanien). In Asien lagen sie im selben Jahr bei 8,7 Tonnen, in Europa bei 12,7 Tonnen, in Lateinamerika bei 14,3 und in Nordamerika bei 26,7 Tonnen. Seit 1980 sind die Pro-Kopf-Extraktionen in Asien am stärksten gestiegen (+64 %), gefolgt von Australien (einschl. Ozeanien, +20 %) und Lateinamerika (+18 %). In Europa, Afrika und Nordamerika sind sie hingegen gefallen (-1 %, -9 %, -15 %).

Abb. 17: Extraktionen nach Kontinenten, 1980 - 2008



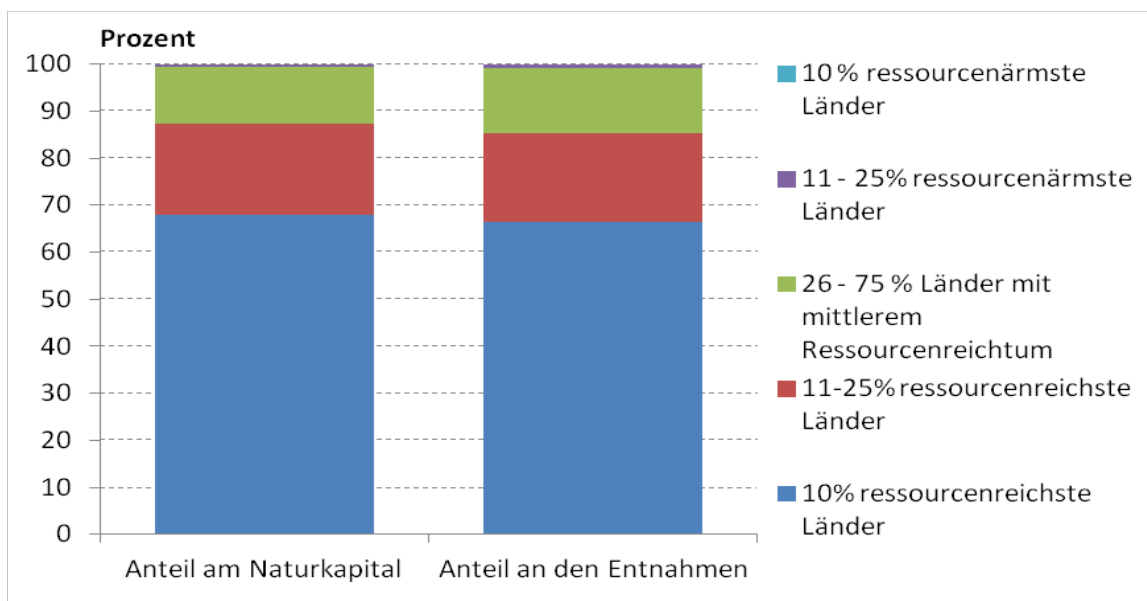
Quelle: Dittich et al., 2012a

Das Ausmaß der Extraktionen kann von verschiedenen Faktoren abhängen, an dieser Stelle soll v.a. der Zusammenhang mit der Ressourcenausstattung hervorgehoben werden. Es gibt nach Wissen der Autoren nur wenige Quantifizierungen der Ressourcenausstattung, die eine Vergleichbarkeit zwischen Ländern ermöglichen. Als gegenwärtig umfassendste Datenbasis können die Abschätzungen der Weltbank (2006 und 2011) angesehen werden. Die Abschätzungen sind in monetären Werten (US\$ in 2005) vorgenommen, wobei in die Berechnungen Agrar- und Weideland, genutzter und ungenutzter Wald, geschützte Flächen, Öl-, Gas-, Kohlevorkommen, Mineralien und andere Bodenschätze eingingen. Es liegen Abschätzungen für die drei Jahre 1995, 2000 und 2005 für jeweils 120 bis 146 Länder vor.

Analysiert man diese Abschätzungen, so stellt man fest, dass in Ländern mit einem hohen Naturkapital (ressourcenreiche Länder) im Allgemeinen mehr Materialien extrahiert werden als in Ländern mit einem geringem Naturkapital (ressourcenarme Länder). Die Korrelation zwischen absoluten Extraktionen und Naturkapital ist in den drei Jahren 1995, 2000, 2005, für die Abschätzungen zum Naturkapital von der Weltbank vorliegen, sehr hoch (Korrelationskoeffizient nach Spearman (r_s) liegt jeweils über 0,92).

Dieses Ergebnis überrascht in der Sache kaum, bemerkenswert ist aber die Übereinstimmung der jeweiligen Verteilung: so verfügten im Jahr 2005 die 15 ressourcenreichsten Länder³ (das sind die 10 % ressourcenreichsten Länder) über 68 % des weltweiten Naturkapitals und extrahierten 67 % aller extrahierten Materialien (Abb. 18). Die 16 - 37 ressourcenreichsten Länder (11 – 25 % ressourcenreichsten Länder) verfügten über 19 % des globalen Naturkapitals und entnahmen ebenso 19 % der globalen Extraktionen. Auf der anderen Seite verfügten die 15 ressourcenärmsten Länder (10% ressourcenärmsten Länder) über 0,03 % des globalen Naturkapitals und extrahieren 0,12 % aller global extrahierten Materialien, und die 16 – 37 (11-25 %)ressourcenärmsten Länder verfügen über 0,6 % des globalen Naturkapitals und extrahieren 0,8 % aller globalen Extraktionen.

Abb. 18: Ländergruppen nach ihrem Anteil am globalen Naturkapital und an den globalen Extraktionen, 2005



Quellen: SERI, 2011; Weltbank, 2011a

5.2 Der globale Handel in physischen Einheiten

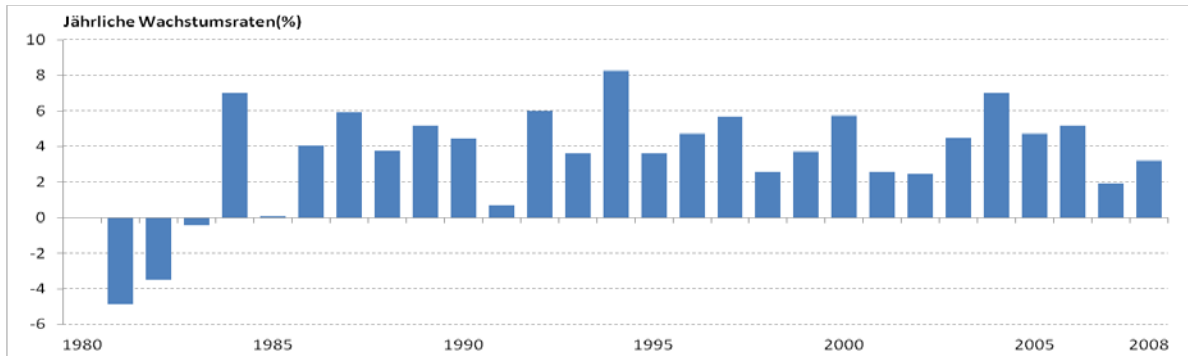
Zwischen 1980 und 2008 wuchs das physische Volumen des internationalen Handels, gemessen an den Importen, um rund 158 %, von 3,97 Milliarden Tonnen auf 10,26 Milliarden Tonnen. In Folge der zweiten Ölkrise sank das Handelsvolumen zwischen 1980 und 1983 und verzeichnete seitdem kontinuierlich positive Wachstumsraten von durchschnittlich 2,44% (Abb. 19).

Der Welthandel wird in physischer Hinsicht von fossilen Brennstoffen dominiert. Zwischen 1980 und 2008 stieg das Handelsvolumen mit fossilen Brennstoffen aber nur unterdurchschnittlich an (+130 %), was zur Folge hatte, dass der Anteil dieser Rohstoffgruppe am globalen Handelsvolumen von 55,9 % (1980) auf 50,1 % (2008) sank (siehe Abb. 20). Das vorrangige Handelsgut ist Öl, das 2008 58% der gehandelten fossilen Brennstoffe ausmachte, gefolgt von Kohle (2008: 19%) und Erdgas (2008: 15%).

³ China, Russland, USA, Indien, Brasilien, Saudi Arabien, Iran, Kanada, Indonesien, Nigeria, Australien, Venezuela, Mexiko, UAE und Kuwait

Metalle, einschließlich solcher Güter, die vorwiegend aus Metallen bestehen, wurden im Jahr 2008 in einem Umfang von 2,05 Milliarden Tonnen global gehandelt (1980: 647 Mio. Tonnen, +217 %). Diese Gruppe stellt mit 20 % den zweitgrößten Anteil am physischen Handelsvolumen im Jahr 2008 (1980: 16 %). Innerhalb der Gruppe dominieren Eisenerze und Konzentrate sowie Stahl (2008: 68 %), gefolgt von Produkten, die vorwiegend aus Metallen bestehen (20 %).

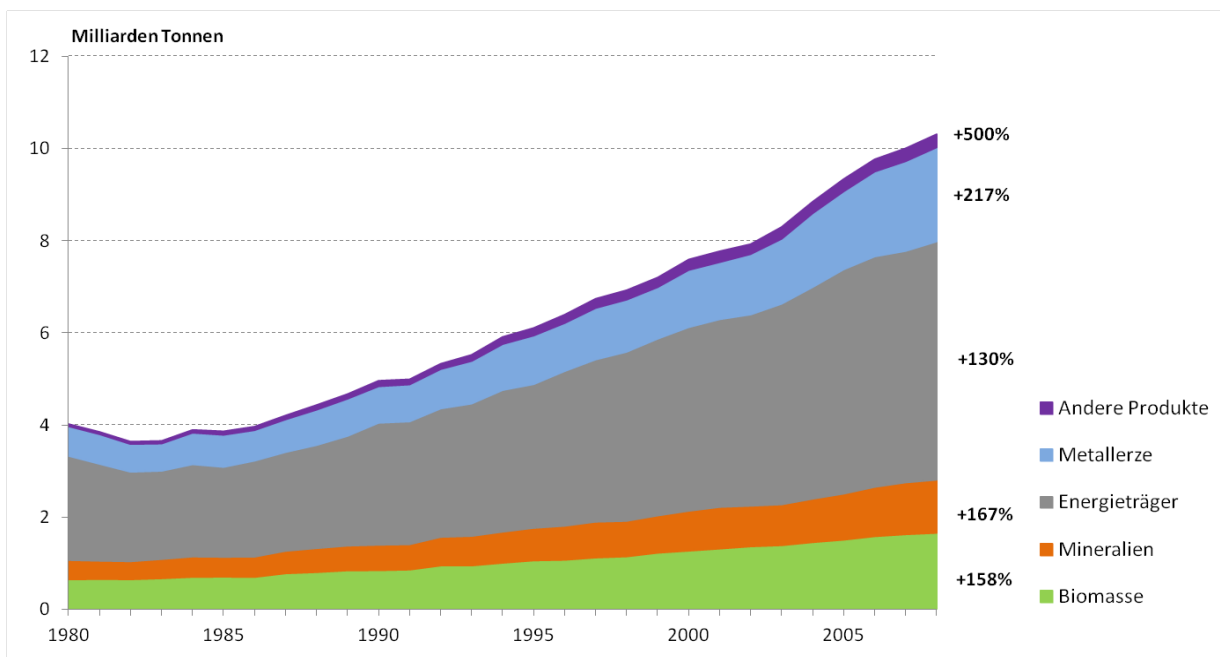
Abb. 19: Jährliche Wachstumsraten des physischen Handelsvolumens, 1980 – 2008



Quelle: Dittrich, 2011

2008 wurden 1,66 Milliarden Tonnen Biomasse, einschließlich solcher Produkte, die vorwiegend aus Biomasse bestehen wie bspw. Papier, gehandelt (1980: 641 Mio. Tonnen; +158 %). Der Anteil der gehandelten Biomasse am physischen Handelsvolumen blieb mit rund 16 % über die untersuchten 28 Jahre relativ konstant. Innerhalb der gehandelten Biomasse dominierten durchweg die Nahrungsmittel pflanzlichen Ursprungs (insbesondere Getreide). Sie stellten 2008 etwa 43 % der gehandelten Biomasse, gefolgt von Produkten aus Biomasse (vor allem Papier; insgesamt 24 %) und Hölzern (17 %).

Abb. 20: Die stoffliche Zusammensetzung des Welthandels, 1980 – 2008

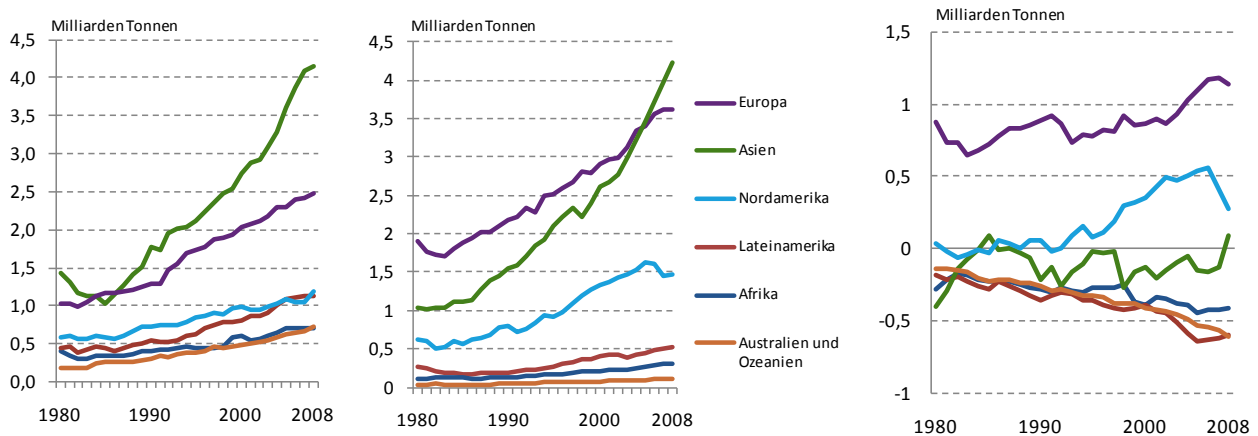


Quelle: Dittrich et al., 2012a

Nicht-metallische Minerale wurden 2008 in einem Umfang von 1,16 Milliarden Tonnen international gehandelt (1980: 436 Mio. Tonnen, +167 %). Dabei überwiegen Baumineralien (34 % der gehandelten nicht-metallischen Minerale im Jahr 2008), die überwiegend zwischen Nachbarländern wie Deutschland und den Niederlanden oder Indonesien und Singapur gehandelt werden.

Die Gruppe der sonstigen Güter beinhaltet vor allem verarbeitete Endprodukte aus verschiedenen Materialien, die nicht eindeutig einer der vier Stoffkategorien zugeordnet werden können, sowie stofflich nicht spezifizierte Güter wie „Antiquitäten“. Sie wurden im Jahr 2008 nur in einem Umfang von 285 Millionen Tonnen gehandelt (1980: 47 Millionen Tonnen). Ihr Anteil am physischen Handelsvolumen ist somit gering (2008: 2,8 %), wobei diese Gruppe mit +500 % die höchste Zuwachsrates zwischen 1980 und 2008 vorzuweisen hat.

Abb. 21: Physische Exporte (links) und Importe (Mitte) und Bilanzen der Länder (rechts) nach Kontinenten



Quelle: Dittrich, 2011a

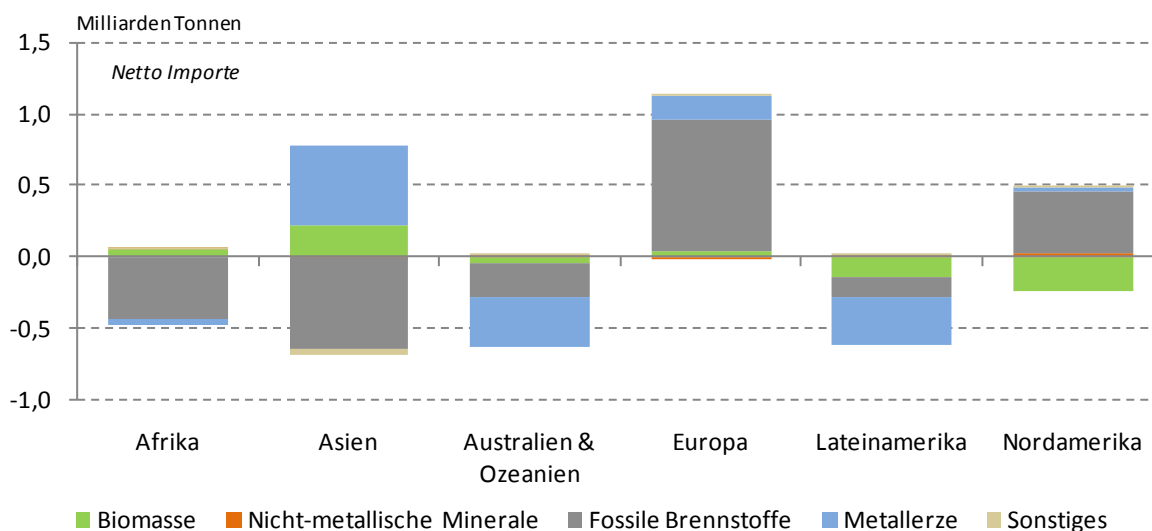
Wird der globale Handel nach Kontinenten untersucht⁴, wird deutlich, dass sowohl die Exporte als auch die Importe in allen Kontinenten zwischen 1980 und 2008 gestiegen sind, wenn auch mit unterschiedlichen Wachstumsraten (Abb. 21). Bezogen auf die Exporte lässt sich feststellen, dass in fast allen Jahren die asiatischen Länder zusammengekommen die meisten Materialien exportierten (2008: 40 % aller globalen Exporte), gefolgt von den europäischen Länder (2008: 24% aller globalen Exporte). Hierbei ist zu beachten, dass die Exporte der asiatischen Länder überwiegend für nicht-asiatische Länder bestimmt waren, europäische Länder hingegen vorwiegend in andere europäische Länder exportieren. Die europäischen Länder zusammengekommen dominierten bis 2004 die globalen Importe. Seit 2005 jedoch wurde Europa in dieser Rolle durch Asien abgelöst. Europa war in allen untersuchten Jahren der mit Abstand größte Nettoimporteur in physischer Hinsicht, während Lateinamerika, Australien (einschließlich Ozeanien) und Afrika zunehmend mehr Materialien netto exportierten. Nordamerika war bis in die erste Hälfte der 1980er Jahre ein Nettoexporteur von Materialien und nach 1990 der zweitgrößte Nettoimporteur in physischer Hinsicht. Trotz des großen

⁴ Die Zuordnung erfolgt gemäß der UNKlassifizierung (UNStatistics Division, 2012), mit der Ausnahme, dass Russland zu Asien (und nicht zu Europa) gezählt wird.

physischen Volumens von Im- und Exporten hat Asien in fast allen Jahren die ausgeglichenste physische Handelsbilanz.

