

Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz

Nina Eisenmenger, Ruth Kratochvil, Fridolin Krausmann,
Iris Baart, Armand Colard, Christina Ehgartner, Mathias Eichinger, Gilles Hempel,
Andreas Lehrner, Richard Müllauer, Reza Nourbakhch-Sabet, Michael Paler,
Benno Patsch, Franziska Rieder, Eva Schembera, Wolfgang Schieder,
Clemens Schmiedl, Elmar Schwarzmüller, Walter Stadler, Clemens Wirl,
Stefan Zandl, Michael Zika

Eisenmenger, Nina; Kratochvil, Ruth; Krausmann, Fridolin; Baart, Iris; Colard, Armand; Ehgartner, Christina; Eichinger, Mathias; Hempel, Gilles; Lehrner, Andreas; Müllauer, Richard; Nourbakhch-Sabet, Reza; Paler, Michael; Patsch, Benno; Rieder, Franziska; Schembera, Eva; Schieder, Wolfgang; Schmiedl, Clemens; Schwarzmüller, Elmar; Stadler, Walter; Wirl, Clemens; Zandl, Stefan; Zika, Michael 2005: *Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz*. Social Ecology Working Paper 74. Vienna.

Social Ecology Working Paper 74
Vienna, November 2005

ISSN 1726-3816

Institute of Social Ecology
IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna)
Klagenfurt University
Schottenfeldgasse 29
A-1070 Vienna
+43-(0)1-522 40 00-401
www.iff.ac.at/socec
iff.socec@uni-klu.ac.at

© 2005 by IFF – Social Ecology

Vorwort

Seit der Gründung des Institutes Soziale Ökologie im Jahre 1988 stehen „sozialer Metabolismus“ und die Beziehungen zwischen Gesellschaft und Natur im Zentrum des Forschungsinteresses des Institutes. Als Instrument zur Beobachtung der Gesellschaft-Natur Interaktionen wurde in den 1990er Jahren die Materialflussrechnung („Material Flow Accounting“ MFA) also entwickelt, die mittlerweile als anerkanntes Instrument in der Umweltberichterstattung etabliert ist. Sowohl im Bereich der Methodenentwicklung als auch der Anwendung von Materialflussrechnungen war und ist das Institut Soziale Ökologie maßgeblich beteiligt.

Das Institut Soziale Ökologie als Teil der Fakultät für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universität Klagenfurt widmet sich neben den Forschungsaktivitäten auch der universitären Lehre. Sowohl theoretische als auch empirische Aspekte der Sozialen Ökologie als interdisziplinäres Forschungsgebiet werden in den angebotenen Lehrveranstaltungen vermittelt.

Eine der Lehrveranstaltungen setzt sich mit den Konzepten und der Anwendung sozialökologischer Methoden auseinander. Aufgeteilt auf zwei Semester konzentriert sich das Seminar im Wintersemester auf eine allgemeine Einführung in die „Konzepte sozialökologischer Methoden“ und im Sommersemester auf die „empirische Anwendung sozialökologischer Methoden“. Das Seminar des Sommersemesters wird von Fridolin Krausmann und Nina Eisenmenger betreut und widmet sich folgenden Inhalten:

- Einführung in Konzept und Methode des MFA
- MFA Indikatoren und ihre Bedeutung für nachhaltige Entwicklung
- Einführung in die verschiedenen Datenquellen
- Arbeit mit statistischen Daten, Modellieren von Daten
- Erstellen einer nationalen MFA
- Diskussion der Ergebnisse und Vergleich zu anderen nationalen MFAs

Die Aufgabenstellung für die TeilnehmerInnen der Lehrveranstaltung „biophysische Prozesse und nachhaltige Entwicklung: praktische Anwendung sozialökologischer Methoden“ in den Sommersemestern 2003 und 2004 war es, in interdisziplinären Arbeitsgruppen die Entwicklung der physischen Ökonomie der Länder Schweiz (SoSe 2003) sowie USA und Saudi Arabien (SoSe 2004) im Zeitraum 1980 bis 2000 zu untersuchen. Die Studierenden haben im Rahmen dieser Kurse gründlich recherchiert und weitgehend vollständige Datensätze zu inländischer Ressourcenentnahme und Außenhandel mit Materialien zusammengestellt.

Aufgrund der Qualität der Ergebnisse und der Neuheit des Datenmaterials haben wir uns entschlossen die studentischen Arbeiten in diesem technischen Bericht zusammenzufassen und einer Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen. Die Texte und Beiträge der TeilnehmerInnen der Lehrveranstaltung wurden von Nina Eisenmenger und Ruth Kratochvil überarbeitet und ergänzt.

Die Länder bzw. die Materialkategorien wurden von folgenden Studierenden bearbeitet:

Schweiz	
Biomasse	Richard Müllauer, Clemens Schmiedl, Michael Paler
Mineralische und fossile Rohstoffe	Armand Colard, Walter Stadler, Michael Zika
Handel	Iris Baart, Mathias Eichinger
USA	
Biomasse	Reza Nourbakhch-Sabet, Clemens Wirl
Mineralische und fossile Rohstoffe	Richard Müllauer, Elmar Schwarzmüller
Handel	Gilles Hempel, Franziska Rieder
Saudi Arabien	
Biomasse	Stefan Zandl
Mineralische und fossile Rohstoffe	Christina Ehgartner, Andreas Lehrner, Benno Patsch
Handel	Ruth Kratochvil, Wolfgang Schieder

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	II
INHALTSVERZEICHNIS	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VI
TABELLENVERZEICHNIS	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VIII
1 EINFÜHRUNG IN DIE MATERIALFLUSSANALYSE	1
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET	5
2.1 LÄNDERPROFIL USA	6
2.2 LÄNDERPROFIL SAUDI ARABIEN	8
2.3 LÄNDERPROFIL SCHWEIZ.....	9
3 METHODEN UND DATENQUELLEN	12
3.1 BIOMASSE (<i>BIOMASS</i>)	12
<i>Spezifische Berechnungen für die USA</i>	13
<i>Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien</i>	13
<i>Spezifische Berechnungen für die Schweiz</i>	14
3.2 FOSSILE ENERGIETRÄGER (<i>FOSSILS</i>).....	15
<i>Spezifische Berechnungen für die USA</i>	15
<i>Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien</i>	16
<i>Spezifische Berechnungen für die Schweiz</i>	17
3.3 BAUMINERALIEN (<i>CONSTRUCTION MINERALS</i>).....	17
<i>Spezifische Berechnungen für die USA</i>	17
<i>Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien</i>	17
<i>Spezifische Berechnungen für die Schweiz</i>	18
3.4 INDUSTRIEMINERALIEN UND ERZE (<i>INDUSTRIAL MINERALS AND ORES</i>).....	19
<i>Spezifische Berechnungen für die USA</i>	19
<i>Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien</i>	20
<i>Spezifische Berechnungen für die Schweiz</i>	20
3.5 AUßENHANDEL (<i>TRADE</i>)	20
<i>Spezifische Berechnungen für USA und Saudi Arabien</i>	20
<i>Spezifische Berechnungen für die Schweiz</i>	21
3.6 BRUTTOINLANDSPRODUKT (<i>GDP</i>) UND BEVÖLKERUNG (<i>POPULATION</i>)	22

4	ERGEBNISSE	23
4.1	USA.....	23
4.2	SAUDI ARABIEN.....	30
4.3	SCHWEIZ	38
5	INTERNATIONALER VERGLEICH	44
6	RESÜMEE	54
7	LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS	55
8	ANHANG	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modell einer MFA (leicht verändert nach Matthews et al. 2000; Eurostat 2001) .2	
Abbildung 2: Domestic Extraction (DE) für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t	23
Abbildung 3: Importe für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t.....	24
Abbildung 4: Exporte für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t	25
Abbildung 5: Physical Trade Balance (PTB) für die USA, agg4 in Mio. t und agg12 in t/cap .	26
Abbildung 6: Domestic Material Consumption (DMC) für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t	27
Abbildung 7: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für die USA, agg4 und agg12 in t/cap.....	28
Abbildung 8: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für die USA, agg4 und agg12 in t/ha.....	28
Abbildung 9: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität für die USA	29
Abbildung 10: Domestic Extraction (DE) für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in Mio. t.....	30
Abbildung 11: Domestic Extraction (DE) für Saudi Arabien ohne oil, gas, construction minerals, agg12 in Mio. t	30
Abbildung 12: Importe für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in Mio. t	31
Abbildung 13: Exporte für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in Mio. t.....	32
Abbildung 14: Exporte für Saudi Arabien ohne Öl, agg12 in Mio. t	32
Abbildung 15: Physical Trade Balance (PTB) für Saudi Arabien, agg4 in Mio. t und agg12 in t/cap.....	33
Abbildung 16: Domestic Material Consumption (DMC) für Saudi Arabien, agg4 u. agg12 in Mio. t.....	34
Abbildung 17: DE, Importe, Exporte und DMC von fossilen Energieträgern für Saudi Arabien, in Mio. t.....	34
Abbildung 18: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in t/cap.....	35
Abbildung 19: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in t/ha.....	36
Abbildung 20: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität für Saudi Arabien.....	36
Abbildung 21: Domestic Extraction (DE) für die Schweiz, agg4 und agg12 in Mio. t	38
Abbildung 22: Importe für die Schweiz, agg4 und agg12 in Mio. t.....	39
Abbildung 23: Exporte für die Schweiz, agg4 und agg12 in Mio. t	39