In stofflicher Hinsicht wurden die physischen Handelsbilanzen der Kontinente vor allem durch die fossilen Brennstoffe, gefolgt von Metallen und Biomasse geprägt (Abb. 22). 2008 lieferte Afrika vor allem fossile Brennstoffe und Metalle, während es in Summe Biomasse importierte. Asien war der größte Importeur von Metallen und von Biomasse, während Asien in der Nettobetrachtung am meisten fossile Brennstoffe ausfuhrte. Australien und Ozeanien exportieren in Summe (mit Ausnahme von nicht-metallischen Mineralien und sonstigen Gütern) Materialien aller Stoffgruppen – im Gegensatz zu Europa, in das (mit Ausnahme der nicht-metallischen Mineralien) Biomasse, Metalle, fossile Energieträger und sonstige Güter geliefert wurde. Nordamerika war der größte Exporteur von Biomasse, gefolgt von Lateinamerika, das zudem auch der zweitgrößte Exporteur von Metallen ist.

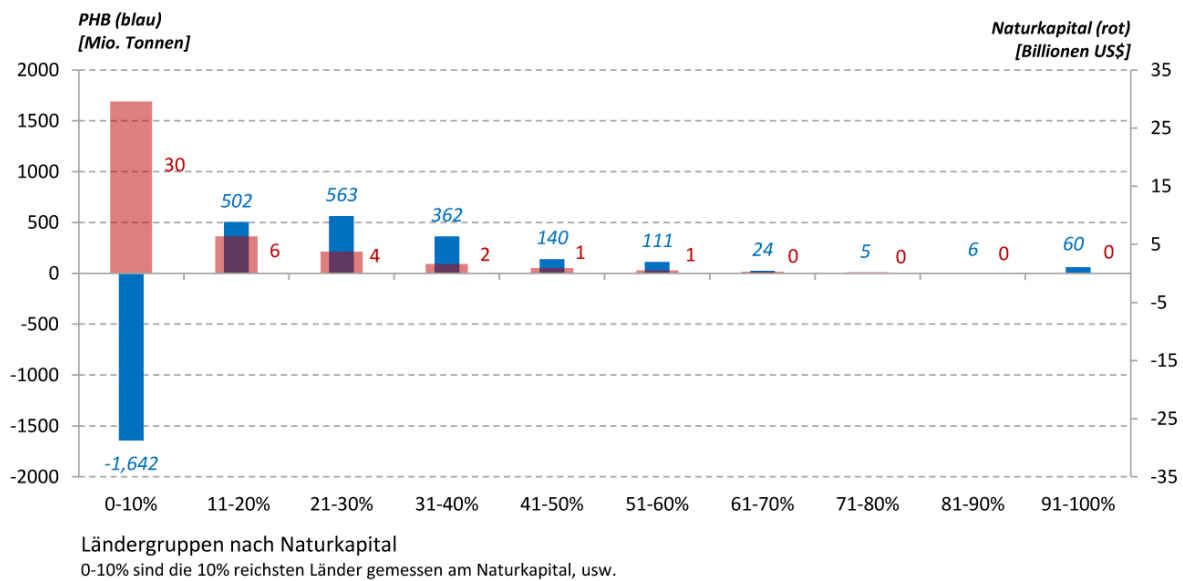
Abb. 22: Physische Handelsbilanzen der Kontinente nach Stoffgruppen, 2008



Quelle: Dittrich, 2011

Wie bei den Extraktionen werden auch hier die Berechnungen der Weltbank zum Naturkapital genutzt, um zu betrachten, wie sich Länder mit hohem bzw. niedrigem Naturkapital verhalten. Wie bereits bei den Extraktionen zeigt sich ein Zusammenhang, und zwar insbesondere zwischen dem Naturkapital der Länder und ihren physischen Exporten: je höher das Naturkapital desto höher ist auch der physische Export ($r_s=0,85$ in 2005). Vergleichbares, wenn auch etwas weniger deutlich, gilt auch für die Importe ($r_s=0,74$ in 2005) und für die resultierenden physischen Handelsbilanzen ($r_s=0,66$ in 2005), sofern man die großen Netto-Importeure China, USA und Japan, die ausnahmslos über ein relativ hohes Naturkapital verfügen, außer Acht lässt. Insgesamt lässt sich feststellen, dass in 2005 die rund fünfzehn ressourcenreichsten Länder (das sind die 10 % Länder mit dem höchsten Naturkapital), die über rund 68 % des globalen Naturkapitals verfügten, netto 1,64 Milliarden Tonnen Materialien exportierten – und zwar obwohl die USA, China und Indien in dieser Gruppe vertreten waren (Abb. 23). Gruppiert man die übrigen Länder jeweils in Dekantile entlang des Naturkapitals (11-20 % ressourcenreichsten Länder, etc.), so stellt man fest, dass alle weiteren Ländergruppen in Summe Materialien importieren.

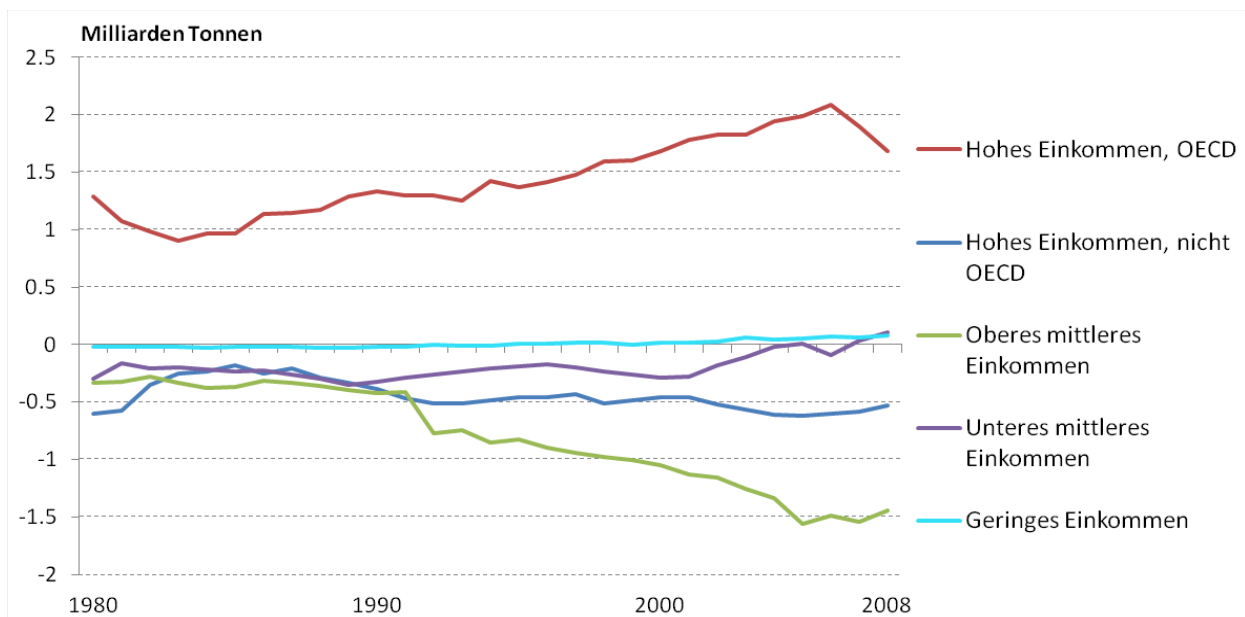
Abb. 23: Physische Handelsbilanzen und Naturkapital nach Ländergruppen (Dekantile), 2005



Quellen: Dittich, 2011, Weltbank, 2011a.

Die 10% Länder mit dem geringsten Naturkapital importieren insgesamt etwa 60 Millionen Tonnen. Untersucht man die physischen Handelsbilanzen nach den Einkommensgruppen der Länder, so wird deutlich, dass die OECD-Länder zusammen seit 1980 durchwegs Materialien importieren (Abb. 24). Nicht-OECD Länder mit einem hohen Einkommen sind hingegen Ressourcenexporteure, insbesondere aufgrund der erdölexportierenden Länder in dieser Gruppe. Die Länder mit einem hohen mittleren Einkommen exportieren insgesamt am meisten Materialien. Zu dieser Gruppe zählen unter anderem Rußland, Brasilien und Südafrika.

Abb. 24: Physische Handelsbilanzen nach Einkommensgruppen, 1980 – 2008

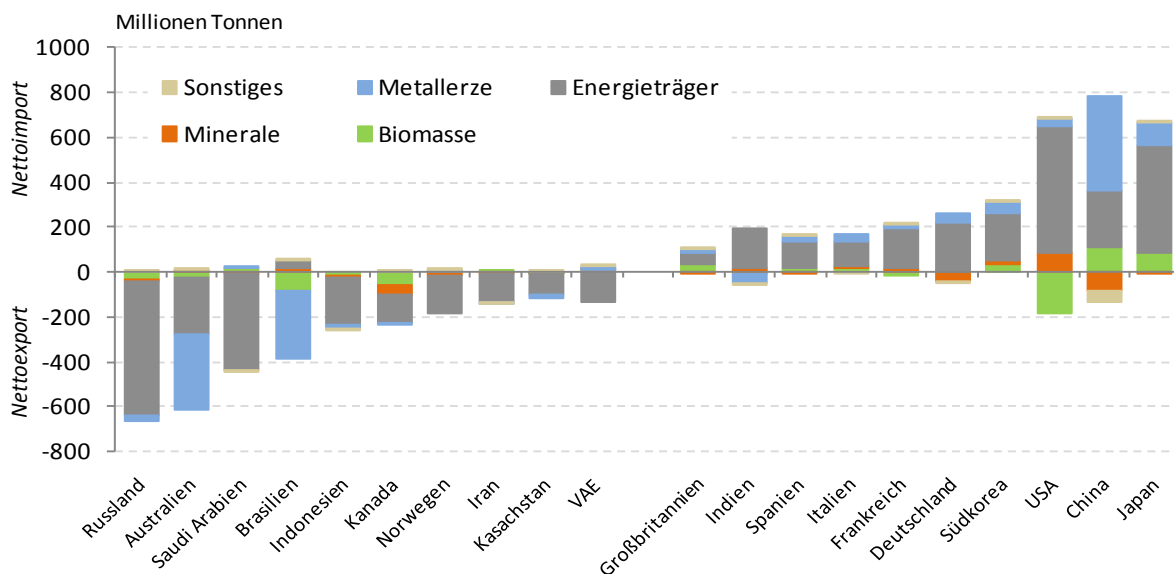


Quellen: Dittich, 2011; Einteilung der Länder nach Weltbank, 2011a.

Die Länder mit einem niedrigen mittleren Einkommen, die bis Anfang dieses Jahrhunderts durchwegs Materialien exportierten, sind inzwischen in Summe Importeure, vor allem aufgrund des Handels von China. Die Länder mit einem geringen Einkommen exportierten bis 1994 Materialien in einem geringen Umfang, wandelten sich aber seit dem zunehmende zu Importeuren. Dabei fallen vor allem die gestiegenen Biomasseimporte (Nahrungsmittel) ins Gewicht (siehe auch Dittrich, 2010).

Im Folgenden soll der internationale Handel auf der Ebene von Einzelländern betrachtet werden. Für die Zeit zwischen 1980 und 2008 ist in der überwiegenden Mehrheit der Länder ein Anstieg des physischen Handelsvolumens (gemessen in Exporten plus Importen) festzustellen. Das durchschnittliche Handelsvolumen pro Land verdoppelte sich dabei von 61 auf 121 Millionen Tonnen. Die wenigen Länder mit einem rückläufigen oder fluktuierenden physischen Handelsvolumen sind entweder Einzelfälle wie der Irak oder kleinere Inselstaaten, bei denen einzelne Importe überdurchschnittlich ins Gewicht fallen. Auffällig ist die Konzentration des physischen Handels auf wenige Länder: 2008 im- und exportierten die zehn Länder mit dem größten Handelsvolumen rund 95% aller gehandelten Materialien während rund 85 Länder weniger als 10 Millionen Tonnen im- und exportierten. Ferner zeigt sich deutlich eine Konstanz hinsichtlich der Richtung des Nettohandels der Länder, aber eine Zunahme in Bezug auf den Umfang der jeweiligen Ex- bzw. -importe.

Abb. 25: Physischen Handelsbilanzen der zehn größten Netto-Importeure und Exporteure nach Stoffgruppen, 2008



Quelle: Dittrich et al., 2012a

Nur wenige Länder (14%) änderten ihre physische Handelsbilanz von Ex- zu Importen bzw. umgekehrt, wobei festzustellen ist, dass zwischen 1980 und 2008 fast dreimal so viele Länder von netto Exporteuren zu -importeuren wurden als umgekehrt. Dieser Trend zeigt im Wesentlichen, dass zunehmend weniger Länder zunehmend mehr Ressourcen für zunehmend mehr Länder über den Welthandel bereitstellen (siehe auch Dittrich, 2009 und 2010).

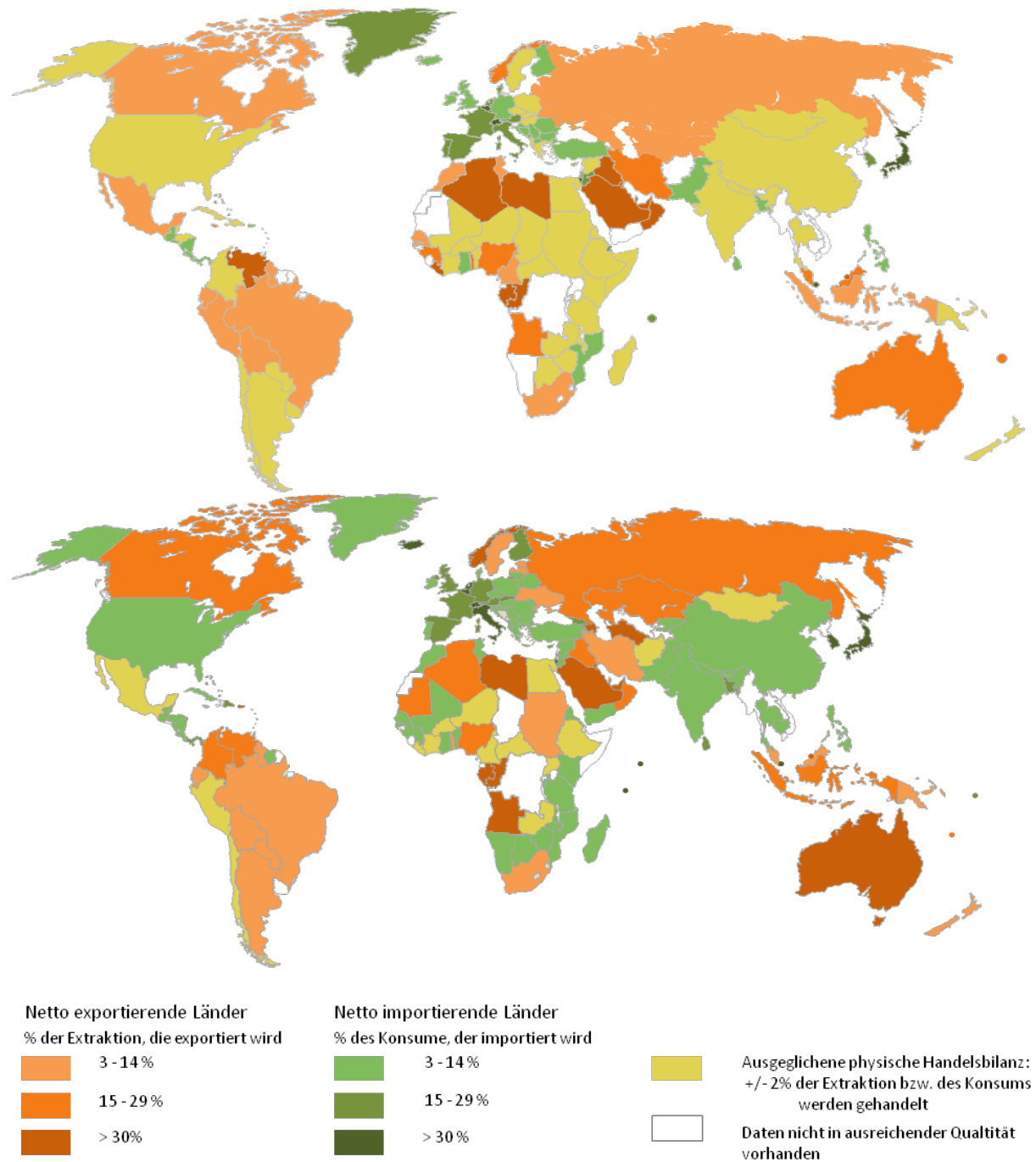
Im Jahr 2008 exportierte Russland in Summe am meisten Materialien, gefolgt von Australien und Saudi Arabien (siehe Abb. 25). Aufgrund der umfangreichen Kohle- und Gasexporte führte Russland insgesamt mehr fossile Energieträger aus als Saudi Arabien. Japan war das Land mit

den höchsten (netto) Importen, gefolgt von China, das hohe (netto) Exporte von Mineralien und verarbeiteten Gütern verzeichnete, und den USA, im globalen Vergleich gleichzeitig der größte (netto) Exporteur von Biomasse.

5.3 Importabhängigkeiten

Betrachtet man den physischen Handel in Relation zu den Extraktionen bzw. zu Materialkonsum, der sich aus Extraktion plus Nettohandel errechnet, so lässt sich eine Aussage hinsichtlich der Importabhängigkeiten der Länder treffen.