Abbildung 24: Physical Trade Balance (PTB) für die Schweiz, agg4 in Mio. t und agg12 in t/cap.....	41
Abbildung 25: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für die Schweiz, agg4 und agg12 in t/cap.....	41
Abbildung 26: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für die Schweiz, agg4 und agg12 in t/ha.....	42
Abbildung 27: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität für die Schweiz	43
Abbildung 28: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich, agg4 in t/cap	45
Abbildung 29: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich, agg4 in t/ha	46
Abbildung 30: Physical Trade Balance (PTB) pro Kopf für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich, agg4 in t/cap.....	47
Abbildung 31: Unit Prices (Preise pro importierter t bzw. exportierter Tonne) für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich	49
Abbildung 32: DE, Importe und Exporte pro Kopf im internationalen Vergleich, in t/cap.....	50
Abbildung 33: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität im internationalen Vergleich.....	52

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: DATENAGGREGATION IM RAHMEN DER MATERIALFLUSSANALYSE (MFA)	3
TABELLE 2: MFA DATEN DER SCHWEIZ, DER USA UND VON SAUDI ARABIEN FÜR 1980 UND 2000	60
TABELLE 3: VERWENDETE UMRECHNUNGSFAKTOREN.....	62

Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
car	Karat
CO ₂	Kohlendioxid
DE	Domestic Extraction = inländische Materialentnahme
DMC	Domestic Material Consumption = inländischer Materialverbrauch
FAO	Food and Agriculture Organisation
GDP	Gross Domestic Product = Bruttoinlandsprodukt (BIP)
GVE	Großvieheinheit
MFA	Material Flow Accounting = Materialflussrechnung
PTB	Physical Trade Balance = physische Handelsbilanz
TM	Trockenmasse
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
USD	US Dollar

1 Einführung in die Materialflussanalyse

Gesellschaft-Natur-Beziehungen können durch das Konzept des „gesellschaftlichen Metabolismus“ beschrieben werden. (Fischer-Kowalski 1998) Ähnlich einem biologischen Organismus tauschen gesellschaftliche Systeme Materialien mit ihrer natürlichen Umwelt bzw. anderen sozioökonomischen Systemen aus, um ihre gesellschaftlichen Bestände aufzubauen und zu erhalten. Art und Umfang der Austauschbeziehungen werden von verschiedenen sozioökonomischen Rahmenbedingungen wie deren ökonomische Struktur, Technologien, Lebensstile, Kultur etc bestimmt. Die natürliche Umwelt hat dabei zwei wesentliche Funktionen: Sie dient als Quelle für materielle Inputs und als Senke für materielle Outputs. Probleme entstehen in diesem Zusammenspiel auf der Inputseite durch Ressourcenknappheit, Zerstörung von Ökosystemen, Flächenknappheiten etc. und outputseitig durch die begrenzte Aufnahmefähigkeit des natürlichen Systems. Gesellschaftliche Umweltprobleme, die genau an der Schnittstelle zwischen Gesellschaft und Natur entstehen, sind somit Folge der Quantität und Qualität der gesellschaftlichen Materialflüsse.

Zur umfassenden Darstellung aller Austauschbeziehungen zwischen Gesellschaft und Natur wurden Materialflussrechnungen entwickelt. Die Materialflussrechnung (*Material Flow Accounting*, MFA) ist ein Bilanzierungsinstrument, das analog zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) alle materiellen Flüsse und Bestände eines Wirtschaftsraumes quantitativ beschreibt und in Masseeinheiten (Tonnen) kontiert. Die MFA folgt dabei drei Kriterien (Schandl und Schulz 2000):

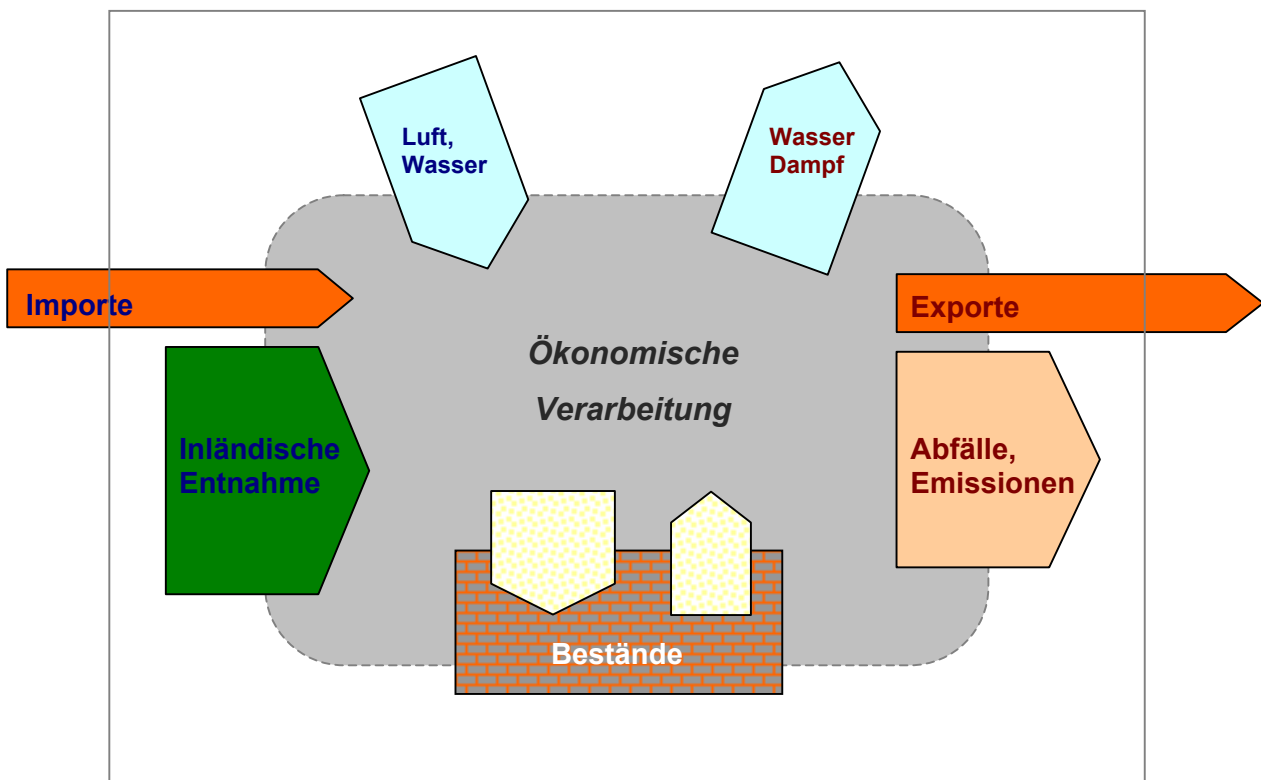
- Theoretische Konsistenz
- Politische Relevanz
 - enge Verbindung zur VGR
 - internationale Vergleichbarkeit
 - Erstellung von Zeitreihen, Szenarien
 - Abbilden der wesentlichen Trends
 - Anwendung auf verschiedenen Ebenen
- Durchführbarkeit

MFAs sind so konzipiert, dass sie weitgehend den gleichen Konventionen wie die VGR folgen. Dem monetären Rechnungswesen kann daher mit einer MFA eine biophysische Darstellung wirtschaftlicher Aktivitäten gegenüber gestellt werden. Die methodischen Konventionen zur Erstellung einer MFA und die daraus abgeleiteten Indikatoren wurden in

den 90er Jahren harmonisiert und sind in einem Methoden-Guide von Eurostat (Eurostat 2001) festgehalten.

Erfasst werden in einer MFA alle Materialien, die von einem gesellschaftlichen System aus der Natur entnommen, verarbeitet und schließlich wieder an die Natur abgegeben werden. Dazu müssen in einem ersten Schritt die Systemgrenzen definiert werden und damit festgelegt werden, was als Teil des natürlichen Systems und was als Teil des betrachteten gesellschaftlichen Systems gilt. In unserem Fall beziehen wir uns auf nationale MFA, das betrachtete gesellschaftliche System ist daher eine Volkswirtschaft mit all ihren Personen und Artefakten (gebaute Infrastruktur, Maschinen, Gebrauchsgüter). Vom Menschen gehaltene Tiere werden per Konvention auch als Teil des gesellschaftlichen Systems betrachtet. (Eurostat 2001, p. 17) Jene Materialien, die aus dem natürlichen System entnommen werden oder aus anderen gesellschaftlichen Systemen importiert werden, um diese Strukturen aufzubauen und zu erhalten, werden als Inputs in das gesellschaftliche System gezählt. Materialien, die in andere Gesellschaften exportiert werden oder die in Form von Abfällen und Emissionen wieder an das natürliche System abgegeben werden, sind Outputs. (Eurostat 2001)

Abbildung 1: Modell einer MFA (leicht verändert nach Matthews et al. 2000; Eurostat 2001)



Source: leicht verändert nach Matthews et al. 2000, Eurostat 2001.

Die MFA folgt in ihrer Erstellung dem Gesetz der Erhaltung der Massen (1. Hauptsatz der Thermodynamik) wonach „Material und Energie in einem geschlossenen System weder geschaffen noch vernichtet werden kann. Prozesse können Material und Energie in ein System aufnehmen und wieder an die Umwelt abgeben, die Menge des Materials und der Energie verändern sich dabei nicht.“ (Georgescu-Roegen 1971) Daher muss folgendes gelten: Inputs = Outputs +/- Bestandsveränderungen. Bestände sind materielle Güter, die länger als ein Jahr im gesellschaftlichen System verbleiben.

Die Materialien werden in einer MFA nach vier Materialgruppen kategorisiert:

- Biomasse (*biomass*)
- Fossile Energieträger (*fossil fuels*)
- Baumineralien (*construction minerals*)
- Industriemineralien und Erze (*industrial minerals and ores*)

Diese Materialkategorien beinhalten viele verschiedene Materialien, deren Entnahme und Verbrauch ganz unterschiedliche Umweltrelevanz aufweisen. Für eine genauere Analyse ist es daher von Vorteil, die Kategorien noch weiter zu zerlegen und 12 Materialkategorien zu unterscheiden:

Tabelle 1: Datenaggregation im Rahmen der Materialflussanalyse (MFA)

Materialkategorien [Agg4]	Subkategorien [Agg12]	Beschreibung
Biomass [b]	Food [b1]	Gesamte potenziell zur menschlichen Ernährung geeignete Biomasse vom Ackerland
	Feed [b2]	Gesamte Biomasse vom Grünland, von Nebenprodukten und Ackerfrüchte, die ausschließlich der Verfütterung dient.
	Animals [b3]	Gesamtes gehandeltes Lebendvieh und tierische Produkte inkl. Fisch
	Wood [b4]	Holz und Holzprodukte inkl. Papier
	Other biomass [b5]	Faserpflanzen, Textilien aus Naturfasern etc.
Fossil Fuels [f]	Coal [f1]	Alle Arten von Kohle und daraus hergestellte Produkte
	Oil [f2]	Alle Arten von Öl und daraus hergestellte Produkte
	Gas [f3]	Alle Arten von Erdgas und daraus hergestellte Produkte
	Other fossil fuels [f4]	Andere fossile Rohstoffe oder Produkte, z.B. Torf etc.
Industrial minerals [i]	Industrial minerals [i2]	Alle nicht-metallischen Mineralien zur industriellen Verwendung (exkl. fossile Energieträger)
	Ores [i1]	Alle Arten von Erzen und aus Metallen hergestellte Produkte
Construction minerals [c]	Construction minerals [c]	Alle Mineralien, die vorwiegend für Bauzwecke verwendet werden

Source: Weisz et al. 2005a

Wasser und Luft werden in einer MFA aufgrund ihrer mengenmäßigen Dominanz nicht berücksichtigt, sondern in eigenen Bilanzen bearbeitet.

In einer MFA werden biophysische Daten für inländische Entnahme (*domestic extraction* = DE), Importe und Exporte erhoben und dann zu verschiedenen Indikatoren aggregiert. (Eurostat 2001, p. 35) Die vorliegenden MFAs konzentrieren sich im wesentlichen auf zwei Indikatoren:

- Inländischer Materialverbrauch (*domestic material consumption*) $DMC = DE + \text{Importe} - \text{Exporte}$. DMC umfasst alle Materialien, die im gesellschaftlichen System verbraucht wurden, sei es im wirtschaftlichen Produktionsprozesse oder im Endkonsum. Anders formuliert ist der DMC ein Maß für all jene Materialien, die in der Gesellschaft akkumuliert oder in Abfälle oder Emissionen verwandelt werden. Der DMC wird entsprechend auch als „*domestic waste potential*“ beschrieben (Weisz et al. 2005b).
- Physische Handelsbilanz (*physical trade balance*) $PTB = \text{Imports} - \text{Exports}$. Die PTB beschreibt, ob eine Gesellschaft ein Netto-Importeur oder Netto-Exporteur von Materialien ist. Dies kann als grobes Maß dafür verstanden werden, ob ein gesellschaftliches System auf Materialien aus anderen Ländern angewiesen ist, oder ob ein Land eigene Ressourcen für den Verbrauch in anderen Regionen zur Verfügung stellt.

Die MFA Indikatoren werden einerseits in den absoluten Mengen als extensive Größen angegeben. Für einen Vergleich mit anderen MFA Studien, ist es andererseits notwendig, die Ergebnisse unabhängig von der alleinigen Größe des betrachteten Systems darzustellen. Dazu werden intensive Variablen verwendet, welche die MFA Daten auf verschiedene Referenzdimensionen beziehen. In den vorliegenden Arbeiten wurden folgende Relationen betrachtet: (1) Materialverbrauch pro Kopf beschreibt die gesellschaftliche Dimension, (2) Materialverbrauch pro Fläche drückt die Intensität der Flächennutzung aus (Weisz et al. 2005a; Weisz et al. 2005b), (3) Materialverbrauch pro Wirtschaftswachstum stellt die Verbindung zur Ökonomie her.

2 Untersuchungsgebiet

Seit den ersten Materialflussrechnungen in den 1990er Jahren wurden mittlerweile für eine große Anzahl an Industrie-, Schwellen- und sogenannte Entwicklungsländer MFAs erstellt¹. In dem vorliegenden Working Paper wollen wir drei weitere MFAs vorstellen, nämlich für die Schweiz, die USA und Saudi Arabien. Der Auswahl der Länder lagen folgende Kriterien zu Grunde:

- Die Schweiz haben wir aus folgenden Gründen ausgewählt: Für die Länder der EU und der EEA (European Environment Agency) wird die Erstellung von MFA zunehmend forciert. Innerhalb Europas wurde für die Schweiz, die weder Mitgliedsland der EU noch der EEA ist, bisher keine MFA erstellt. Gleichzeitig ist die Datenbasis für die Schweiz sehr gut.
- Saudi Arabien: Außerhalb der Europäischen Länder bzw. der industrialisierten Ökonomien wurden MFA bisher vorwiegend für Länder aus Asien oder Südamerika erstellt. Für die erdölproduzierenden Länder des Arabischen Raumes liegen diesbezüglich noch keine Daten vor, und so haben wir versucht, einen ersten Beitrag zum Schließen dieser Lücke zu leisten. Saudi Arabien erwies sich dabei als jenes Land, für das statistische Daten am besten zugänglich waren.
- Die USA schließlich ist innerhalb der globalen Weltökonomie eine der dominantesten Wirtschaftsmächte. Zwar liegt mit einer Studie des World Resources Institutes (Adriaanse et al. 1997) bereits empirisches Material zur Entwicklung der Materialinputs in die US Ökonomie vor, diese Arbeit berücksichtigt allerdings nur einen kurzen Zeitraum, nämlich 1980 bis 1994, und dabei auch nur die inländische Entnahme und die materiellen Importe. Eine umfassende Materialbilanz bis in jüngere Jahre erschien uns daher ein reizvoller Aspekt². Zusätzlich unterhält die USA enge politische und physische

¹ Inputs für Deutschland, Japan, Niederlande, USA: Adriaanse et al. 1997; Outputs für Deutschland, Japan, Niederlande, Österreich, USA: Matthews et al. 2000; Österreich: Schandl et al. 2000; Brasilien: Machado 2001; Chile: Giljum 2004; China: Xiaoqiu Chen und Lijia Qiao 2001; Tschechische Republik: Scasny et al. 2003; Dänemark: Pedersen 2002; Finnland: Mäenpää und Juutinen 2001, Muukkonen 2000; Deutschland: German Federal Statistical Office - Statistisches Bundesamt 2000, German Federal Statistical Office - Statistisches Bundesamt 1995; Ungarn: Hammer und Hubacek 2003; Italien: Femia 2000, Barbiero et al. 2003; Laos: Schandl et al. 2005; Philippinen: Rapera 2004; Polen: Mündl et al. 1999; Schweden: Isacson et al. 2000; Thailand: Weisz et al. 2005c; Großbritannien: DETR/ONS/WI 2001, Schandl und Schulz 2002; Venezuela: Castellano 2001

² Im Zuge der Erstellung dieser Working Papers wurde eine weitere MFA für die USA vom World Resources Institute präsentiert. Eine Publikation dieser Ergebnisse liegt zur Zeit der Veröffentlichung dieses Working Papers noch nicht vor.