Abb. 26: Anteil des Nettohandels am Materialkonsum bzw. an den Extraktionen, 1980 (oben) und 2008 (unten)



Quelle: Dittich et al., 2012a

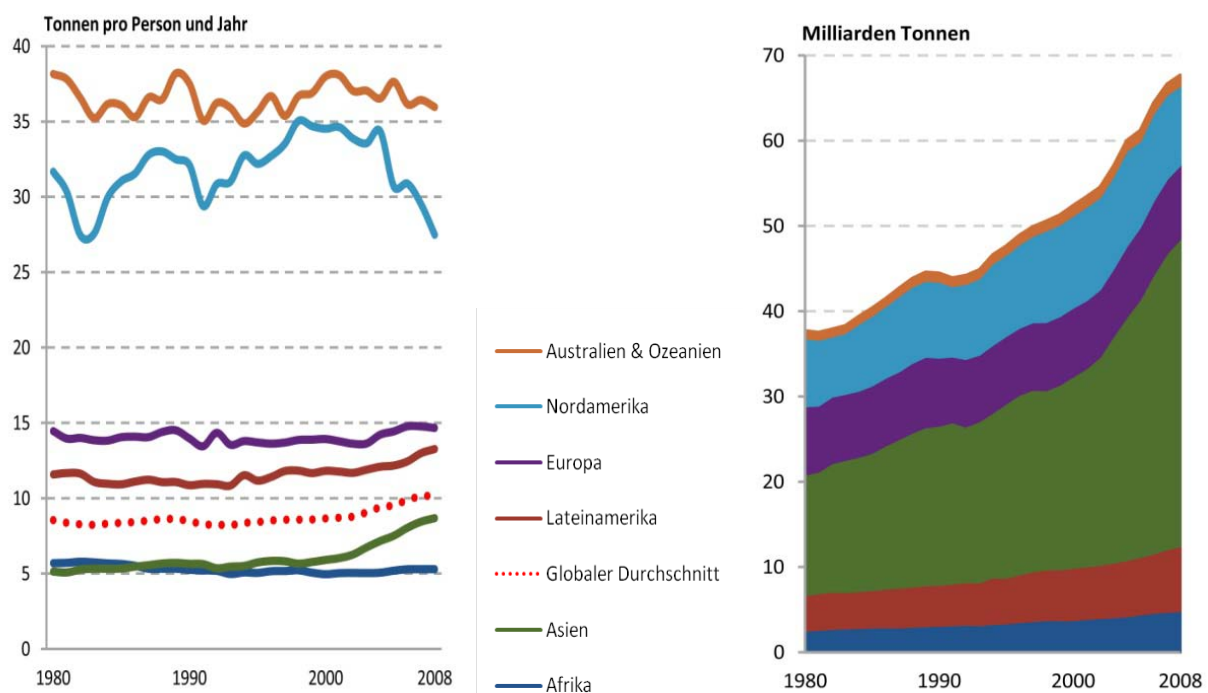
Auf der aggregierten Ebene der Handelsbilanzen zeigt sich, dass seit 1980 die Anzahl der Länder, die signifikante Anteile ihres Materialkonsums (3 % und mehr) aus dem Ausland bezogen, durchwegs höher lag als die Anzahl der Länder, die einen signifikanten Anteil (3 % und mehr) ihrer Extraktionen an andere Länder (netto) lieferten.

In den untersuchten 28 Jahren hat sich zudem das Verhältnis zwischen beiden Gruppen deutlich verändert: Während 1980 55 Länder einen signifikanten Anteil ihres Materialkonsums (netto) importierten und 39 einen entsprechenden Anteil der Extraktionen (netto) exportierten, liegt das Verhältnis im Jahr 2008 bei 110 zu 45 (Abb. 26). Das heißt, eine zunehmende Anzahl von Ländern konkurriert um die Materialien aus einer fast konstante Anzahl (netto) exportierender Länder. Die Abbildung 24 zeigt ferner, dass die Importabhängigkeit in europäischen und mittelamerikanischen Ländern durchwegs hoch war. Im Verlauf der untersuchten 28 Jahre ist sie insbesondere bei den bevölkerungsreichen Schwellenländer Asiens sowie afrikanischen Ländern gestiegen.

5.4 Der direkte Materialkonsum

Der weltweite Materialkonsum, der bei der globalen Betrachtung der weltweiten Extraktion entspricht, ist zwischen 1980 und 2008 um 79 % auf rund 67,8 Milliarden Tonnen gestiegen. Er wuchs überdurchschnittlich stark in Asien (+155 %), Afrika (+89 %) und Lateinamerika (+82 %), hingegen unterdurchschnittlich in Australien und Ozeanien (+46 %), Nordamerika (+16 %) und Europa (+9 %, Abb.27). Im Jahr 2008 wurden mehr als die Hälfte der globalen Materialeextraktionen (53 %) in Asien konsumiert, 14 % in Nordamerika, 13 % in Europa und 11 % in Lateinamerika. Afrika konsumierte nur rund 7 % aller extrahierten Materialien und Australien (einschließlich Ozeanien) nur 2 %.

Abb. 27: DMCabsolut (links) und pro Person (rechts) nach Kontinenten, 1980 - 2008

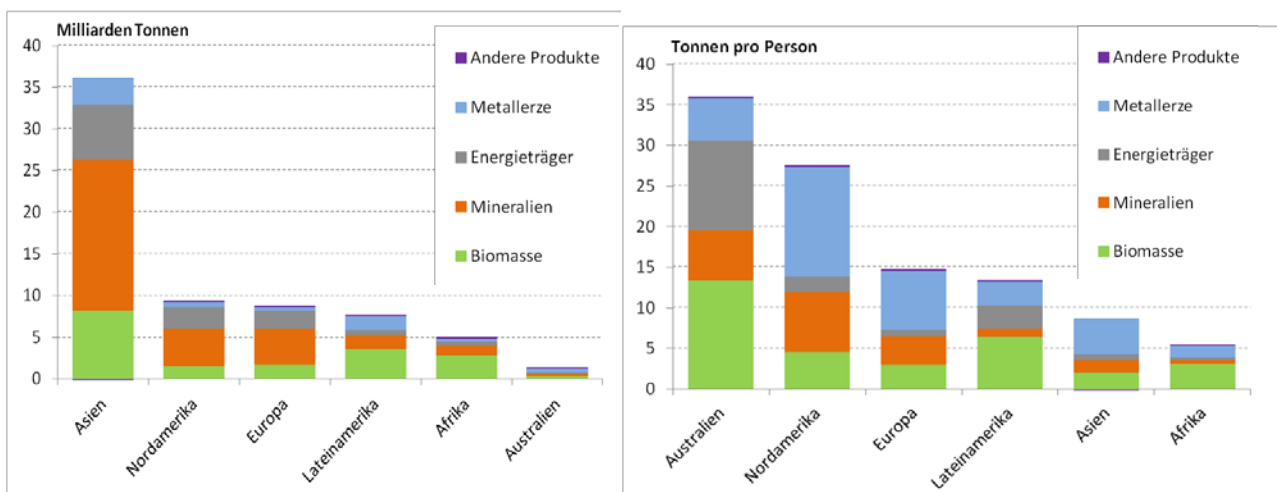


Quelle: Dittich et al., 2012a

Der Materialkonsum pro Person ist im globalen Mittel von 8,5 auf 10,2 Tonnen im analysierten Zeitraum gestiegen (+19 %). Den höchsten Materialkonsum pro Person verzeichneten Australien und Ozeanien mit 36 Tonnen im Jahr 2008, gefolgt von Nordamerika (27 Tonnen), Europa (15 Tonnen) und Lateinamerika (13 Tonnen). In Asien lag der durchschnittliche Materialkonsum bei 9 Tonnen und in Afrika bei 5 Tonnen im selben Jahr. Während zwischen 1980 und 2008 in Afrika, Australien und Nordamerika der durchschnittliche Konsum pro Person sank (um -7%, -6% und -13%), blieb er in Europa relativ konstant (+1%) und stieg in Lateinamerika und insbesondere Asien an (+15% bzw. +69%).

Wird der Materialkonsum hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung betrachtet, so zeigt sich, dass Asien in 2008 die größten Anteile der global extrahierten Biomasse, fossilen Energieträger, Metalle und Mineralien verbrauchte (Abb. 28, links). Betrachtet man hingegen den durchschnittlichen Konsum pro Person, so wird deutlich, dass in Australien (einschl. Ozeanien) der Konsum von Biomasse und Metallen und in Nordamerika der Verbrauch von fossilen Energieträgern und Mineralien am höchsten war (Abb. 28, rechts). Der Unterschied zwischen dem jeweils höchsten durchschnittlichen Pro-Kopf-Konsum und dem jeweils niedrigsten ist bemerkenswert: so sind die Unterschiede beim Biomassekonsum noch vergleichsweise gering, sie variieren um das siebenfache (zwischen Australien mit dem höchsten und Asien mit dem niedrigsten Wert). Der Unterschied ist beim Mineralienkonsum mit einem Faktor zehn bereits höher (zwischen Nordamerika und Afrika). Noch deutlicher ist der Unterschied beim Konsum von fossilen Brennstoffen (mit einem Faktor fünfzehn zwischen Nordamerika und Afrika) und am höchsten beim Verbrauch von Metallen mit einem Faktor 35 (zwischen Australien und Afrika). Hier muss allerdings noch einmal darauf hingewiesen werden, dass beim Indikator DMC die Materialaufwendungen bei der Extraktion und Konzentration gewonnener Metalle dem Extraktionsland (etwa Australien) zugerechnet werden.

Abb. 28: Materialkonsum absolut (links) und pro Person (rechts) der Kontinente nach Stoffgruppen, 2008



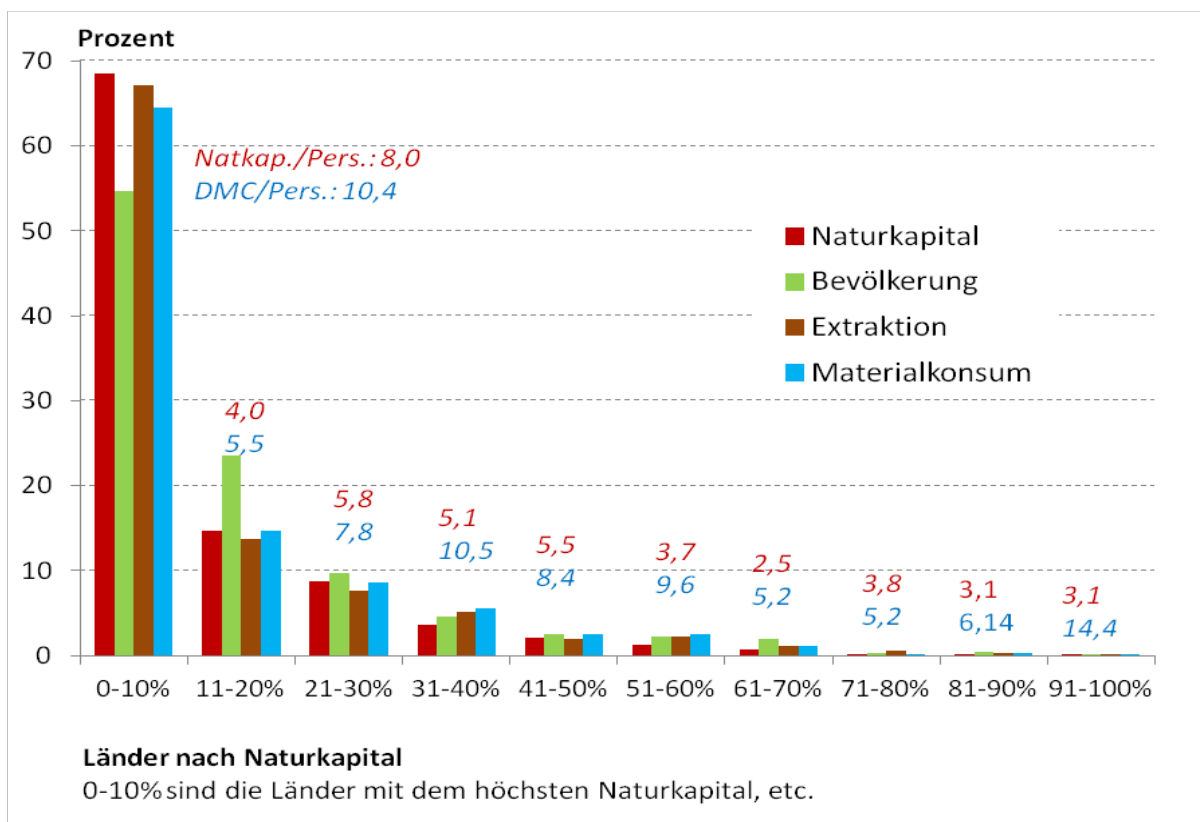
Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011

Die Bedeutung des Naturkapitals wurde bereits oben bezogen auf die Extraktionen und den Handel herausgestellt. Deswegen soll an dieser Stelle das Verhältnis zwischen absolutem Materialkonsum, dem Naturkapital und der Bevölkerung im Überblick für das aktuellste Jahr, für das entsprechende Daten zur Verfügung stehen (2005), dargestellt werden: In den 15 Länder mit dem höchsten Naturkapital (das sind 10% der untersuchten Länder, die über 68 %

des globalen Naturkapitals verfügen, siehe oben) leben 55 % aller Menschen, die 65 % der global extrahierten Materialien konsumieren (Abb. 29). In den 10% Ländern mit dem geringsten Naturkapital (sie verfügen über 0,03% des globalen Naturkapitals) leben hingegen rund 0,1% aller Menschen, die 0,2% der extrahierten Materialien konsumieren. In dieser Gruppe, zu der vor allem Inseln (die Seychellen, St. Lucia, die Malediven) und Stadtstaaten (Singapur) zählen, liegt der durchschnittliche Pro-Kopf-Konsum mit 14,4 Tonnen am höchsten, das durchschnittliche Naturkapital mit rund 500 US\$ pro Person jedoch am niedrigsten.

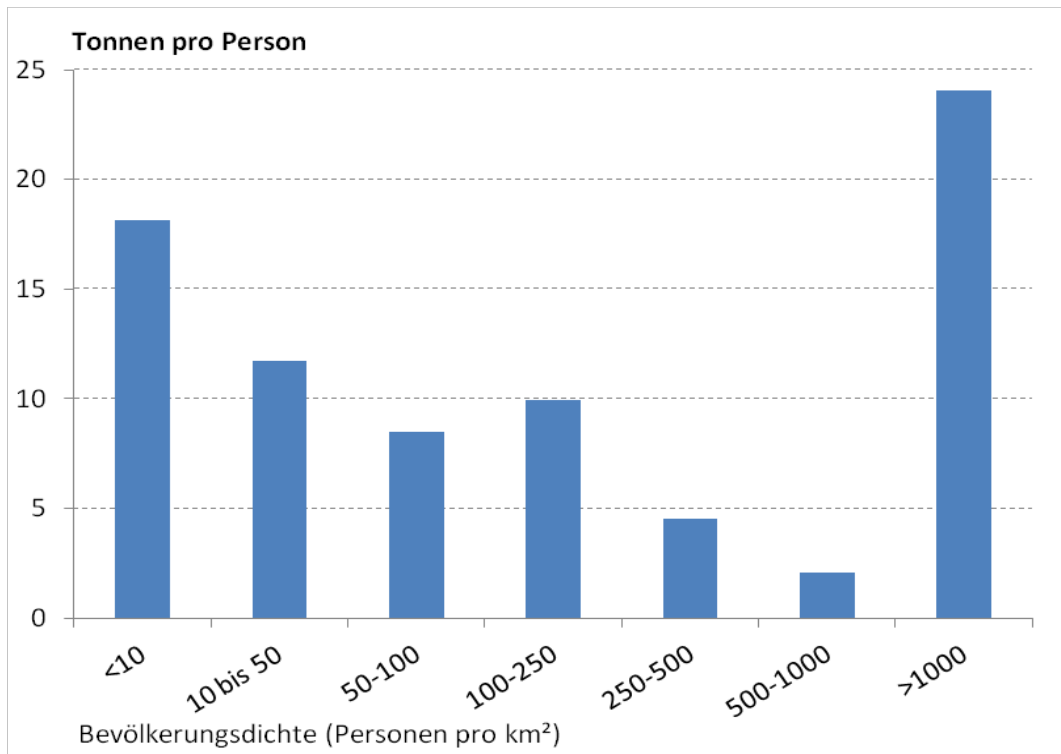
Die Bedeutung der Bevölkerungsdichte für den Materialkonsum wurde schon von verschiedenen Autoren nachgewiesen, wobei herausgestellt wurde, dass der durchschnittliche Pro-Kopf Materialverbrauch in dichter besiedelten Gebieten niedriger ist als in weniger dichtbesiedelten Regionen (z.B. Krausmann et al., 2008a, UNEP, 2011). An dieser Stelle soll ergänzend ein Überblick über die Bedeutung für das Jahr 2008 gegeben werden. Mit Ausnahme von sehr dicht besiedelten Ländern (insbesondere Halbinseln wie Katar oder Stadtstaaten wie Singapur) zeigt sich deutlich, dass der durchschnittliche Konsum mit Anstieg der Bevölkerungsdichte abnimmt (Abb. 30). Dieses Ergebnis ist unter anderem damit zu erklären, dass Länder mit einer geringeren Bevölkerungsdichte überwiegend Nettoexporteure sind und entsprechend der Methodik der Materialflussanalyse die bei der Produktion entstehenden Materialflüsse, die nicht in das Eigengewicht eingehen, zum Konsum des exportierenden Landes gezählt werden. Inwieweit die Bevölkerungsdichte den Materialkonsum erklärt, wenn die mit dem Handel verbundenen indirekten Flüsse einbezogen werden, sollte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Abb. 29: Anteil am globalen Naturkapital, an der globalen Extraktion, am globalen Materialkonsum und an der globalen Bevölkerung sowie DMC und Naturkapital pro Person nach Ländergruppen (Dekantile) entlang des Naturkapitals, 2005



Quellen: Dittich, 2011, SERI 2011, Weltbank 2011a; Naturkapital in 1000 US\$

Abb. 30: Durchschnittlicher Materialkonsum pro Person nach Bevölkerungsdichte, 2008