Beziehungen zu Saudi Arabien, was eine gemeinsame Betrachtung dieser beiden Länder noch interessanter macht.

Bevor wir uns den Materialflussdaten widmen, werden wir in den folgenden drei Kapiteln die drei Länder und deren sozioökonomische Struktur kurz vorstellen.

2.1 Länderprofil USA

Fläche (Baratta (Hg) 2003): 9.809.155 km² (Weltrang: 3)

Einwohner (Baratta (Hg) 2003): 288.369.000 (Weltrang: 3)

Bevölkerungsdichte: 29 Personen je km²

Landesstruktur (Baratta (Hg) 2003): Hauptstadt Washington D.C., Amtssprachen Englisch, Spanisch (regional); 50 Bundesstaaten und der District of Columbia/DC mit Bundeshauptstadt Washington; Bundesstaaten jeweils mit Verfassung und Parlament aus 2 Kammern (nur Nebraska 1 Kammer) sowie einem gewählten Gouverneur.

Politisches System (Baratta (Hg) 2003): Präsidiale Bundesrepublik seit 1789. Parlament (Congress): Repräsentantenhaus (House of Representatives) mit 435 Mitgliedern (Wahl alle 2 Jahre) und Senat (Senate) mit 100 Mitgliedern (Wahl für 6 Jahre, Neuwahl alle 2 Jahre von $\frac{1}{3}$ der Senatoren). Indirekte Wahl des Staatsoberhauptes durch 535 Wahlmänner (Electoral College) alle 4 Jahre (einmalige Wiederwahl). Wahlrecht ab 18 Jahre.

Klima – Umwelt – natürliche Ressourcen (CIA 2005): Überwiegend temperiert, tropisch in Hawaii und Florida, arktisch in Alaska; teilweise arid und semiarid im Bereich der Great Plains sowie im Südwesten. Landesfläche gekennzeichnet durch weitläufige Ebenen im Zentralraum, Gebirge im Westen, Berg- und Hügelland im Osten, schroffe Gebirge und weitläufige Flusstäler in Alaska sowie schroffe, vulkanisch geformte Topographie auf Hawaii. 19 % Ackerland, 81 % andere Landnutzung.

Umweltprobleme: Luftverschmutzung und in Folge saurer Regen, hohe CO₂ Emissionsraten (die USA ist weltweit größter Emittent an CO₂ durch die Verbrennung fossiler Energieträger), Wasserverschmutzung durch Pestizide und Düngemittel, limitierte Frischwasserressourcen im Westen, Desertifikation.

Bodenschätze: Kohle, Kupfer, Blei, Molybdän, Phosphate, Uran, Bauxit, Gold, Eisen, Quecksilber, Nickel, Kalium, Silber, Wolfram, Zink, Erdöl, Erdgas, Holz.

Wirtschaft (CIA 2005): Größte und technologisch schlagkräftigste Volkswirtschaft der Welt, starke Marktorientierung und Deregulierung, hohes Ausmaß an Flexibilität für Unternehmen, hohe Innovationskraft v.a. in der Computer-, Medizin-, Luft- und Raumfahrt-,

Rüstungsindustrie. Der starke technologische Fortschritt erklärt den zum Teil auftretenden „Zweiklassen-Arbeitsmarkt“, d.h. im Vergleich zur oberen Klasse Mangel für die untere Klasse an technisch-professionellen Qualifikationen, Ausbildungsmöglichkeiten sowie teilweises Fehlen von Lohnanpassungen, Krankenversicherung und Sozialleistungen. (Praktisch gesamte Steigerung des Haushalteinkommens seit 1975 entfällt auf obere 20 % der Haushalte.) In den Jahren 1994–2000 Anwachsen des BIP, niedrige Inflations- und Arbeitslosenrate, seit 2000 abgeschwächtes Wachstum.

Langfristige ökonomische Probleme: Unzureichende Investitionen in die ökonomische Infrastruktur, aufgrund einer alternden Bevölkerung stark ansteigende Gesundheits- und Pensionskosten, beträchtliche Handels- und Budgetdefizite, Stagnation der Familieneinkommen in den unteren Einkommensschichten.

Wirtschaftliche Eckdaten (CIA 2005):

- BIP pro Kopf: USD 40.100. BIP-Wachstum pro Jahr: 4,4 %
- BIP-Anteil der Wirtschaftssektoren: 0,9 % Landwirtschaft, 19,7 % Industrie, 79,4 % Dienstleistungen.
- Inflationsrate: 2,5 %
- Haushaltseinkommen bzw. Konsum: 1,8 % durch die ärmsten 10 % der Bevölkerung, 30,5 % durch die reichsten 10 %
- Erwerbsbevölkerung: 147,4 Mio. (= 50 % der Bevölkerung)
- Arbeitslosenrate: 5,5 %
- Wichtige Industriezweige: Erdöl, Stahl, Kraftfahrzeuge, Luft- und Raumfahrt, Telekommunikation, Chemie, Elektronik, Lebensmittelverarbeitung, Konsumgüter, Holz, Bergbau. Weltweit führende „Industriemacht“ mit hochdiversifizierter und technologisch fortschrittlicher Industrie.
- Wichtige landwirtschaftliche Produkte: Weizen, Mais, anderes Getreide, Obst, Gemüse, Baumwolle, Rind-, Schweine-, Geflügelfleisch, Milchprodukte, Holzprodukte, Fisch
- Exportwaren: Investitionsgüter, Kraftfahrzeuge, Hilfs-, Betriebs- und Rohstoffe für die Industrie, Konsumgüter, landwirtschaftliche Produkte. Wichtigste Exportpartner: Kanada, Mexiko, Japan, UK, Deutschland.
- Importwaren: Rohöl und raffinierte Erdölprodukte, Maschinen, Kraftfahrzeuge, Konsumgüter, Rohstoffe für die Industrie, Lebensmittel und Getränke. Wichtigste Importpartner: Kanada, China, Mexiko, Japan, Deutschland

Bevölkerung (CIA 2005):

- Ethnische Gruppen: 81,7 % Weiße, 12,9 % Schwarze, 4,2 % Asiaten, 1 % indigene Bevölkerung (Amerindians und Alaska), 0,2 % Hawaiianer und andere Pazifikbewohner.

- Religionen: 52 % Protestanten, 24 % Katholiken, 2 % Mormonen, 1 % Juden, 1 % Muslime, 10 % andere, 10 % ohne Bekenntnis.
- Bevölkerungswachstum: 0,92 %; Durchschnittsalter: 36 Jahre (0-14 Jahre: 20,8 %, 15-64 Jahre: 66,9 %, >65 Jahre: 12,4 % der Bevölkerung)
- Lebenserwartung: 77,71 Jahre. Fruchtbarkeitsrate: 2,08 Geburten pro Frau.
- Analphabetenrate Erwachsene: 3 % der über 15jährigen
- Bevölkerung unter der Armutsgrenze: 12 %

2.2 Länderprofil Saudi Arabien

Fläche (Baratta (Hg) 2003): 2.240.000 km² (Weltrang: 13)

Einwohner (Baratta (Hg) 2003): 21.886.000 (Weltrang: 49)

Bevölkerungsdichte: 9,8 Personen je km²

Landesstruktur (Baratta (Hg) 2003): Hauptstadt Ar-Riyad (Riad). Amtssprache Arabisch. 13 Regionen mit 103 Governoraten; Außerdem 2 Neutrale Zonen: 5.770 km² zum angrenzenden Kuwait, seit 1966 administrative Teilung und gemeinsame Nutzung der Erdölvorkommen; 7.044 km² zum angrenzenden Irak, entmilitarisiert und unbesiedelt.

Politisches System (Baratta (Hg) 2003): Islamische absolute Monarchie seit 1932, Verfassung von 1993, Islamisches Recht (Scharia), König nominell auch geistliches Oberhaupt (Hüter der Heiligen Stätten), Nationaler Konsultativrat (Madschlis al-Schura) mit 120 Mitgliedern (davon 4 für schiitische Minderheit reserviert) alle 4 Jahre durch König ernannt.

Klima – Umwelt – natürliche Ressourcen (CIA 2005): rauhes Klima mit großen Temperaturextremen, häufige Sand- und Staubstürme, Landesfläche großteils aus unbevölkerter Sandwüste bestehend (98,24 %. Nur 1,76 % agrarisch genutzte Fläche). Umweltprobleme: Desertifikation, Erschöpfung der Grundwasservorkommen und fehlende Oberflächengewässer (in Folge Errichtung großer Meerwasser-Entsalzungsanlagen), Verschmutzung der Küsten durch Öl-Unfälle.
Bodenschätze: Erdöl, Erdgas, Eisenerz, Gold, Kupfer.

Wirtschaft (CIA 2005): Große Abhängigkeit der gesamten Volkswirtschaft von Ölförderung und Ölpreisen, starke staatliche Eingriffe ins Wirtschaftsgeschehen. Saudi Arabien verfügt über größte Erdölreserven weltweit (26 % der nachgewiesenen Reserven), ist größter Erdölexporteur weltweit, spielt eine führende Rolle in der OPEC. Erdölsektor stellt 75 % der Budgeteinnahmen, 45 % des BIP und 90 % der Exporteinnahmen, 25 % des BIP aus

privatem Sektor. Ca. 5,5 Mio. Gastarbeiter, diese spielen eine wichtige Rolle in der Wirtschaft Saudi Arabiens (z.B. Erdöl- und Dienstleistungssektor). Wachstum des privaten Sektors wird staatlich gefördert, um Abhängigkeit vom Erdölsektor zu verringern und Beschäftigungsmöglichkeiten für die wachsende Bevölkerung zu schaffen (Durchschnittsalter 18,8 Jahre, Arbeitslosenrate 25 %). Staatsausgaben fließen außerdem v.a. in Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung sowie in das Bildungssystem. Wasserknappheit und starkes Bevölkerungswachstum schränken staatliche Bemühungen ein, den Selbstversorgungsgrad an Lebensmitteln zu erhöhen.

Wirtschaftliche Eckdaten (CIA 2005):

- BIP pro Kopf: USD 12.000; BIP-Wachstum pro Jahr: 5 %
- BIP-Anteil der Wirtschaftssektoren: 4,2 % Landwirtschaft, 67,2 % Industrie, 28,6 % Dienstleistungen
- Erwerbsbevölkerung: 6,62 Mio. (35 % der 15-64jährigen sind Nicht-Saudis)
- Arbeitslosenrate: 25 %
- Wichtige Industriezweige: Rohölproduktion, Erdölraffination, petrochemische Produkte, Zement, Bauindustrie, Handelsdünger, Kunststoffe.
- Wichtige landwirtschaftliche Produkte: Weizen, Gerste, Tomaten, Melonen, Datteln, Zitrusfrüchte, Schafe, Hühner, Eier, Milch.
- Exportwaren: zu 90 % Erdölprodukte. Wichtigste Exportpartner: US, Japan, Süd-Korea, Singapur, China.
- Importwaren: Maschinen, Lebensmittel, chemische Produkte, Autos, Textilien. Wichtigste Importpartner: US, Japan, Deutschland, UK, Frankreich, Italien.

Bevölkerung (CIA 2005):

- Ethnische Gruppen: 90 % Araber, 10 % Afro-Asiaten
- Religionen: 100 % Moslems
- Bevölkerungswachstum: 2,31 %; Durchschnittsalter: 21,28 Jahre (0-14 Jahre: 38,2 %, 15-64 Jahre: 59,4 %, >65 Jahre: 2,4 % der Bevölkerung)
- Lebenserwartung: 75,46 Jahre
- Fruchtbarkeitsrate: 4,05 Geburten pro Frau
- Analphabetenrate Erwachsene: 21,2 % der über 15jährigen

2.3 Länderprofil Schweiz

Fläche (Baratta (Hg) 2003): 41.285 km (Weltrang: 133)

Einwohner (Baratta (Hg) 2003): 7.231.000 (Weltrang: 93)

Bevölkerungsdichte (Baratta (Hg) 2003): 175 Personen je km²

Landesstruktur (Baratta (Hg) 2003): Hauptstadt Bern, Amtssprachen Deutsch, Französisch, Italienisch, teilweise Rätoromanisch.

Geographie (Baratta (Hg) 2003): keine Küsten. Landesgrenzen zu Österreich, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Deutschland. Temperates Klima. Vorwiegend Berge mit einem zentralen Plateau mit Hügeln, Ebenen und großen Seen.

Politisches System (Baratta (Hg) 2003): Parlamentarischer Bundesstaat seit 1848; Parlament: Nationalrat mit 200 Mitgliedern und Ständerat mit 46 Mitgliedern. Wahl der Nationalratsmitglieder auf 4 Jahre, jeder Kanton erhält mind. 1 Mandat proportional zur Bevölkerung. Mitglieder des Ständerates werden in den Kantonen alle 4 Jahre direkt gewählt. Wahlrecht: ab 18 Jahren. Verwaltung: 20 Vollkantone und 6 Halbkantone mit jeweils eigener Verfassung, Parlament und Regierung; Regierungschef: Bundespräsident.

Klima – Umwelt – natürliche Ressourcen (CIA 2005): vorwiegend temperiertes Klima, variierend je nach Höhe. Kalte, regnerische oder verschneite Winter; kalte bis warme, feuchte Sommer mit gelegentlichen Schauern.

Landnutzung: 10,42 % Ackerland, 0,61 % Dauerkulturen, 88,97 % andere Nutzung.

Natürliche Ressourcen: Potential zur Nutzung von Wasserkraft, Holz und Salz.

Umweltprobleme: Luftverschmutzung durch Emissionen von Fahrzeugen, saurer Regen, Wasserverschmutzung durch vermehrte Nutzung von landwirtschaftlichen Düngemitteln, Verlust von Biodiversität.

Wirtschaft (CIA 2005): prosperierende und stabile moderne Marktwirtschaft mit niedriger Arbeitslosenrate; hochqualifizierte Arbeitskräfte, und ein pro-Kopf BIP höher als die meisten großen West-Europäischen Ökonomien. Das Wirtschaftswachstum fiel in 2001 auf 0,8 %, in 2002 auf 0,2 % und –0,3 % in 2003.

Wirtschaftliche Eckdaten (CIA 2005):

- BIP pro Kopf: USD 33.800, BIP-Wachstum pro Jahr: 1,8 % (2004)
- BIP-Anteil der Wirtschaftssektoren: 1,5 % Landwirtschaft, 34 % Industrie, 64,5 % Dienstleistungen
- Inflationsrate: 0,9 %
- Haushaltseinkommen bzw. Konsum: 2,6 % durch die ärmsten 10 % der Bevölkerung, 25,2 % durch die reichsten 10 %
- Erwerbsbevölkerung: 3,77 Mio.
- Arbeitslosenrate: 3,4 %
- Wichtige Industriezweige: Maschinen, Chemikalien, Uhren, Textilien, Präzisionsgeräte.

- Wichtige landwirtschaftliche Produkte: Getreide, Früchte, Gemüse, Fleisch, Eier.
- Exportwaren: Maschinen, Chemikalien, Metalle, Uhren, landwirtschaftliche Produkte.
Wichtigste Exportpartner: Deutschland, USA, Frankreich, Italien, UK, Japan.
- Importwaren: Maschinen, Chemikalien, Fahrzeuge, Metalle, landwirtschaftliche Produkte, Textilien. Wichtigste Importpartner: Deutschland, Frankreich, Italien, USA, die Niederlande, Österreich, UK.