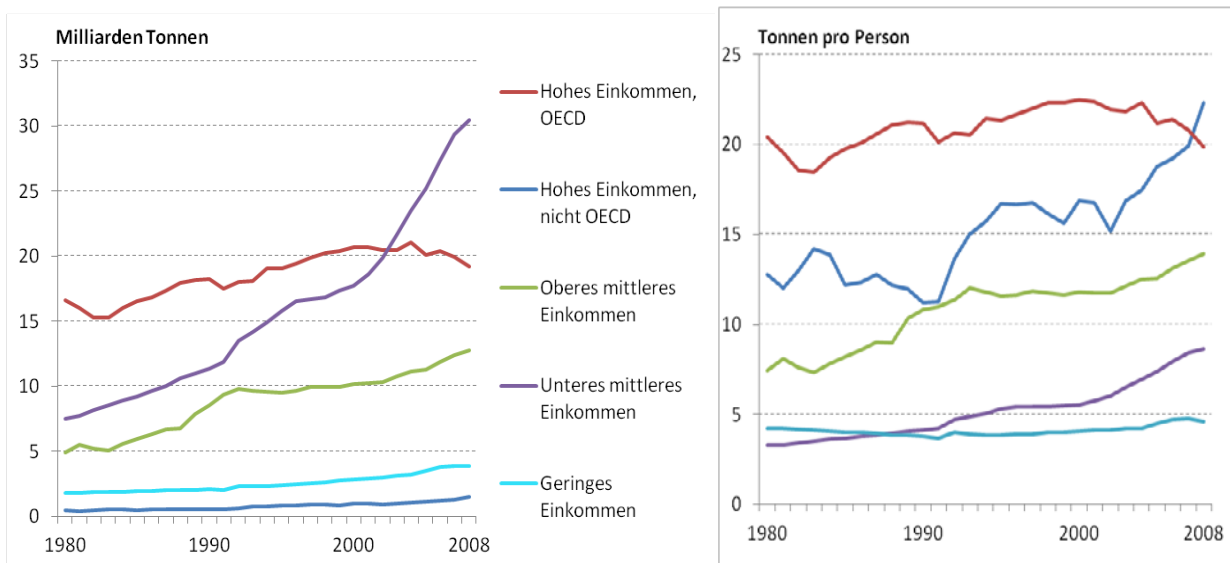


Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, UNPopulation Division 2012

Untersucht man den Materialkonsum entlang des Einkommens, so zeigen sich deutlich unterschiedliche Trends der Einkommensgruppen: der absolute Materialkonsum der OECD-Länder stieg bis 2004 leicht an und war seitdem leicht rückläufig (Abb. 31). Seit 2003 konsumierten die Länder mit einem niedrigen mittleren Einkommen (darunter unter anderem China) zusammen mehr Materialien als die OECD-Länder; diese Ländergruppe verzeichnete ferner den höchsten Anstieg des Materialverbrauchs zwischen 1980 und 2008 (+ 304 %). Den zweithöchsten Anstieg des Materialkonsums verzeichneten die nicht-OECD-Länder mit einem hohen Einkommen (+ 231% zwischen 1980 und 2008), gefolgt von den Ländern mit einem hohen mittleren Einkommen (darunter Rußland, +158%). Der absolute Materialkonsum der Länder mit einem geringen Einkommen hingegen hat sich in den 28 Jahren nur verdoppelt (+117%).

Bezogen auf den Materialkonsum pro Person zeigt sich, dass bis 2007 jener der OECD-Länder im weltweiten Vergleich am höchsten lag, auch wenn er seit der Jahrtausendwende einen leicht fallenden Trend aufweist. Der Pro-Person-Materialkonsum der nicht-OECD-Länder mit einem hohen Einkommen ist seit den 1990er Jahren und insbesondere seit 2002 deutlich gestiegen und lag 2008 mit durchschnittlich 22,3 Tonnen höher als der durchschnittliche Materialkonsum in den OECD-Ländern (19,9 Tonnen). Dies ist unter anderem auf den Verbrauch der Vereinigten Arabischen Emirate und Katar und dabei vor allem auf den Bau künstlicher Luxusinseln in den beiden Ländern zurückzuführen. In den Ländern mit unterem mittlerem Einkommen ist der Materialkonsum pro Person insgesamt am meisten gestiegen (+162,5%), er lag 2008 bei durchschnittlich 8,6 Tonnen pro Person. Die Länder mit einem geringen Einkommen hatten in 2008 den niedrigsten durchschnittlichen Materialkonsum (4,6 Tonnen), der zudem auch in den letzten drei Dekaden nur geringfügig angestiegen ist (+9 %).

Abb. 31: DMC, absolut (links) und pro Person (rechts), nach Einkommensgruppen der Länder, 1980 – 2008

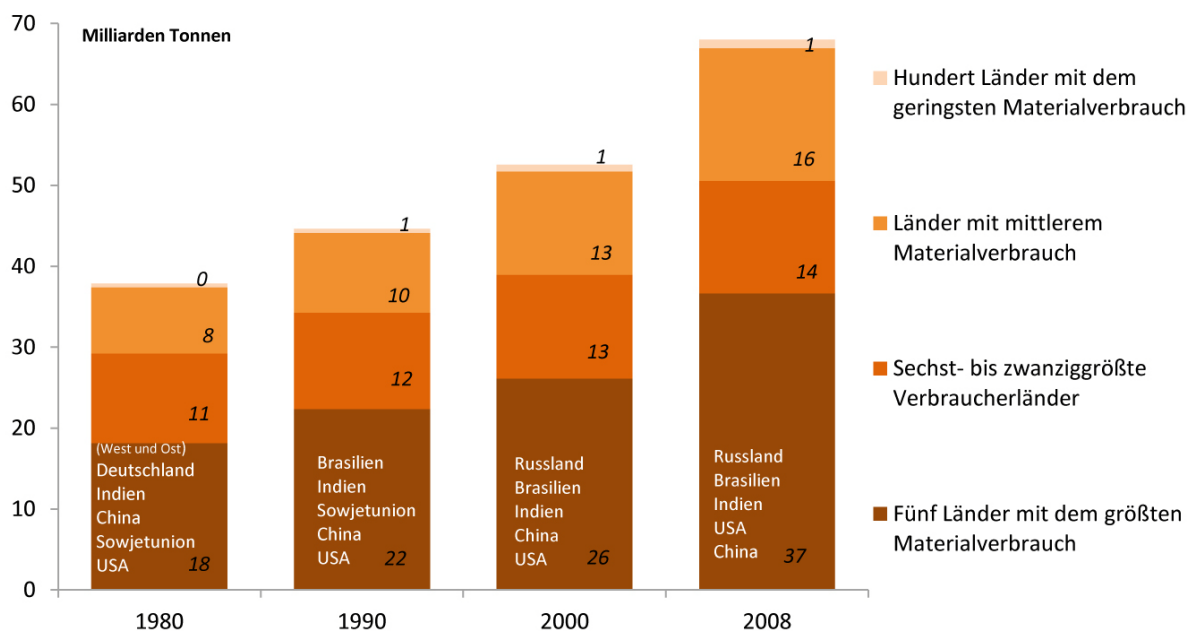


Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, Einteilung der Länder nach Weltbank, 2011a.

Im Folgenden wird der Materialkonsum auf der Ebene der einzelnen Länder betrachtet, zunächst bezogen auf den absoluten Materialkonsum der Länder, dann bezogen auf den durchschnittlichen Konsum pro Person.

Insgesamt lässt sich durchweg eine hohe Konzentration des globalen Materialkonsums in nur wenigen Ländern feststellen. So verbrauchten im Jahr 1980 die fünf Länder mit dem absolut gesehen größten Materialkonsums (in Reihenfolge des absoluten Materialkonsums: USA, USSR, China, Indien und Deutschland (Ost und West)) knapp die Hälfte aller global extrahierten Materialien (48%, Abb. 32).

Abb. 32: Absoluter Materialkonsum nach Verbrauch der Länder, 1980, 1990, 2000, 2008



Quelle: Dittich et al., 2012a

Die hundert Länder mit dem geringsten Materialkonsum, vorwiegend Länder mit einer geringen Bevölkerungsanzahl, verbrauchten hingegen nur 1 % der global konsumierten Materialien. Im Jahr 2008 sind die fünf Länder mit dem größten Materialverbrauch China, die USA, Indien, Brasilien und Russland (wieder in Reihenfolge des absoluten Materialverbrauchs). Diese fünf Länder hielten einen Anteil von rund 54 % am globalen Materialkonsum während die hundert Länder mit dem geringsten absoluten Materialverbrauch einen Anteil von 2 % am gesamten globalen Materialverbrauch hatten. Abb. 33 zeigt den absoluten Materialverbrauch der einzelnen Länder in 2008 (zum Zwecke der Anschauung wird auch die gemäß den Anteilen am globalen Materialverbrauch größenverzernte Karte in Abb. 34 eingefügt). China konsumierte in absoluten Werten am meisten Materialien. Allein Chinas Anteil am globalen Materialkonsum lag 2008 bei 28 %. Damit verbrauchte es insgesamt mehr als doppelt so viele Materialien wie die USA, deren Anteil am globalen Materialkonsum 2008 bei 13 % lag. Den drittgrößten Anteil verzeichnete Indien (7 %), gefolgt von Brasilien (4 %) und Russland (3 %). Der Anteil Deutschlands am globalen Materialkonsum lag bei rund 2 %.

Abb. 33: Absoluter Materialkonsum der Länder, 2008

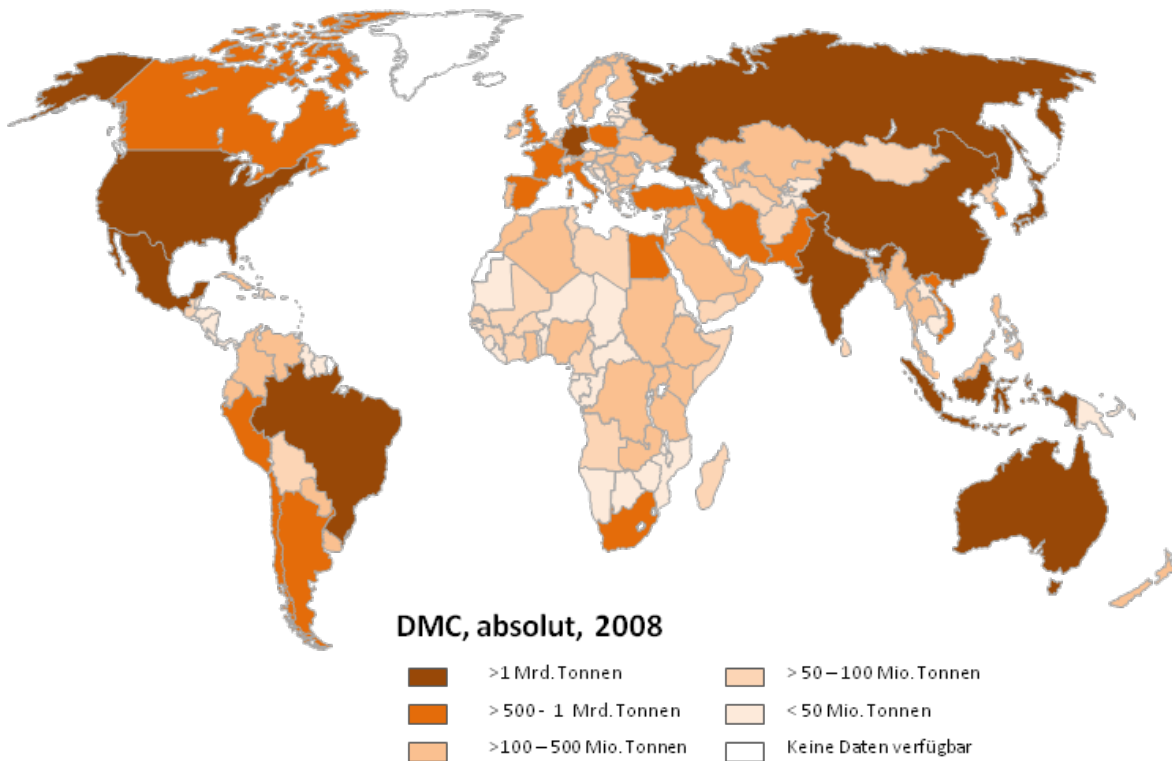
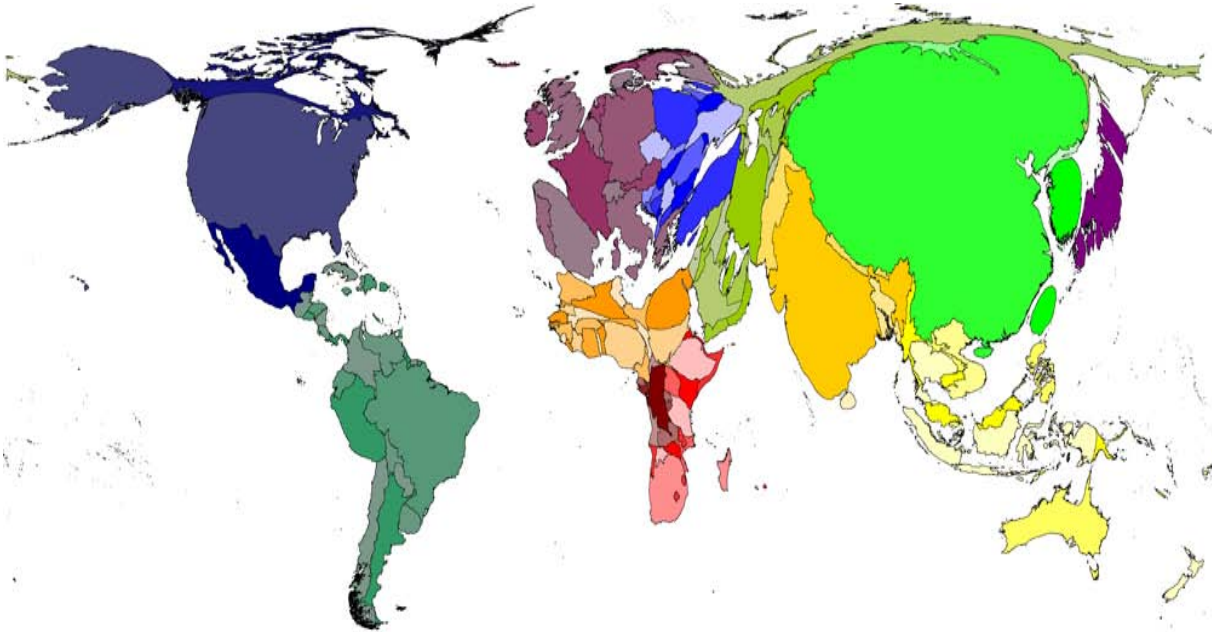


Abb. 34: Absoluter Materialkonsum der Länder, größenverzerrte Darstellung, 2008*



Quelle: Dittrich et al., 2012a; *Ländergrößen zeigen den Anteil am globalen Materialverbrauch

Der durchschnittliche Materialkonsum pro Person variierte im Jahr 2008 zwischen 114 Tonnen in Katar und weniger als zwei Tonnen in Afghanistan, Bangladesch, der Republik Kongo, den Komoren und Tuvalu (Abb. 36). Insgesamt zeigt sich, dass in Ländern mit einem geringen pro-Kopf Materialkonsum der Konsum von Biomasse (insbesondere für Nahrung und Brennstoff) dominiert. Abgeleitet von den Ländern, deren Daten qualitativ gut und relativ vollständig sind, kann davon ausgegangen werden, dass der Konsum von rund 1,5 Tonnen Biomasse pro Person und rund 0,3 Tonnen Mineralien gegenwärtig als der durchschnittlich minimale Materialkonsum angesehen werden kann. Mit zunehmendem Materialkonsum steigen die Anteile von Mineralien, fossilen Energieträgern und Metallen. Der Metallkonsum ist vor allem in jenen Ländern hoch, die Metalle exportieren. Dies zeigt sich insbesondere in Ländern wie Australien, Chile oder Peru. Wie bereits geschrieben, ist dies vor allem darauf zurückzuführen, dass entsprechend der Methodik bei der Berechnung der direkten Materialflüsse die Differenz zwischen den exportierten Konzentraten und den Bruttoextraktionen dem Metall exportierenden Land zugerechnet werden. Der Konsum von Biomasse ist vor allem in Ländern mit einem hohen Anteil extensiver, Tier-basierter Landwirtschaft hoch, darunter Australien, die Mongolei oder Argentinien. Der außergewöhnlich hohe Materialkonsum in Katar ist insbesondere auf den Bau von luxuriösen Prestigeprojekten (darunter z.B. die künstliche Insel „the Pearl“) bei einer insgesamt geringen Bevölkerung zurückzuführen.

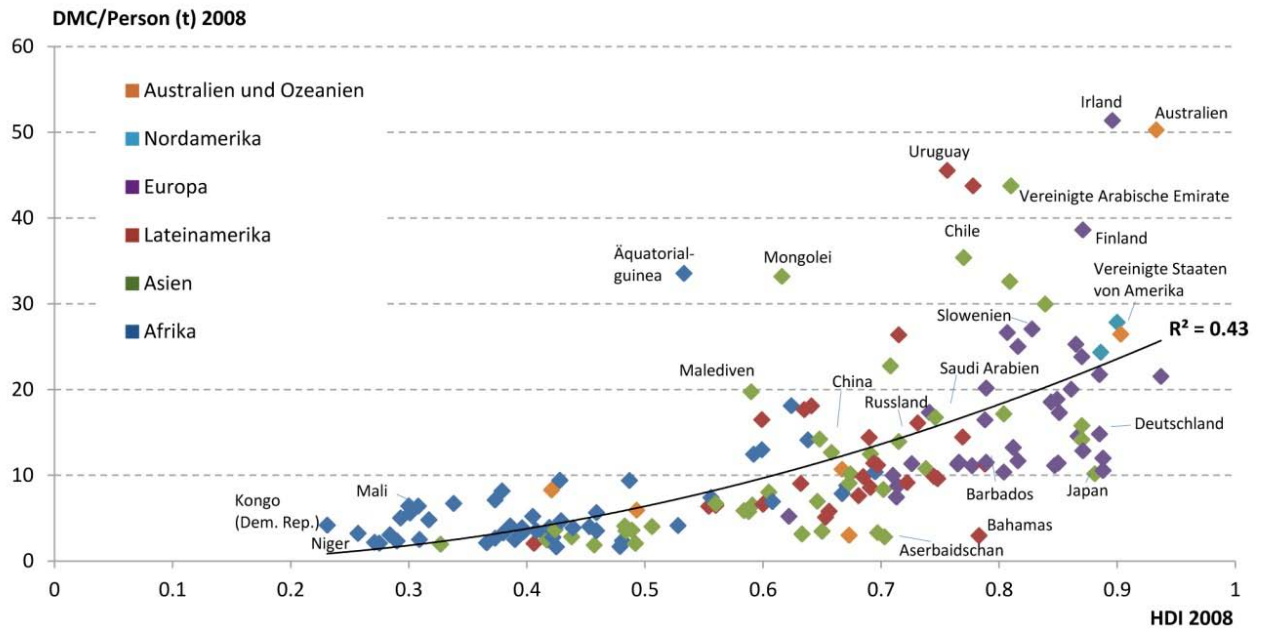
Im globalen Durchschnitt konsumierte jeder Mensch 2008 rund 2,8 Tonnen Biomasse, 1,9 Tonnen fossile Brennstoffe, 1,0 Tonnen Metalle und 4,5 Tonnen Mineralien.

Abschließend soll der Zusammenhang zwischen dem Wohlstandsniveau, gemessen am Human Development Index (HDI) und dem Materialverbrauch pro Person eingegangen werden.

Abbildung 35 zeigt, dass Länder mit einem niedrigen Wohlstandsniveau (überwiegend Afrikanische und Asiatische Länder) auch einen geringen Materialverbrauch pro Person von unter 10 Tonnen aufweisen.

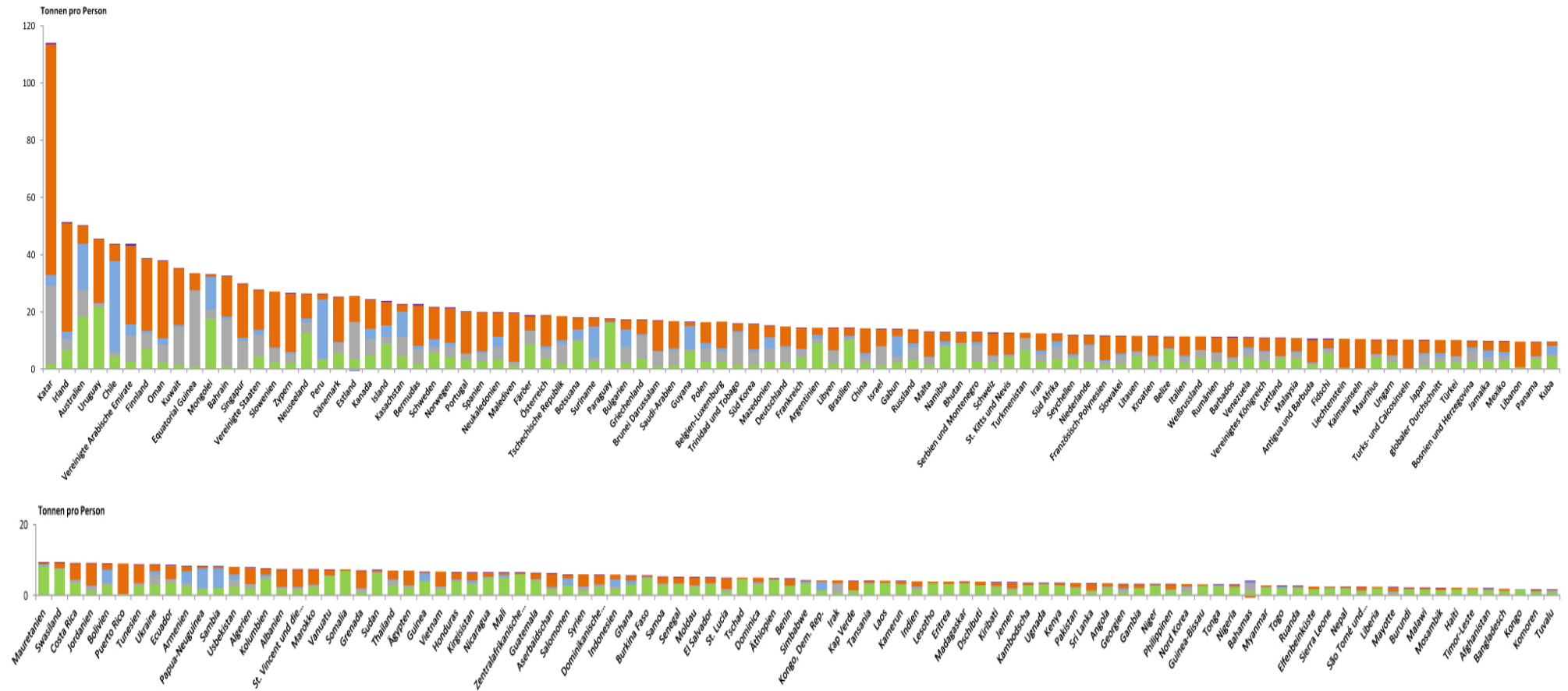
Ab einem HDI von rund 0,55 zeigt sich eine zunehmende Spreizung des Materialverbrauchs pro Person. Ein hoher HDI kann dabei sowohl mit einem geringen (unter 15 Tonnen) als auch hohen Materialverbrauch pro Person (über 50 Tonnen) einhergehen. Es soll auch an dieser Stelle noch einmal darauf verwiesen werden, dass die Unterschiede zwischen den Ländern wahrscheinlich geringer ausfallen würden, wenn indirekte Flüsse des Handels bei den Berechnungen berücksichtigt würden.

Abb. 35: HDI und Materialverbrauch pro Person der Länder, 2008



Quelle: Dittich et al., 2012a

Abb. 36: Durchschnittlicher Materialkonsum pro Person der Länder nach Materialkategorie, 2008

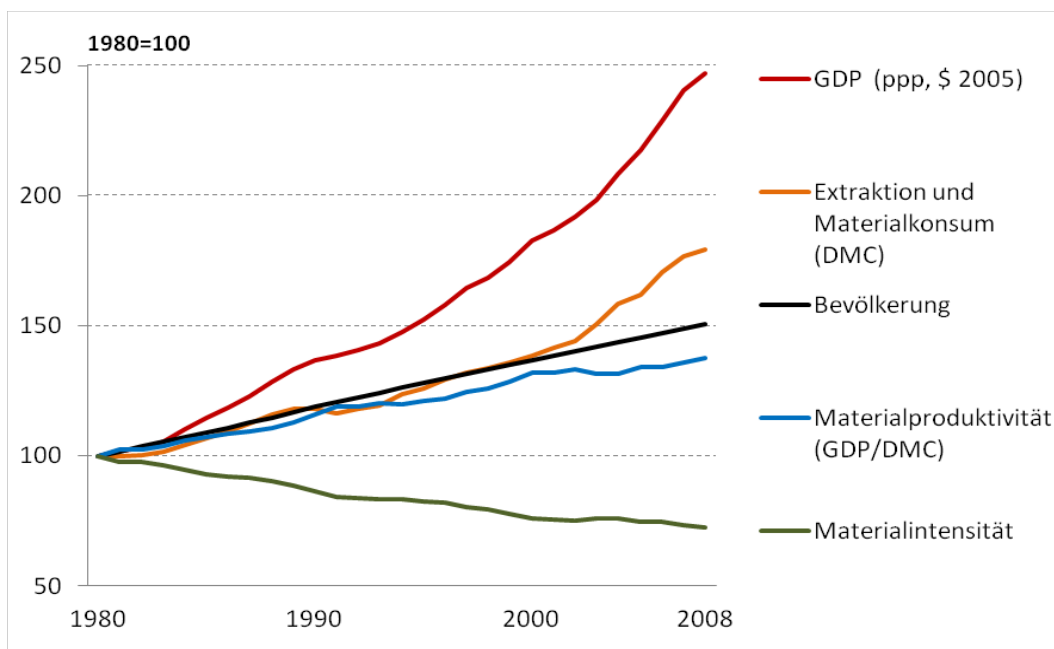


Quelle: Ditttrich et al., 2012a

5.5 Materialproduktivitäten

Inflationsbereinigt stieg das Welt-GDP zwischen 1980 und 2008 um 147 % an. Im selben Zeitraum nahmen die globale Materialextraktion bzw. der globale Materialkonsum um 79 % zu. Das führte zu einer Verbesserung der globalen Materialproduktivität (GDP pro DMC) um 38 %, was einer durchschnittlichen jährlichen Erhöhung von 1,4 % entspricht (Abb. 37). In den vergangenen drei Dekaden hat somit eine relative Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom Materialkonsum auf globaler Ebene stattgefunden. Eine absolute Entkopplung wurde jedoch nicht erreicht, da der globale Materialverbrauch im gleichen Zeitraum anstieg.

Abb. 37: Dynamiken des GDP, des DMC, der Bevölkerung und der Materialproduktivität global, 1980 - 2008



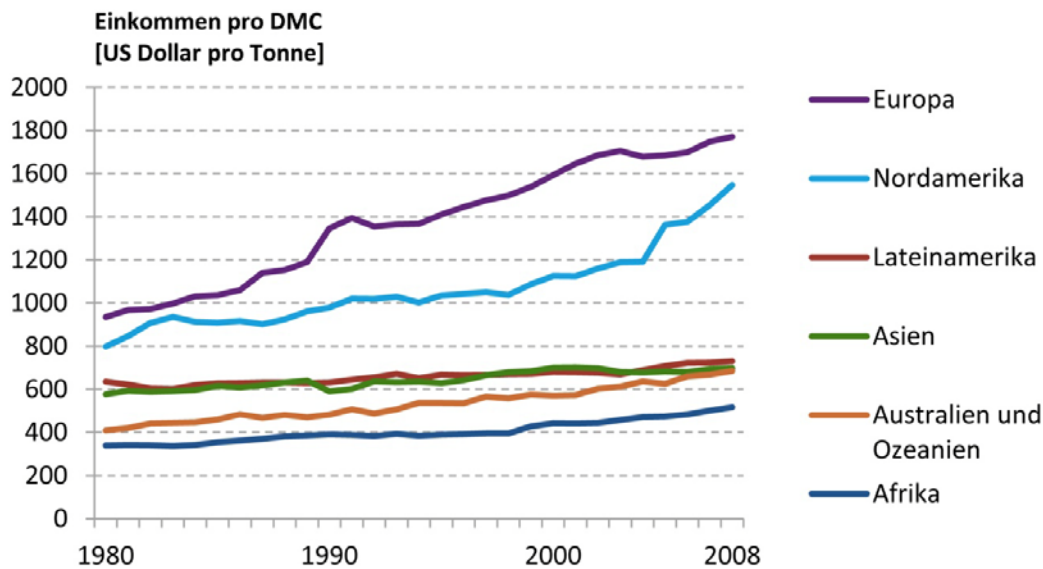
Quelle: Dittich et al., 2012a

Im geographischen Vergleich zeigt sich, dass die Materialproduktivität (gemessen in GDP pro DMC) in Europa durchweg am höchsten war, gefolgt von Nordamerika (Abb. 38). In beiden Regionen hat sich zwischen 1980 und 2008 die Materialproduktivität von einem hohen Niveau startend noch einmal deutlich erhöht (+89% und +94%). Von einem niedrigerem Niveau aus startend hat sich die Materialproduktivität auch in Afrika und Australien erhöht (+53% und +67%), während sie in Lateinamerika und Asien im selben Zeitraum vergleichsweise konstant geblieben ist (+15% und +21%). Insgesamt haben sich damit die Unterschiede der Materialproduktivität zwischen Europa und Nordamerika einerseits und den anderen Regionen andererseits vertieft.

Der Peak in Europa um 1990 geht vor allem auf statistische Faktoren zurück, die durch die Änderungen der Landesgrenzen im Zuge des Zusammenbruchs der ehemaligen Sowjetunion zustande kommen.

Betrachtet man die Materialproduktivität von Ländergruppen entlang ihres Einkommens, so zeigt sich, dass Länder mit einem höheren Einkommen durchweg eine höhere Materialproduktivität vorweisen als Länder mit einem niedrigen Einkommen (Abb. 39).

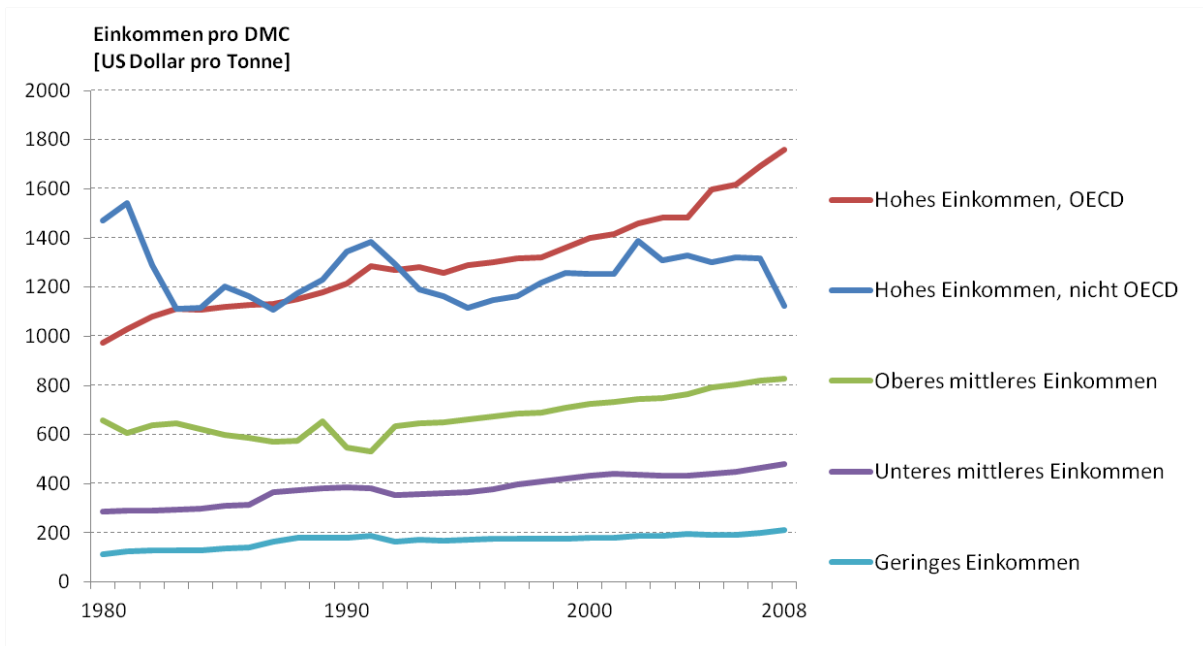
Abb. 38: Materialproduktivität (GDP pro DMC) nach Kontinenten, 1980 – 2008



Quelle: Dittich et al., 2012a; Die Sowjetunion ist aufgrund nicht verfügbarer Einkommensdaten nicht enthalten.

Mit Ausnahme der nicht-OECD-Länder mit hohem Einkommen, deren Materialproduktivität zwischen 1980 und 2008 um rund 24% fiel, stieg die Materialproduktivität in allen Ländergruppen an, am stärksten in der Gruppe der Länder mit einem niedrigen Einkommen (+89 %), gefolgt von den OECD-Ländern (+ 81%). Im Jahr 2008 lag die durchschnittliche Materialproduktivität von OECD-Ländern rund achtmal höher als die in Ländern mit einem geringen Einkommen.

Abb. 39: Materialproduktivität (GDP pro DMC) nach Einkommensgruppen, 1980 -



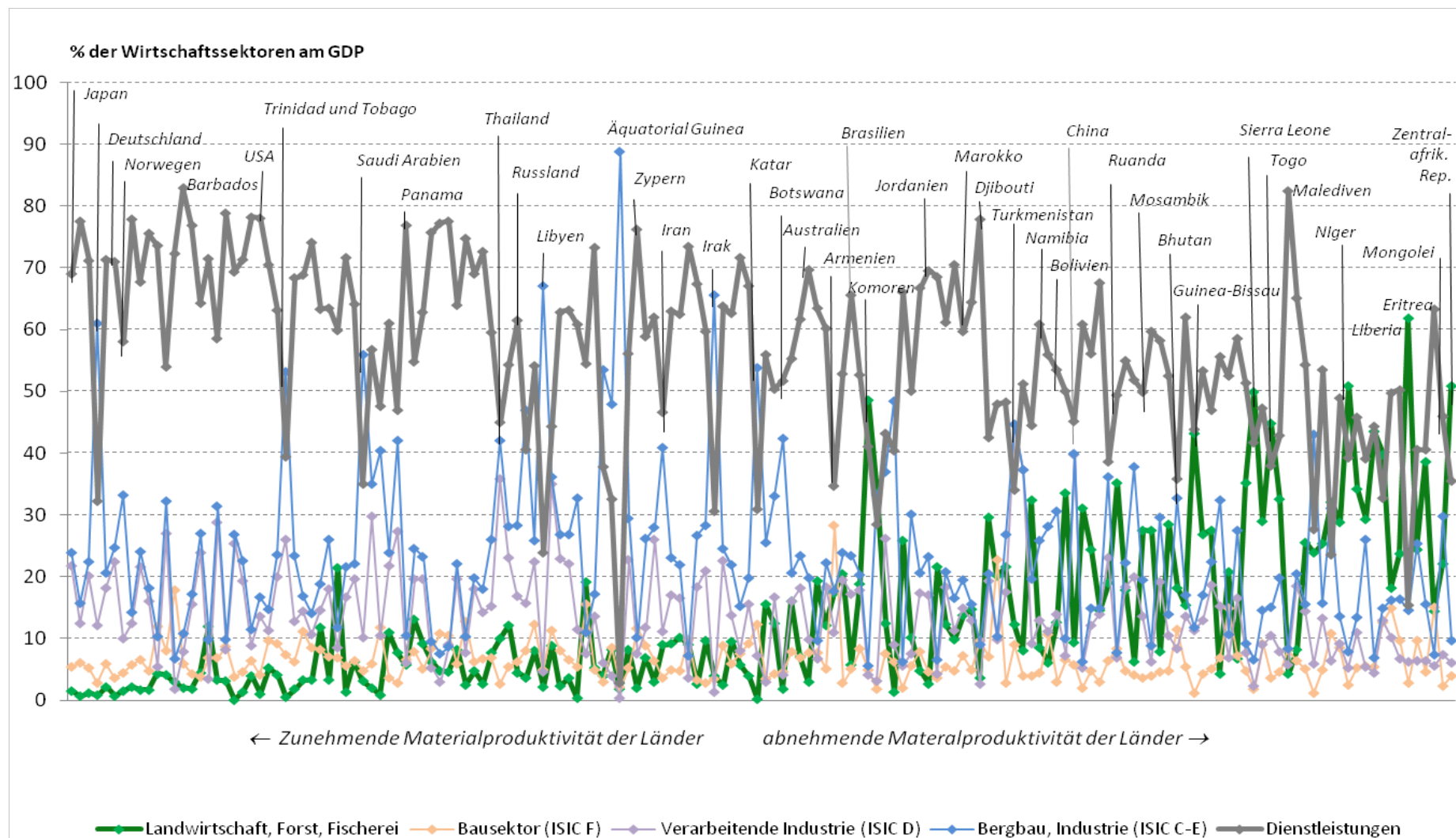
Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011, Weltbank, 2011a.