Bevölkerung (CIA 2005):

- Ethnische Gruppen: Deutsch 65 %, Französisch 18 %, Italienisch 10 %, Romanisch 1 %, andere 6 %.
- Religionen: 41,8 % Katholiken, 35,5 % Protestanten, 1,8 % Orthodoxe, 0,4 % andere Christen, 4,3 % Muslime, 1 % andere, 4,3 % unspezifiziert, 11,1% ohne Bekenntnis.
- Bevölkerungswachstum: 0,49 %; Durchschnittsalter: 39,77 Jahre (0-14 Jahre: 16,6 %, 15-64 Jahre: 68 %, >65 Jahre: 15,4 % der Bevölkerung)
- Lebenserwartung: 80,39 Jahre; Fruchtbarkeitsrate: 1,42 Geburten pro Frau
- Analphabetenrate Erwachsene: 1 % der über 15jährigen

3 Methoden und Datenquellen

In dieser Arbeit beschränkten wir uns in den MFAs auf die Jahre 1980 bis 2000 und auf die direkten Materialinputs in das sozioökonomische System des jeweiligen Landes sowie die materiellen Exporte an andere Volkswirtschaften. Die betrachteten Materialflüsse sind daher:

- Inländische Materialentnahme (Domestic Extraction = DE): Die inländische, verwertete Entnahme an Biomasse (*biomass*), fossilen Energieträgern (*fossils*), Baumineralien (*construction minerals*) und Industriemineralien und Erzen (*industrial minerals and ores*)
- Importe und Exporte: Mit dem jeweiligen Eigengewicht zum Zeitpunkt des Grenzübertritts

Die Materialflussdaten basieren auf nationalen und insbesondere internationalen Datenquellen. Die daraus gewonnenen Primärdaten wurden den in Tabelle 1 dargestellten 12 Subkategorien [agg12] zugeordnet. Abschließend erfolgte die Aggregation auf die 4 Materialkategorien (siehe dazu Tabelle 1 in Kapitel 1).

Im folgenden werden, gegliedert nach den einzelnen Materialkategorien, die verwendeten Datenquellen beschrieben sowie die methodische Vorgehensweise zur Ergänzung bzw. Modellierung fehlender Daten erläutert.

3.1 Biomasse (*Biomass*)

Die Daten zur Berechnung der Materialinputs in der Kategorie Biomasse entstammten zum Großteil der FAOSTAT, der Statistischen Datenbank der Food and Agricultural Organization (FAO 2004). In dieser Datenbank sind ab dem Jahre 1961 jährliche Daten über die Produktion land- und forstwirtschaftlicher Biomasse, den Viehbestand, die Landnutzung, den Holzeinschlag, die Fischereiwirtschaft, den Außenhandel mit land- und forstwirtschaftlichen Produkten, die Bevölkerung etc. enthalten. Manche MFA-relevante Daten sind in der FAO Statistik nur unzureichend reportiert. Dies betrifft vor allem die Produktion und Nutzung von Erntenebenprodukten (z.B. Stroh) sowie die in Form von Futtermitteln genutzte Biomasseproduktion von Grün- und Ackerland (z.B. Grünfutter, Silage, Heu, Futtergetreide). Darüber hinaus gibt die FAOSTAT keine Angaben über abgeweidete Biomasse. In diesen Fällen bezogen wir die notwendigen Angaben aus anderen Quellen beziehungsweise berechneten sie mittels Schätzmethode. Die verwendeten Datenquellen können je nach untersuchter Region unterschiedlich sein und werden daher im folgenden differenziert nach Ländern angegeben.

Spezifische Berechnungen für die USA

(Umrechnungsfaktoren vgl. Anhang, Kapitel 8)

- Stroh: Für die Schätzung der gesamten zu erwartenden Menge an Stroh wurde ein Korn-Stroh-Verhältnis von 1 : 1 angenommen. Die weitere Berechnung stützte sich auf die Annahme, dass von dem anfallenden Stroh 50 % genutzt werden, der Rest verbleibt ungenutzt am Feld bzw. wird eingearbeitet (Eurostat 2002).
- Futtermittel: In der FAOSTAT nicht verfügbare Daten zur Ernte von Heu und Stroh wurden aus verschiedenen Jahrgängen der Publikation „agricultural statistics“ vom United States Department of Agriculture (USDA) entnommen (United States Department of Agriculture 1936). Zur Berechnung der Futteraufnahme durch Beweidung wurde eine grobe Futterbilanz erstellt: In den Jahrbüchern zur agricultural statistics (USDA) wird der Viehbestand nach Futternutzung aufgeschlüsselt und angegeben wie viele GVE überwiegend, teilweise und gar nicht mit Rauhfutter ernährt werden. Der Futterbedarf der Rauhfutterverzehrer wurde aus der Anzahl der Großvieheinheiten die überwiegend und 50 % der GVE die teilweise mit Rauhfutter ernährt wurden und einem täglichen Rauhfutterbedarf von 11,25 kg Trockenmasse je Großvieheinheit (GVE) und Tag errechnet. Die Biomasseaufnahme durch Beweidung wurde als Differenz zwischen errechnetem Futterbedarf und bekanntem Futteraufkommen (Gras, Heu und anderes Rauhfutter vom Ackerland) errechnet.
- Heu und Futterleguminosen: Fehlende Werte für die Produktion von Heu (*hay*) der Jahre 1980 – 1984 bzw. Futterleguminosen (*mixed grasses and legumes*) vor 1985 wurden durch lineare Extrapolation aus vorhandenen Datenpunkten ermittelt.
- Truthühner und Hühner: Eine Plausibilitätskontrolle der Daten durch Vergleich mit den in den Statistics on the United States of America (Klein 2005) verfügbaren Tierbestandszahlen zeigte, dass die in der FAOSTAT enthaltenen Werte für Truthühner und Hühner vermutlich um den Faktor 1.000 zu niedrig sind. Die Daten wurden daher entsprechend korrigiert.

Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien

(Umrechnungsfaktoren vgl. Anhang, Kapitel 8)

- Stroh: Für die Schätzung der gesamten zu erwartenden Menge an Stroh verwendeten wir das Korn-Stroh-Verhältnis für West-Asien nach Wirsenius (2000). Die weitere Berechnung stützte sich auf die Annahme, dass von dem anfallenden Stroh 50 % genutzt

werden, der Rest wird wieder in den Acker eingearbeitet (Eurostat 2002). Von diesen 50 % wird angenommen, dass die Hälfte verfüttert wird und die restliche Menge anderer Nutzung (z.B. Heiz-, Baumaterial) zugeführt wird.

- Futtermittel: Zur Schätzung dieser Materialflüsse verwendeten wir folgende Methode: Saudi Arabien besitzt zum Einen Hühner, von denen angenommen wurde, dass sie vorwiegend durch Futtergetreide ernährt werden. Zum Anderen umfasst der Nutztierbestand Rinder, Schafe, Esel, Kamele etc., die vorwiegend über Beweidung sowie mit Stroh und anderen Rauhfuttermitteln ernährt werden. Die FAO berichtet in den „foodbalance sheets“ (FAO 2004) 6,4 Mio. Tonnen an Futtergetreide. Dies entspricht in etwa dem Futterbedarf des gesamten Hühnerbestandes (basierend auf der Annahme von 120 g Futtermittel pro Tag und Huhn, vgl. Baumann 2005). Es wurde angenommen, dass das gesamte Futtergetreide in der Hühnerfütterung eingesetzt wird und die restlichen Nutztiere zur Gänze über Weide, Stroh und andere Rauhfuttermittel ernährt werden. Zur Bestimmung des Futterbedarfs (und damit der inländischen Biomasseentnahme über Beweidung sowie an Rauhfuttermitteln und Stroh für Futterzwecke) verwendeten wir die Angaben zum Futterbedarf von Nutztieren in Eurostat (2002): Rind: 9 kg Trockenmasse/Kopf/Tag, Schafe und Ziegen: je 1 kg, Pferde: 11 kg, Esel und Maultiere: 4 kg (eigene Schätzung), Kamele: 10 kg (eigene Schätzung). Die Futterbedarfsmengen entsprechen Werten für europäische Tiere. Man kann davon ausgehen, dass Tiere in Saudi Arabien ein geringeres Lebendgewicht und folglich einen geringeren Futterbedarf aufweisen; die vorliegende Berechnung der Futtermengen stellt daher möglicherweise eine Überschätzung dar.
- Melonen: Die Daten für die Melonenproduktion des Jahres 1971 wies einen extrem erhöhten Wert auf (1970: 165.000 Tonnen, 1971: 1.250.000 Tonnen) mit anschließendem linearen Abfall in den Jahren 1972 und 1973. Eine Gegenkontrolle mit Ertragszahlen aus der FAO (2004) verstärkte die Vermutung, dass es sich hierbei um fehlerhafte Daten handelt. Daher ersetzten wir die Werte für 1971 bis 1973 durch den Mittelwert der Jahre 1970 und 1974.