Die Vergleichbarkeit der Materialproduktivität zwischen Ländern ist allerdings eingeschränkt. Bestimmte wirtschaftliche Sektoren wie die Landwirtschaft oder der Bergbau (insbesondere der Metall-extrahierende Bergbau) sind insgesamt materialintensiver als wissensbasierte und dienstleistungsorientierte Sektoren, darunter insbesondere die Finanzwirtschaft oder der Tourismus. D.h. Länder mit materialintensiven Wirtschaftssektoren und entsprechenden Exporten weisen zwangsläufig eine niedrigere Materialproduktivität auf als Länder mit weniger materialintensiven Wirtschaftssektoren. Abbildung 40 veranschaulicht diesen Zusammenhang: Materialproduktivere Länder haben einen höheren Anteil des Dienstleistungssektors am GDP während weniger materialproduktive Länder einen höheren Anteil der Landwirtschaft am GDP aufweisen. Ferner zeigt sich, dass erdölexportierende Länder höhere Materialproduktivitäten aufweisen als Länder, die insbesondere Metalle extrahieren.

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der Materialproduktivität, so lässt sich ferner feststellen, dass zwar die meisten Länder ihre Materialproduktivität verbessern konnten, dies aber mit unterschiedlichen Dynamiken geschah (Abb. 41). Im Allgemeinen lässt sich auch hier beobachten, dass Länder, die sich auf wissensbasierte verarbeitende Sektoren oder Dienstleistungen (insb. Finanzbasierte Dienstleistungen) spezialisierten (Japan, Schweiz, Deutschland), nicht nur höhere Materialproduktivitäten aufweisen, sondern ihre Materialproduktivität sehr viel schneller erhöhen konnten als Länder mit vergleichsweise großen, materialintensiven Agrar- oder Bergbausektoren (Argentinien, Südafrika, Chile, Mali).

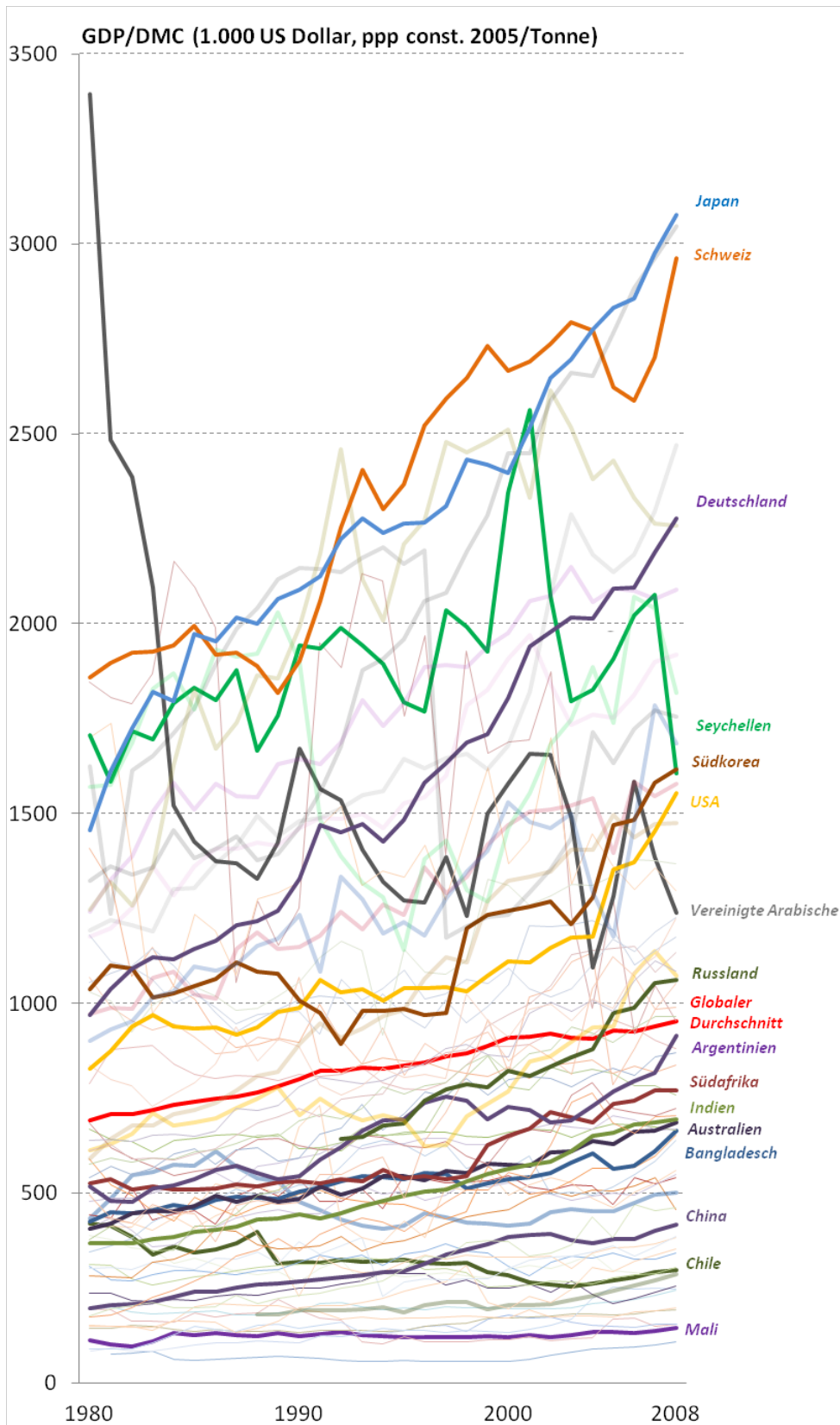
Es ist wichtig, an dieser Stelle noch einmal darauf hinzuweisen, dass Erhöhungen der Materialproduktivität auch dadurch zustande kommen können, dass materialintensive Produktionen ins Ausland verlagert bzw. Importe aus materialintensiven Sektoren erhöht werden. Viele Länder, die signifikante Steigerungen der Materialproduktivität erzielen konnten, haben im selben Zeitraum auch ihre (netto) Importe erhöht. Es ist nicht Gegenstand dieser Studie, das Ausmaß der Produktionsverlagerungen auf die Dynamiken der Materialproduktivität der Länder abzuschätzen, aber es sei darauf verwiesen, dass eine Materialproduktivitätsberechnung, die auf dem DMC beruht, zu falschen Schlussfolgerungen und Interpretationen führen kann.

Abb. 40: Anteil der Wirtschaftssektoren am GDP der Länder, gereiht nach Materialproduktivität, 2008



Quellen: Dittrich, 2011; SERI, 2011; United Nations Statistics Division, 2012b

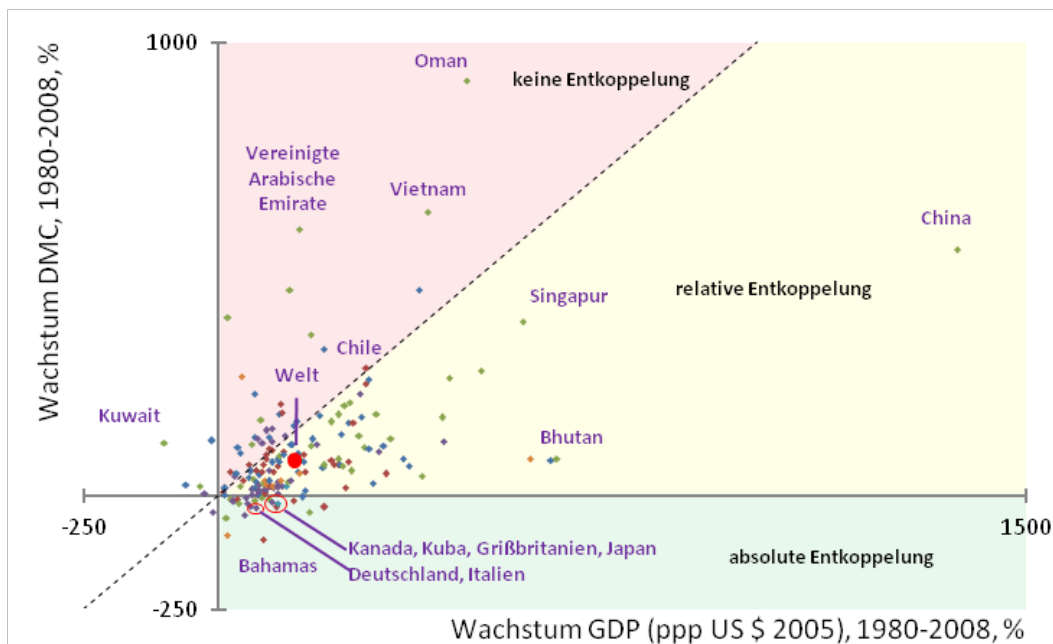
Abb. 41: Dynamik der Materialproduktivität aller Länder zwischen 1980 und 2008



Quelle: Dittrich et al., 2012a

Über den betrachteten Zeitraum zwischen 1980 und 2008 zeigt sich, dass die überwiegende Mehrheit aller Länder weltweit ihr Einkommen stärker steigern konnte als ihren Materialkonsum und somit eine relative Entkopplung erreicht hat (Abb. 42). Einige Länder, darunter Deutschland (1980: Deutschland Ost und West zusammen), konnten sogar eine absolute Entkopplung des Wirtschaftswachstums vom direkten Materialkonsum aufweisen. Desweiteren gibt es Länder, deren Materialkonsum stärker stieg als das Einkommen, darunter vor allem Erdöl- und Metallexportierende Länder wie die Vereinigten Arabischen Emirate oder Chile. In vergleichsweise wenigen Länder sanken sowohl der Materialverbrauch als auch das Einkommen, ein Beispiel ist Kuwait.

Abb. 42: Wachstum des Einkommens und der Materialproduktivität (GDP pro DMC) aller Länder zwischen 1980 und 2008



Quelle: Dittrich et al., 2012a

5.6 Ausgewählte Abschätzungen des TMR

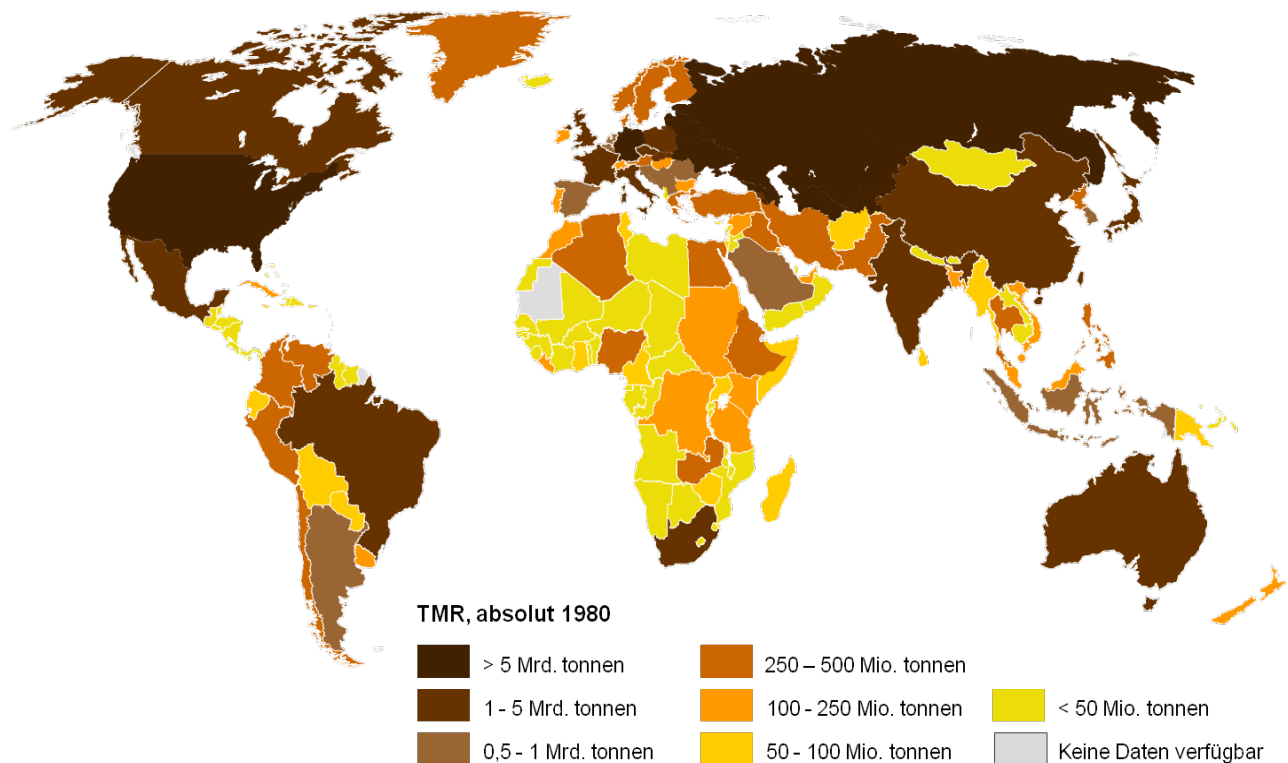
Im Arbeitspaket 2 wurde eine Abschätzung des gesamten Materialaufwandes oder Total Material Requirements (TMR) für ausgewählte Länder und Jahre auf Basis der neu erhobenen direkten Ströme, aber unter Verwendung bestehender Methoden und Daten zur Berechnung der ungenutzten Extraktionen und indirekten Handelsflüsse, vereinbart: zum einen für alle Länder weltweit für die Jahre 1980 und 2008 und zum anderen für zehn ausgewählte Länder für die Zeitperiode zwischen 1980 und 2008 in Fünf-Jahres-Schritten. Die zehn Länder sind Brasilien, China (1985 – 2008), Indien, Japan, Mexiko, Russland (1996 – 2008), Südafrika, Südkorea, Türkei und die USA. Die angewendete Methodik wurde in Kap. 3 erläutert und wird in Kap. 6 hinsichtlich anstehender Weiterentwicklungen diskutiert. An dieser Stelle sollen nur die Ergebnisse dargestellt werden, die als Abschätzungen der Größenordnungen, nicht aber als exakte Ergebnisse gewertet werden sollten.

Der TMR weltweit im Jahr 1980 und 2008

Der TMR im Jahr 1980 variierte zwischen Werten von weniger als einer Million Tonnen Material, die vor allem in kleinen Inselstaaten zu finden waren, bis zu rund 14 Milliarden Tonnen, was dem geschätzte Materialaufwand der USA, dem Land mit dem größten TMR,

entspricht. Während bevölkerungsreiche Länder sowie solche mit großen Volkswirtschaften sehr hohe Materialaufwände vorweisen, ist der TMR in Ländern mit einer geringen Bevölkerung bzw. einer kleinen Volkswirtschaft eher gering (Abb. 43⁵).

Abb. 43: TMR, absolut, 1980



Quellen: Dittrich, 2011, SERI, 2011; Deutschland: West und Ost.

28 Jahre später, im Jahr 2008, ist der TMR in fast allen Ländern gestiegen (Abb. 44). Im weltweiten Durchschnitt wuchs der TMR um 135 %. Dabei stiegen die (genutzten und ungenutzten) Extraktionen global um 85 %, die direkten und indirekten Importe hingegen um 314 % an. Wie 1980 ist auch 2008 der TMR in Länder mit einer hohen Bevölkerungszahl und einer großen Volkswirtschaft deutlich höher als in bevölkerungsärmeren und kleineren Volkswirtschaften.

Der TMR der zehn ausgewählten Länder

Der TMR aller zehn ausgewählten Länder ist im Zeitraum zwischen 1980 und 2008 gestiegen (

Eine ebenfalls vergleichsweise geringe Steigerungsrate über den gesamten Zeitraum zeigen die USA, in denen der TMR seit 2000 sogar leicht abnimmt. Dies ist unter anderem dadurch zu erklären, dass die Extraktionen, insbesondere von Baumaterialien, rückläufig waren. Deutschlands TMR hingegen war im selben Zeitraum rückläufig (siehe oben, Kapitel 4.4; im

⁵ In den Abb. 43 und Abb. 44 sind auch Länder eingetragen, für die keine Handelsdaten vorliegen, sofern anhand der Handelsdaten aus anderen Jahren abschätzbar war, dass sich die Gesamtgrößenordnungen der TMRs im Rahmen der für die Karten festgesetzten Kategorien bewegten. Bei der Abschätzung des globalen TMR-Anstieges wurden ausschließlich die tatsächlich berechneten Handelsdaten berücksichtigt.