Spezifische Berechnungen für die Schweiz

- Fischerei: Angaben für die Fischereiproduktion enden mit dem Jahr 1999. Für das Jahr 2000 benutzten wir eine Mittelwertberechnung über die Jahre 1995 - 1999.
- Futtermittel: Grasernte sowie sonstige Futtermittel haben wir durch ein „demand estimate“ über den Viehbestand mit Hilfe von Futterbedarfsfaktoren von Eurostat (2002) zugeschätzt. Die Futterkategorien 636-655 der FAO Datenbank sind in den so

errechneten Mengen enthalten und diese FAO Daten wurden daher in Folge nicht in der DE berücksichtigt.

- Stroh, Futterrübenblättern und Zuckerrübenblättern: Die Berechnung erfolgte über Indikatoren laut Eurostat (2002): Das Verhältnis Korn : Stroh = 1 : 1, das Verhältnis genutztes Stroh : gesamte Strohproduktion = 1 : 2. Für Futterrüben beträgt das Verhältnis Rübe : Blätter = 0,33 und genutzte Blätter : Gesamternte an Blättern = 0,8. Für Zuckerrüben das Verhältnis Rübe : Blätter = 0,8 und genutzte Blätter : Gesamternte an Blättern = 0,25. Anschließend wurden die errechneten Werte mit den Werten aus den „Statistischen Erhebungen und Schätzungen über Landwirtschaft und Ernährung“ des Schweizerischen Bauernverbandes verglichen und abgestimmt.
- Holz: Eine Recherche betreffend der großen Sprünge in den Datenreihen der Forstproduktion in den Jahren 1990 und 2000 ergab, dass Sturmschäden die Holzentnahme in den entsprechenden Jahren fast verdoppelt haben.

3.2 Fossile Energieträger (*Fossils*)

Die Ausgangsdaten für die *domestic extraction* an fossilen Energieträgern entnahmen wir dem Industrial Commodity Production Statistics der Vereinten Nationen (UN 2002b). Die Umrechnung der Angaben auf Tonnen basiert auf den Umrechnungsfaktoren in Eurostat (2002) bzw. im „Handbook of Physical Accounting“ (Schandl et al. 2002).

Spezifische Berechnungen für die USA

Zur Ergänzung fehlender Daten für die USA zogen wir heran (Details vgl. Anhang, Kapitel 8):

- UN Energy Statistics Yearbook 1999, Printversion (UN 2002a) für Braunkohle (*lignite*), Steinkohle (*hard coal*), Rohöl (*crude petroleum oil*), natural gas der Jahre 1999 und 2000,
- UN Industrial Commodity Production Statistics Database (UN 2002b) für Torf für landwirtschaftliche Zwecke (*peat for agricultural use*) des Jahres 2000,
- UN Industrial Commodity Production Statistics Database (UN 2002b) für *natural gasolene* der Jahre 1999 und 2000,
- UN Industrial Commodity Production Statistics Database (UN 2002b) für Torf als Brennstoff (*peat for fuel*) der Jahre 1983 - 1985, Torf für landwirtschaftliche Zwecke (*peat for agricultural use*) der Jahre 1980 – 1999.

Die Überprüfung der USA-Daten auf Datenbrüche zeigte einen auffälligen Peak für *natural gas* im Jahr 1988. Im Vergleich dazu war im UN Industrial Commodity Statistics Yearbook 1997 (UN 1999a) kein entsprechender Peak zu finden. Für das Jahr 1988 ersetzten wir deshalb den Datenwert für *natural gas* des Industrial Statistics Yearbook der Vereinten Nationen durch UN (1999a).

Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien

Für Saudi Arabien verwendeten wir folgende ergänzende Datenquellen (Details vgl. Anhang, Kapitel 8):

- Energy Information Administration (Energy Information Administration EIA 2005) für flüssige Erdgasprodukte (*natural gas liquids*),
- UN Industrial Commodity Production Statistics Database (UN 2002b) für *natural gasolene* der Jahre 1991 – 1994,
- International Energy Agency (IEA 2002) für *natural gasolene* der Jahre 1980 – 1990,
- International Energy Agency (IEA 2002) für *natural gas* bzw. Rohöl (*crude oil*) der Jahre 1980 – 1998,
- UN Energy Statistics Yearbook 1999, Printversion (UN 2002a) für *natural gas* bzw. Rohöl (*crude oil*) des Jahres 1999,
- Weber & Zsak (2002) für Rohöl (*crude oil*) des Jahres 2000.

Die Daten der EIA (Energy Information Administration EIA 2005) stimmten mit jenen des UN Energy Statistics Yearbook (UN 2002a) für den Zeitraum 1992 – 1999 nicht überein. Da die EIA-Daten im Vergleich zu den Daten aus dem UN Energy Statistics Yearbook auf einer breiteren Datenbasis beruhen³ und zudem für die ausgewerteten 21 Jahre durchgehend verfügbar sind, verwendeten wir die EIA-Daten.

Fehlende Daten für *natural gasolene* für den Zeitraum 1995 - 2000 modellierten wir basierend auf dem mittleren Zuwachs des Zeitraumes 1990 - 1994. Den fehlenden Wert für die *natural gas*-Entnahme im Jahr 2000 ersetzten wir durch den Mittelwert der Jahre 1997 - 1999.

³ Daten der EIA entspringen Angaben des Saudi Ministry of Petroleum, des Saudi Central Department of Statistics sowie Schätzungen der OPEC. Im Gegensatz dazu entstammen Daten aus dem UN Energy Statistics Yearbook ausschließlich den Angaben des Saudi Central Department of Statistics.

Spezifische Berechnungen für die Schweiz

Als Datenquellen dienten hier die OECD Statistical Compendium (IEA 2002). Ergänzend wurde im Historischen Lexikon der Schweiz (Marco Jorio (Ed.) 2003) über die Verfügbarkeit der Rohstoffe und deren historischen Abbau nachgelesen.

- Natural Gas: Daten waren nur für 1984 und 1995 verfügbar. Das historische Lexikon der Schweiz belegt, dass Förderung tatsächlich nur in diesem Zeitraum stattgefunden hat.

3.3 Baumineralien (*Construction minerals*)

Datengrundlage bildeten Angaben der UN Industrial Commodity Production Statistics Database (UN 2002b). Diese enthält auf Länderebene jährliche Daten zu Bergbau (Kohle, Rohöl and natural gas, metallische Erze, nicht-metallische Mineralien und Düngemittel) und verarbeitender Industrie (Nahrungsmittel, Getränke, Tabak). Eine weitere Datenquelle bot der United States Geological Survey USGS (2004) in seinen fact sheets über die mineralische Industrie. Diese fact sheets enthalten Informationen zur Produktion von Industriemineralien, Erze, Baumineralien und Fossile Rohstoffe der meisten Länder der Welt.

Spezifische Berechnungen für die USA

Für die USA stammte – mit Ausnahme des Jahres 2000, für das USGS-Daten (2004) herangezogen wurden – der gesamte Datensatz von der UN Industrial Commodity Production Statistics Database (UN 2002b). Die Analyse der Daten zeigte folgende Besonderheiten:

- Die Daten für Kalkstein (*limestone*) wiesen auf einen erstaunlich starken Einbruch Ende der 1980er Jahre hin (1988 und 1989 fehlen Daten, für 1990 ist die DE um etwa den Faktor 350 geringer als 1987). Laut USGS fact sheets führte v.a. ein Rückgang der Stahlindustrie Anfang der 1980er zu einem enormen Nachfragerückgang nach Kalk.
- Von der Gesamtproduktion an Ton wurde Kaolin abgezogen, da diese Tonart in der Materialkategorie Industriemineralien aufscheint.

Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien

Da für Saudi Arabien statistische Daten für die Materialkategorie Baumineralien gänzlich fehlten, musste die DE dieser Materialkategorie für die gesamte Zeitreihe modelliert werden.

Zur Ermittlung eines Ausgangswertes für die Höhe der Entnahme von Baumineralien zogen wir den Oman als Referenzland heran. Die Berechnung hier im Detail:

- (1) Bestimmen der Entnahme von *sand and gravel* (Hauptbestandteil der Kategorie *construction minerals*) für den Oman für die Jahre 1990 - 1999 gemäß United States Geological Survey (USGS 2004)
- (2) Berechnung der Pro-Kopf-Entnahme von *sand and gravel* für den Oman für die Jahre 1990 – 2000
- (3) Heranziehung der Pro-Kopf-Werte für *sand and gravel* im Oman als Berechnungsgrundlage für die *construction minerals* in Saudi Arabien: Pro-Kopf-Entnahme von *construction minerals* im Oman für 1998⁴ x Bevölkerung in Saudi Arabien im Jahre 2000 = Entnahme von *construction minerals* in Saudi Arabien,
- (4) Berechnung der Veränderungsrate des GDP im Bausektor in Saudi Arabien (gemäß UN 2002b) für die Jahre 1980 - 2000 mit dem Wert für 2000 als Ausgangswert (d.h. Jahr 2000 = 100 %),
- (5) Berechnung der Zeitreihe 1980 - 2000: Entnahme von *construction minerals* für 2000 für Saudi Arabien x jährliche Veränderungsrate des GDP im Bausektor für Saudi Arabien.