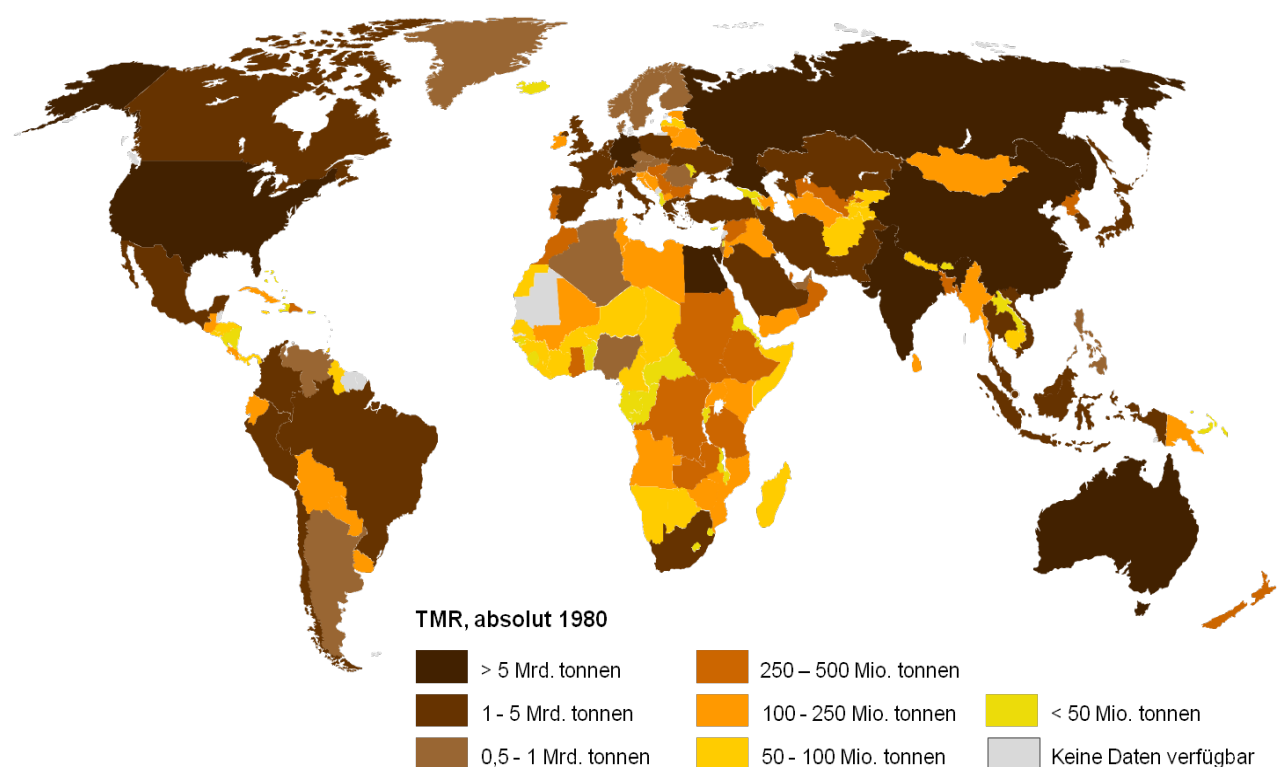
Schaubild unten ist zur besseren Vergleichbarkeit die Erosion heraus gerechnet). Mit Ausnahme von Russland stieg in allen zehn Ländern der TMR stärker als der DMI: während der DMI von Japan, den USA, Südkorea, Brasilien, Mexiko, Indien, Südafrika und der Türkei im Durchschnitt um 61 % zwischen 1980 und 2008 und in China um 388 % zwischen 1985 und 2008 zunahm, wuchs der TMR in denselben Zeiträumen durchschnittlich um 85 % bzw. in China sogar um 452 %. In Russland stiegen DMI und TMR im gleichen Umfang, um jeweils 41%, zwischen 1996 und 2008 an.

Wird die Materialproduktivität nicht wie oben unter Hinzuziehung des DMC, sondern des TMR berechnet, so liegen die Materialproduktivitäten der zehn ausgewählten Länder deutlich niedriger (

Abb. 46). Ferner ist der Unterschied zwischen Ländern mit stärker wissensbasierter oder dienstleistungsorientierter Wirtschaftsstruktur wie bspw. Japan und Ländern mit stärker extraktiven Wirtschaftssektoren wie bspw. Südafrika nicht so stark ausgeprägt wie bei den Materialproduktivitäten, die sich auf den DMC beziehen. So ist etwa Japan, gemessen am DMC, genau viermal materialproduktiver als Südafrika, bezogen auf den TMC hingegen gerade 1,6-Mal (jeweils im Jahr 2008). Dies kann als ein Argument bewertet werden, die Methoden zur Erhebung der ungenutzten Extraktionen und indirekten Handelsflüsse weiter zu verbessern und zu vertiefen.

Abb. 45). Die höchsten Wachstumsraten sind in China zu verzeichnen (+452 %, hier: bezogen auf den Zeitraum zwischen 1985 und 2008), gefolgt von Südkorea (+417 %) und der Türkei (+387 %). Die geringsten Steigerungsraten weist Japan auf, wo der TMR seit Mitte der 1990er Jahre stagniert (im Gegensatz zum direkten Materialinput (DMI), der zwischen 1995 und 2008 um rund ein Zehntel gefallen ist).

Abb. 44: TMR, absolut, 2008



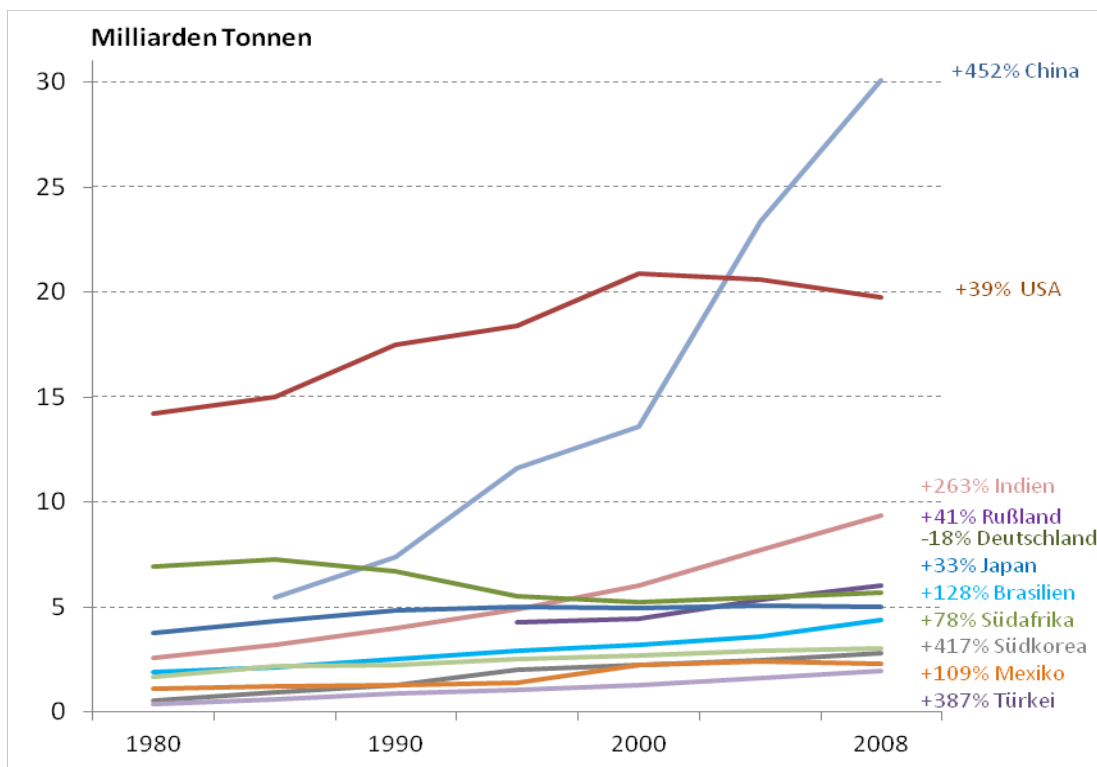
Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011.

Eine ebenfalls vergleichsweise geringe Steigerungsrate über den gesamten Zeitraum zeigen die USA, in denen der TMR seit 2000 sogar leicht abnimmt. Dies ist unter anderem dadurch zu erklären, dass die Extraktionen, insbesondere von Baumaterialien, rückläufig waren. Deutschlands TMR hingegen war im selben Zeitraum rückläufig (siehe oben, Kapitel 4.4; im Schaubild unten ist zur besseren Vergleichbarkeit die Erosion heraus gerechnet). Mit Ausnahme von Russland stieg in allen zehn Ländern der TMR stärker als der DMI: während der DMI von Japan, den USA, Südkorea, Brasilien, Mexiko, Indien, Südafrika und der Türkei im Durchschnitt um 61 % zwischen 1980 und 2008 und in China um 388 % zwischen 1985 und 2008 zunahm, wuchs der TMR in denselben Zeiträumen durchschnittlich um 85 % bzw. in China sogar um 452 %. In Russland stiegen DMI und TMR im gleichen Umfang, um jeweils 41%, zwischen 1996 und 2008 an.

Wird die Materialproduktivität nicht wie oben unter Hinzuziehung des DMC, sondern des TMR berechnet, so liegen die Materialproduktivitäten der zehn ausgewählten Länder deutlich niedriger (

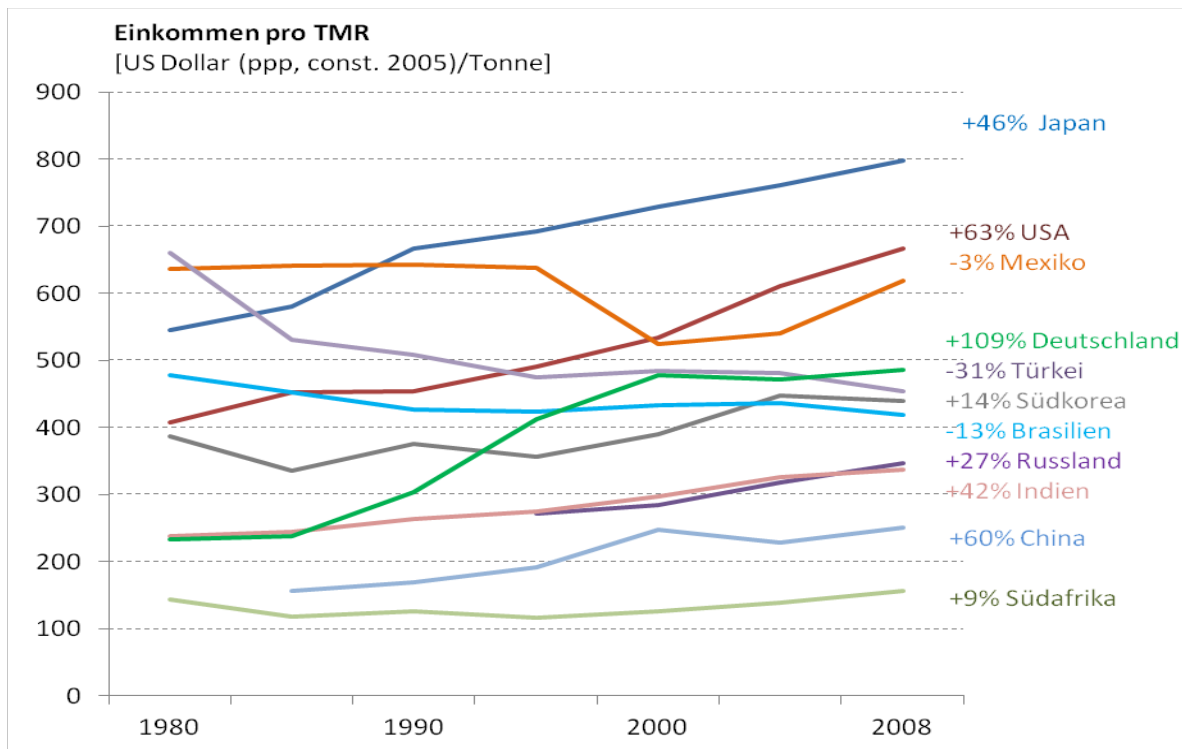
Abb. 46). Ferner ist der Unterschied zwischen Ländern mit stärker wissensbasierter oder dienstleistungsorientierter Wirtschaftsstruktur wie bspw. Japan und Ländern mit stärker extraktiven Wirtschaftssektoren wie bspw. Südafrika nicht so stark ausgeprägt wie bei den Materialproduktivitäten, die sich auf den DMC beziehen. So ist etwa Japan, gemessen am DMC, genau viermal materialproduktiver als Südafrika, bezogen auf den TMC hingegen gerade 1,6-Mal (jeweils im Jahr 2008). Dies kann als ein Argument bewertet werden, die Methoden zur Erhebung der ungenutzten Extraktionen und indirekten Handelsflüsse weiter zu verbessern und zu vertiefen.

Abb. 45: TMR, absolut, und Anstieg des TMR in zehn ausgewählten Ländern, 1980 – 2008



Quellen: Dittich, 2011, SERI, 2011.

Abb. 46: Materialproduktivität der ausgewählten Ländern bezogen auf den TMR, 1980 – 2008



Quellen: Dittrich, 2011, SERI, 2011.

6 Forschungsbedarf zur weiteren Verbesserung von Materialflussrechnungen

Die vorliegende Studie aktualisierte ausgewählte Ressourcenkennzahlen für Deutschland im Zeitraum von 1980 bis 2008 und legte erste Ergebnisse und Analysen der direkten Materialflüsse aller Länder weltweit im selben Zeitraum vor. Bereits in der Methodenbeschreibung (Kapitel 3) sowie an einigen Stellen in den Ergebniskapiteln (Kapitel 4 und 5) wurde auf Schwierigkeiten hinsichtlich der Datenlage sowie hinsichtlich mangelnder methodischer Standardisierungen hingewiesen. In diesem Abschlusskapitel sollen nun die verschiedenen Felder für weiteren Forschungsbedarf näher beschrieben werden.

6.1 Materialextraktion

Genutzte Materialextraktion

Wie das jüngste Methodenhandbuch des Europäischen Statistischen Amtes (EUROSTAT) zu Materialflussrechnungen auf volkswirtschaftlicher Ebene (EUROSTAT, 2011a) hervorhebt, gibt es im Bereich der genutzten Materialextraktion einige Materialkategorien, für die methodische Weiterentwicklungen notwendig sind, um bestehende Unschärfen zu verringern.

Aufnahme von Biomasse durch Weidetiere

Die direkte Aufnahme von Pflanzen durch Weidetiere stellt eine große Fraktion innerhalb der Materialkategorie „Biomasse“ dar. In manchen Entwicklungsländern, insbesondere in Afrika, ist diese Kategorie sogar die größte im gesamten Materialverbrauch des Landes. Jedoch werden diese Materialflüsse nur in seltenen Fällen von nationalen Statistiken direkt berichtet. EUROSTAT empfiehlt daher die Anwendung von Schätzmethode, die entweder auf der Verfügbarkeit von Weideflächen und Abschätzungen der darauf verfügbaren Biomasse basieren („supply approach“), oder die Aufnahme von Biomasse über die Anzahl von Weidetieren und deren jährlichen Futterbedarf abschätzen („demand approach“). Bei beiden Methoden bestehen größere Unsicherheiten, da Basisdaten wie die Größe der Weideflächen oder die Anzahl der Weidetiere in vielen Ländern stark variieren. Eine zuverlässigere Methode zur Berechnung der Biomasseaufnahme durch Weidetiere wurde von Krausmann et al. (2008b) vorgestellt. Diese Methode schätzt die Biomasseaufnahme durch Weidetiere als Differenz („grazing gap“) zwischen dem Bedarf an Futtermitteln (berechnet in einem detaillierten Bedarfs-Modell pro Nutztierkategorie) und der im jeweiligen Land verfügbaren Futtermittel (am Markt gehandelte sowie nicht gehandelte Futtermittel). Weiterer Forschungsbedarf besteht in der weiteren Verfeinerung dieser Schätzmethode, insbesondere hinsichtlich der Verbesserung der länderspezifischen Produktionsdaten für Futtermittel sowie einer Spezifizierung der Futterbedarfe verschiedener Nutztiere in verschiedenen Weltregionen.

Konzentration von Metallen in entnommenen Erzen

Die Produktion von metallischen Rohstoffen wird in internationalen Statistiken umfassend berichtet. Bei den meisten Metallen wird die Produktion jedoch in Metallgehalten („metal content“) angegeben, nicht jedoch in der Brutto-Entnahme des metallhaltigen Erzes („crude ore“), die in der MFA die relevante Größe darstellt. Es müssen daher Faktoren angewendet werden, welche die Konzentration von Metallen im Erz widerspiegeln, um auf die Brutto-Entnahme hochzuschätzen. Diese Faktoren liegen bislang bei weitem nicht für alle Länder vor, vielfach müssen kontinentale oder sogar globale Durchschnittswerte herangezogen werden. Forschungsbedarf besteht daher insbesondere in der Verbesserung der Informationen zu

Metallgehalten und im Aufbau einer international zugänglichen Datenbasis für Metallgehalte in allen Abbauländern weltweit. Eine robuste, aber sehr aufwendige und bislang global nicht durchgeführte Methode wäre es, Informationen auf Basis einzelner Minen bzw. Bergbauunternehmen zu sammeln und diese dann auf die Länderebene hochzurechnen.

Ein weiteres Feld ist der Umgang mit so-genannten Kuppelprodukten, da Erze in vielen Fällen eine Reihe von nutzbaren Metallen enthalten. Auch hier sind international noch keine einheitlichen Methoden festgelegt, wie die Gesamterzentnahme auf die Einzelmetalle zugerechnet werden soll. Das jüngste EUROSTAT Handbuch (EUROSTAT, 2011a) schlägt eine Allokation des Erzes nach den am Weltmarkt erzielten Erlösen der Einzelmetalle vor. Auch ifeu (UBA, 2012) wendet eine solche Wert-basierte Allokation an. Forschungsbedarf besteht hier insbesondere hinsichtlich der verwendeten Preisgrundlage, da Metallpreise zum Teil großen Schwankungen unterworfen sind. Die Verwendung langjähriger (20-jähriger) Durchschnitte wie von EUROSTAT und ifeu vorgeschlagen, führt jedoch ebenfalls zu Problemen, da Durchschnittswerte die tatsächliche Situation in Einzeljahren nicht abbilden können.

Abschätzung der Entnahme von Baumaterialien

Die Entnahme von Baumaterialien wie Kalk, Schotter und Sand wird in vielen Ländern nicht in offiziellen Statistiken dokumentiert. Auch hier müssen Schätzmethoden angewendet werden, die etwa auf Produktionsdaten von Zement, Asphalt oder Bitumen beruhen (siehe EUROSTAT 2011a). Diese Schätzmethoden sind jedoch mit Unsicherheiten behaftet, da nicht alle Nachfragebereiche für Baumaterialien konsistent abgedeckt sind. In Österreich erfolgte kürzlich eine Initiative, die Abschätzung der Entnahme von Baumaterialien, insbesondere in kleinen und mittleren Abbaubetrieben zu verbessern, was für den Materialkonsum von Österreich zu einer deutlichen Korrektur nach oben geführt hat (Lebensministerium et al., 2011). Im Bereich der Baumaterialien besteht daher weiterhin Forschungsbedarf, um robustere Schätzmethoden zur Entnahme dieser mengenmäßig sehr wichtigen Materialkategorie zu entwickeln und zu implementieren.

Ungenutzte Materialextraktion

Bei fast allen Entnahmen von Rohstoffen fallen so-genannte ungenutzte Materialien an, etwa Abraum im Bergbau oder Ernterückstände in der Landwirtschaft. Die Datenqualität hinsichtlich dieser ungenutzten Entnahme ist generell gering. Deutschland bildet hier eine Ausnahme, da für Deutschland auch die ungenutzte Entnahme vom Statistischen Bundesamt berichtet wird (Destatis, 2011). Für die größte Anzahl an Ländern müssen aber bislang Durchschnittswerte verwendet werden, um die Mengen an ungenutzter Materialentnahme zu schätzen.

Im Bereich der Biomasse gibt es nur vereinzelte Studien, die sich mit dem Verhältnis genutzter zu ungenutzter Biomasse in verschiedenen Weltregionen und hinsichtlich verschiedener landwirtschaftlicher Produkte beschäftigen (siehe eine Zusammenfassung in Jölly und Giljum, 2005). Hier besteht dringender Forschungsbedarf, der diese ungenutzten Biomasseflüsse in verschiedenen Ländern und Weltregionen vergleichend erhebt.

Hinsichtlich der Abraummenen, insbesondere bei der Gewinnung von Metallen gibt es bislang nur Einzelinformationen, etwa aus Schrifreihen der Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (Kippenberger, 1999) oder des US Geological Survey. Diese Informationen sind jedoch nicht flächendeckend verfügbar und vielfach veraltet. Derzeit laufen interessante Forschungsansätze am Wuppertal Institut, wo versucht wird, die Verfügbarkeit von Daten zur

ungenutzten Entnahme auf Basis von Remote Sensing Techniken, also Satelliten-basierten Bild- und Datensätzen, zu verbessern.

6.2 Internationaler Handel von Materialien und Produkten

Auch im Bereich des internationalen Handels (Importe und Exporte) gibt es eine Reihe von Aktivitätsfeldern, die zu einer Verbesserung der Datenlage und Robustheit von MFA Ergebnissen beitragen könnten.

Direkte Handelsflüsse (Importe und Exporte)

Im Vergleich zu anderen Statistiken liegen Daten für den internationalen Handel vergleichsweise vollständig und umfassend vor. Die Vereinten Nationen sammeln Handelsdaten in harmonisierter Berichtsform bereits seit Beginn der 1960er Jahre. Diese Berichtsformen werden regelmäßig erweitert und fortgeschrieben. Die UN Datenbank (UN Comtrade) ist für Materialflussrechnungen nutzbar, für die europäischen Länder empfiehlt das MFA Handbuch allerdings verschiedene Anpassungen wie weitere Abgleiche mit sektoralen Statistiken (Eurostat, 2009, 2011). Über diese Empfehlungen hinaus besteht gerade mit Blick auf die Handelsdaten von nicht EU-Ländern weiterer Verbesserungsbedarf in dreifacher Hinsicht:

1. **Vollständigkeit der Massenangaben in der Handelsstatistik:** Die UN fordert die Länder explizit auf, in ihren Handelsberichten die jeweilige Masse der gehandelten Güter zu benennen; die UN nutzt diese Angaben zur Validierung der monetären Angaben (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, 1998). Viele Länder kommen dem jedoch nicht oder nur unvollständig nach, so dass fehlende Größen nachträglich abgeschätzt werden müssen. Das für Europäische Länder entwickelte MFA-Handbuch ist an dieser Stelle nicht ausreichend, da die Handelsstatistiken der Europäischen Länder bereits sehr vollständig und differenziert vorliegen, die Handelsdaten insbesondere vieler Entwicklungsländer hingegen nicht. Den bislang umfassendsten Ansatz, diese Lücken systematisch zu schließen, hat Dittrich (2010, auch: Dittrich/Bringezu, 2010) vorgelegt. Eine Harmonisierung auf internationaler Ebene ist wünschenswert, wobei mit Blick auf die Relevanz für MFA ausgesuchte Güter wie der Handel mit Schiffen zusätzlich analysiert werden sollte.
2. **Einheitliche Zuordnungen gehandelter Güter innerhalb der Statistik:** Trotz der Versuche der UN, die Handelsberichte zu vereinheitlichen, gibt es große Spielräume, in welche Kategorien gehandelte Güter von den Ländern eingeordnet werden. Relevant für Materialflussanalysen sind insbesondere halb verarbeitete Güter wie Eisen und Stahl und mit Blick auf die Berechnungen der indirekten Handelsströme sind alle weiterverarbeiteten Erze und Konzentrate sowie Schmuck (insbesondere die Unterteilungen zwischen Mode- und edelmetallhaltigen Schmuck) relevant. Überprüfungen der Handelsangaben durch Spiegelungen (d.h. unter Hinzuziehung der Berichte der jeweiligen Handelspartner) werden durch die Spielräume bei den Zuordnungen erschwert. Ein Hinwirken auf eine stärkere Vereinheitlichung ist wünschenswert.
3. **Fehlende Handelsberichte von Ländern:** Handelsdaten insbesondere von afrikanischen und asiatischen Entwicklungsländern liegen nur lückenhaft vor. Nicht berichtete Jahre sowie unvollständig berichtete Handelsgüter könnten mit Hilfe von systematischen Spiegelungen (d.h. unter Hinzuziehung der Berichte der Handelspartner) ergänzt werden. Der bislang einzige Versuch, fehlende Länderberichte vollständig und so differenziert wie

möglich in den globalen Statistiken zu ergänzen, wurde in der BACI-Handelsdatenbank (www.cepii.fr) unternommen. Jedoch zielt die BACI-Methodik auf die Vervollständigung von monetären Handelsdaten. Es sollte systematisch untersucht werden, inwieweit die BACI-Handelsdaten für MFA-Zwecke geeignet sind oder ob eine vergleichbare, jedoch auf die Spezifika der physischen Handelsdaten ausgerichtete Methodik sinnvoller wäre, um die fehlenden Handelsberichte zu ergänzen.

Indirekte Handelsflüsse (ökologische Rucksäcke der Importe und Exporte)

Die so-genannten indirekten Materialflüsse von Importen und Exporten umfassen alle jene Materialien, die im Ausland aufgewendet wurden, um Rohstoffe zu extrahieren, diese in Produkte zu verarbeiten und an die Grenze des Importlandes zu liefern.

Derzeit gibt es zwei große methodische Ansätze, um die indirekten Flüsse von international gehandelten Gütern abzuschätzen. Erstens der so-genannte Koeffizientenansatz, der am Wuppertal Institut entwickelt wurde. Diese Methode multipliziert das direkte Gewicht von Importen und Exporten mit Faktoren, welche die indirekten Materialaufwendungen entlang des Produktionszyklus widerspiegeln. Der zweite methodische Ansatz basiert auf der so-genannten Input-Output-Analyse und nimmt eine Zurechnung der Materialextraktionen auf den Endkonsum mit Hilfe von ökonomischen Input-Output Tabellen vor.

In dieser Studie wurde der Koeffizientenansatz angewendet, um die Indikatoren TMR und TMC für ausgewählte Länder abzuschätzen. Hinsichtlich dieses Ansatzes lassen sich drei Hauptlinien für methodische Weiterentwicklungen definieren:

1. **Differenzierung der Koeffizienten nach Herkunftsländern.** Die bislang vorliegenden Koeffizienten für indirekte Materialflüsse spezifizieren in einigen Kategorien die Herkunft der jeweiligen Rohstoffe (etwa bei Kohle oder einigen metallischen Rohstoffen). Eine flächendeckende Berücksichtigung der nationalen und lokalen Gegebenheiten in den Exportländern ist jedoch noch lange nicht erreicht. Insbesondere bei Metallimporten, aber auch bei anderen Gütern wie Kohle, können die indirekten Flüsse erheblich variieren, je nachdem, aus welchen Ländern (bzw. aus welchen Minen) die jeweiligen Erze importiert wurden. Das Ausmaß lokaler Variationen sollte ferner auch für land- und forstwirtschaftliche Güter vertieft werden, da auch in diesem Bereich die eingesetzten Technologien stark variieren können (z.B. kleinräumige, arbeitsintensive Kleinlandwirtschaft versus großflächige, energieintensive Monokulturbewirtschaftung). Insgesamt ist zukünftig daher eine stärkere Differenzierung der Koeffizienten nach Ursprungsländern anzustreben.
2. **Stärkere Differenzierung der verarbeiteten Güter.** Für viele verarbeitete Güter, darunter insbesondere Maschinen- und Maschinenteile, aber auch für chemische Produkte, gibt es bislang nur sehr grobe Abschätzungen der Koeffizienten, die meistens auf globalen Durchschnittswerten basieren. Zukünftige Anstrengungen sollten daher die Anzahl der Koeffizienten für höher verarbeitete Güter erhöhen, um Unterschätzungen der indirekten Flüsse vorzubeugen. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass eine Weiterentwicklung der Handelsstatistiken selbst hinsichtlich einer genaueren Differenzierung einzelner Handelsgüter (z.B. der PKWs) wünschenswert wäre.

3. **Spezifizierung der Koeffizienten hinsichtlich ihrer materiellen Bestandteile.** Die derzeit vorliegenden Erhebungen lassen eine Identifizierung der Handelsgüter zu, die mit den jeweils größten indirekten Flüssen verbunden sind; unterscheidbar sind bislang biotische, abiotische und erosions-bedingte indirekte Flüsse. Die Erhebungen lassen jedoch eine exakte Differenzierung insbesondere der abiotischen Flüsse in energetische und mineralische Bestandteile und eine Zurückführung derselben auf die jeweiligen Extraktionen nicht zu. In den Koeffizienten für z.B. metallische Importe nach Deutschland sind daher sowohl metallische Anteile enthalten (etwa der Abfall, der durch die Konzentration der Metalle entsteht), als auch die Energieträger, die bei der Verarbeitung der Metalle eingesetzt wurden (z.B. Kohle).
4. **Verknüpfung der Koeffizienten-Methode mit der Input-Output Methode.** Erste Vergleiche der beiden Methoden (Dittrich et al., 2011b) zeigten, dass die Koeffizientenmethode deutliche Vorteile hinsichtlich der Spezifizierung einzelner Rohstoffe und Produkte aufweist. Ein großer Nachteil dieses Ansatzes ist jedoch, dass er indirekte Effekte nur sehr beschränkt einbezieht. So ist zum Beispiel die Infrastruktur, die für die Produktion von Exportprodukten notwendig ist, nicht in den Koeffizienten abgebildet. Diese Infrastruktur (wie etwa Straßen oder Gebäude) machen jedoch einen wichtigen Anteil der indirekten Flüsse aus. Die Input-Output Analyse ist prädestiniert, alle indirekten Effekte einer wirtschaftlichen Aktivität abbilden zu können. Weiterer Forschungsbedarf besteht daher insbesondere darin, zu ergründen, wie eine Integration der beiden Ansätze aussehen könnte, um die komplementären Vorteile beider Methoden bestmöglich zu nutzen.

7 Quellenverzeichnis

- Behrens, A., Giljum, S., Kovanda, J., Niza, S. 2007. The material basis of the global economy: Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies. *Ecological Economics* 64 (2), 444 – 453.
- Bringezu, S., Bleischwitz, R. 2009. Sustainable Resource Management. Global Trends, Visions and Policies. Sheffield, UK.
- Destatis (Statistisches Bundesamt). 2011. Umweltnutzung und Wirtschaft. Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2011. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Dittrich, M. 2009. The physical dimension of international trade, 1962 – 2005. In: Bleischwitz, R., Welfens, P.J.J., Zhang, Z.X. (Hrsg). Sustainable growth and resource productivity. Economic and global policy issues. Sheffield, UK.
- Dittrich, M. 2010. Physische Handelsbilanzen. Verlagert der Norden Umweltbelastungen in den Südpden? *Kölner Geographische Arbeiten* 91, Köln.
- Dittrich, M. 2011. Physical Trade Data Base. Heidelberg.
- Dittrich, M., Bringezu, S. 2010. The physical dimension of international trade. Part 1: Direct global flows between 1962 and 2005. *Ecological Economics* 69, 1838 – 1847.
- Dittrich, M., Giljum, S. Polzin, C., Lutter, S., Bringezu, S. 2011a. Resource Use and Resource Efficiency in Emerging Economies. Trends over the past 20 years. SERI Working Paper 12, Vienna.
- Dittrich, M., Giljum, S., Polzin, C., Lobo, S. 2011b. Resource use and the role of trade of selected countries between 1980 and 2008. A pilot study on 11 countries over the past 28 years. Heidelberg.
- Dittrich, M. Giljum, S., Polzin, C., Lutter, S. 2012a. Green Economies around the World? Implications of Resource Use for Development and the Environment. Vienna.
- Dittrich, M., Bringezu, S., Schütz, H. 2012b. The physiscal dimension of international trade. Part 2: Indirect global flows between 1962 and 2005. *Ecological Economics*, 79, 32 – 43.
- European Commission, 2011: A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy. Brussels.
- EUROSTAT. 2007. Economy-wide Material Flow Accounting – “A compilation guide”. By Weisz, H., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Schütz, H., Haas, W. and A. Schaffartzik. ENV/MFA/06 (2007), Luxembourg.
- EUROSTAT. 2011a. Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA) - Compilation Guidelines for EUROSTAT's 2011 EW-MFA questionnaire. ENV/MFA/06 (2007), EUROSTAT, Luxembourg.
- EUROSTAT. 2011b. Economy-wide material flows: European countries required more materials between 2000 and 2007. By Hass, J., Popescu, C. Eurostat, Statistics in focus, 9/2011.
- EUROSTAT, 2012. Materialflussrechnung. <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do> [02.05.2012]
- Estrade Calvo, I.A. 2007. Resource Efficiency Strategies for Developing Countries. An Analysis based on South America and its Mining Industry. Dresden.
- Giljum, S., Dittrich, M. Bringezu, S., Polzin, C. Lutter, S. 2010. Resource use and resource productivity in Asia: Trends over the past 25 years. SERI Working Paper 11, Vienna.

- Jölly, D., Giljum, S. 2005. Unused biomass extraction in agriculture, forestry and fishery. SERI Studies 3, Sustainable Europe Research Institute, Vienna.
- Kippenberger, C. 1999. Stoffmengenflüsse und Energiebedarf bei der Gewinnung ausgewählter mineralischer Rohstoffe. Auswertende Zusammenfassung. Heft SH 10, Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Eisenmenger, N. 2008a. The global socio-metabolic transition: past and present metabolic profiles and their future trajectories. *Journal of Industrial Ecology* 12, 637 – 656.
- Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Lauk, C., Haberl, H., 2008b. Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: a comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecological Economics* 65, 471–487.
- Lebensministerium (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (Hrsg.): Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2011, Wien.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. 2007. Measuring material flows and resource productivity. The OECD guide ENV/EPOC/SE (2006)1/REV3, Environment Directorate. Paris.
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development. 2011. Towards Green Growth. Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/37/34/48224539.pdf>
- Schandl, H., West, J. 2010. Resource use and resource efficiency in the Asia-Pacific region. *Global Environmental Change* 20 (4), 636 – 647.
- Schandl, H., Eisenmenger, N. 2006. Regional Patterns in Global Resource extraction. *Journal of Industrial Ecology*, 10 (4), 133 – 147.
- SERI, Sustainable Europe Research Institute. 2011a. Global Material Flow Database. 2011 Version. Available at www.materialflows.net. SERI, Vienna.
- SERI, Sustainable Europe Research Institute. 2011b. Technical Report. Vienna
- Steinberger, J.K., Krausmann, F., Eisenmenger, N. 2010. Global patterns of material use: a socio-economic and geophysical analysis. *Ecological Economics*, 69 (5), 1148 – 1158.
- UBA, Umweltbundesamt. 2008. Ressourcenverbrauch von Deutschland – aktuelle Kennzahlen und Begriffsbestimmungen. Erstellung eines Glossars zum „Ressourcenbegriff“ und Berechnung von fehlenden Kennzahlen des Ressourcenverbrauchs für die weitere politische Analyse. Forschungsbericht 363 01 134, UBA-FB 001103, von H. Schütz und S. Bringezu. UBA Texte 02/08.
- UBA, Umweltbundesamt. 2012. Indikatoren / Kennzahlen für den Rohstoffverbrauch im Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion. Forschungskennzahl 205 93 368, UBA-FB 001563 von J. Giegrich, A. Liebich, C. Lauwigi, J. Reinhardt. UBA Texte 01/2012.
- UNComtrade, 2011. Database. <http://comtrade.un.org/db>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs. 1998. International Merchandise Trade Statistics. Concepts and Definitions. New York.
- United Nations Population Division 2012: World Population Prospects: the 2010 Revision. <http://data.un.org/> [14.04.2012]

- United Nations Statistics Division, 2012a. Standard Country or Area Codes for Statistical Use.
<http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49.htm> [29.03.2012]
- United Nations Statistics Division, 2012b: National Accounts Estimates of Main Aggregates; Gross Value added by kind of economic activity at constant (2005) prices – US Dollar
<http://data.un.org/Data.aspx?d=SNAAMA&f=grID%3a202%3bcurrID%3aUSD%3bpcFlag%3a0>
[10.04.2012]
- UN-EMG, United Nations, Environment Management Group. 2012. Working towards a balanced and Inclusive Green Economy: A United Nations System-wide Perspective.
<http://www.unemg.org/Portals/27/Documents/IMG/GreenEconomy/report/GreenEconomy-Full.pdf>
- UNEP, United Nations Environment Programme. 2011. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Edited by M. Fischer-Kowalski and M. Swilling.
http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf
- UNIDO, United Nations Industrial Development Organization. 2011. UNIDO Green Industry. Policies for Supporting Green Industry.
http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Green_Industry/web_policies_green_industry.pdf
- Weltbank. 2006. Where is the wealth of nations? Measuring Capital for the 21st Century. Washington.
- Weltbank. 2011a. Total and per capita wealth of nations. <http://data.worldbank.org> [10.01.2011]
- Weltbank. 2011b. Data. <http://data.worldbank.org/indicator> [12.10.2011]