Spezifische Berechnungen für die Schweiz

Daten für Baumineralien wurden leider in keiner Datenbank ausreichend reportiert. Lediglich für die Kategorie „Schotter“ standen Werte für die späten 90er Jahre zur Verfügung, die im Vergleich mit den entsprechenden Werten in Österreich (Schandl et al. 2000) plausibel erschienen. Für das Jahr 1999 waren die Werte der Kategorie „Schotter“ der Schweiz mit jenen von Österreich vergleichbar. Das Verhältnis der Kategorie „Schotter“ zu den restlichen Baumineral-Kategorien (vor allem „Sand und Kies“) in Österreich zogen wir für die Abschätzung der fehlenden Kategorien für die Schweiz heran. Die Rückrechnung der Baumineralien bis 1980 führten wir im nächsten Schritt basierend auf der GDP-Entwicklung in der Schweiz durch. Die dahinter liegende Annahme war, dass der Bausektor stark mit dem Wirtschaftswachstum korreliert und daher das GDP als Maß für die Verwendung an Baumineralstoffen herangezogen werden kann.

⁴ Die Pro-Kopf-Werte im Oman lagen im Zeitraum 1990 – 1998 zwischen 3,2 t und 4,2 t. Der Wert für 1999 betrug 6 t pro Kopf und lag damit deutlich darüber. Für die weitere Modellierung zogen wir daher der Zahlenwert für 1998 heran.

3.4 Industriemineralien und Erze

(Industrial minerals and Ores)

Datengrundlage hier bildeten – ebenso wie für die Baumineralien – die Daten der UN Industrial Commodity Production Statistics Database (UN 2002b) sowie der United States Geological Survey (USGS 2004).

Spezifische Berechnungen für die USA

Datenlücken für die USA behandelten wir wie folgt:

- Für Magnesit und Kalk (*magnesite and chalk*) lagen sowohl seitens der UN Industrial Commodity Production Statistics Database als auch der USGS keine Daten vor. Diese Mineralien konnten daher nicht berücksichtigt werden.
- Für Kaliumsalze und Schwefel (*potash salts and native sulphure*) lagen nur der Kalium- bzw. Schwefelgehalt vor, nicht aber die Werte für das gesamte abgebaute Gestein (Bruttoabbaumengen). In Ermangelung von Umrechnungsfaktoren wurden die Originalwerte übernommen; die DE dieser beiden Mineralien wurde damit unterschätzt.
- Auch Erze (*ores*) werden häufig in Form der gewonnenen Metallmengen und nicht in Bruttoabbaumengen angegeben. Mittels der in Gocht (1985) angeführten Metallgehalte wurde daher auf die Bruttoabbaumengen rückgerechnet (Details vgl. Anhang, Kapitel 8). Derartige Umrechnungen nahmen wir für folgende Erze und Jahre vor: Kupfer (*copper*) und Eisen (*iron*) für die Jahre 1999 und 2000, Blei (*lead*) für die Jahre 1984 – 1994 und 1996 – 2000, Quecksilber (*mercury*) für die Jahre 1994 – 2000, Molybdän (*molybdenum*), Antimon (*antimony*) und Nickel (*nickel*) für die Jahre 1980 – 2000, Zinn (*tin*) für die Jahre 1980 - 1993, Platin (*platinum*) für die Jahre 1980 – 1994 und 2000.
- Daten zu Wolfram (*tungsten*), Ilmeniten (*ilmenite*) und Rutilen (*rutile*), Vanadium (*vanadium*) und Zirkonium (*zirconium*) sowie Niob (*niobium*) und Tantal (*tantalum*) waren nicht verfügbar und blieben daher unberücksichtigt. Aufgrund der geringen Mengen der betreffenden Metalle ist der Einfluss auf das Gesamtergebnis aber als vernachlässigbar einzuschätzen.
- Silber (*silver*) wird hauptsächlich als Nebenprodukt von Gold (*gold*), Kupfer, Blei und Zink abgebaut. Um Doppelzählungen zu vermeiden wurde Silber deshalb nicht berücksichtigt. Auch Gold fällt zu geringen Mengen als Nebenprodukt bei der Kupfergewinnung an. Da wir nicht quantifizieren konnten, zu welchen Anteilen Gold als Kuppel- bzw.

Primärprodukt gewonnen wird, wurde der Wert für Gold unverändert aus der Datenbank übernommen.

Spezifische Berechnungen für Saudi Arabien

Für Saudi Arabien lagen die Daten zur DE von *industrial minerals* und *ores* erst ab 1990 vor. Auch Recherche in anderen Datenquellen lieferten keine Daten für die Zeit vor 1990. Der fehlende Abbau von mineralischen Rohstoffen abseits der fossilen Energieträger entspricht der Saudi Arabischen Politik, wonach erst am Beginn der 90er Jahre eine Diversifikation der Wirtschaft forciert wurde. (UK Trade & Investment 2004) Diese neue Wirtschaftsstruktur sollte helfen, die starke Abhängigkeit der gesamten Wirtschaft von der Erdölproduktion zu reduzieren. Die Entnahmedaten für *industrial minerals* und *ores*, die erst 1990 nennenswerte Mengen erreichen, scheinen daher plausibel.

Im Gegensatz zu den USA-Daten war für Saudi Arabien ein Großteil der Industriemineral- und Erzabbaus in Form der Bruttoabbaumengen angegeben; entsprechende Umrechnungen mussten wir daher lediglich für Eisen (*iron*) vornehmen (vgl. Anhang, Kapitel 8).

In Saudi Arabien wird im Vergleich zu anderen Erzen eine beträchtliche Anzahl von *ferroalloys* hergestellt. Da diese jedoch neben Eisen noch eine Reihe anderer Metalle enthalten können (z.B. Chrom), wurden sie – um Doppelzählungen im Rahmen der DE zu vermeiden – nicht berücksichtigt.

Spezifische Berechnungen für die Schweiz

Abgesehen von Baumineralien werden in der Schweiz keine weiteren mineralischen Rohstoffe abgebaut. (UN 1999a; Marco Jorio (Ed.) 2003)

3.5 Außenhandel (*Trade*)

Spezifische Berechnungen für USA und Saudi Arabien

Grundlage für die Ermittlung der Außenhandelsdaten der Beispielländer stellte die UN Commodity Trade Statistics Database (United Nations Statistical Division 2004) dar. Diese Datenbank enthält Informationen zu Importen und Exporten in monetären Einheiten (Handelswert, *trade value*, in USD) und physischen Einheiten (Handelsmenge, *trade quantity*, in Nettogewicht, *net weight*) nach unterschiedlichen Klassifikationssystemen (SITC 1-3, HS

CN) sowie nach Partnerländern. Die hier verwendeten Datendownloads sind nach dem Klassifikationssystem SITC1 gegliedert, das auf 3-digit-level 286 Warengruppen (*commodity classes*) umfasst.

Anders als bei der inländischen Entnahme beinhalten Handelsflüsse auch verarbeitete Waren und Fertigprodukte. Die Zuordnung dieser zu den 12 Materialkategorien erfolgte entsprechend dem materiellen Hauptbestandteil des jeweiligen Produktes (Eurostat 2002).

Generell sind die Außenhandelsdaten durch große jährliche Schwankungen in beinahe allen Warenklassen charakterisiert. Es war daher schwierig zu interpretieren, wo die Daten reale Schwankungen widerspiegeln bzw. wo statistische Brüche vorliegen. Als Interpretationshilfe dienten uns Informationen über die allgemeine Wirtschaftsentwicklung (GDP, Ölpreisentwicklung etc.) sowie sozioökonomische Daten, die wir im Rahmen der Länderprofile erhoben (vgl. Kapitel 2). Datenlücken und statistischen Brüchen begegneten wir wie folgt:

- Bei Auftauchen eines statistischen Bruches oder von Datenlücken wurde die Datenreihe entweder linear fortgeschrieben (wenn bei den umliegenden Daten ein linearer Verlauf gegeben war) oder die fehlenden Daten durch die Mittelwerte der angrenzenden Jahre ersetzt.
- Im Fall größerer Datenlücken bei den Nettogewichts-Werten griffen wir außerdem auf die monetären Handelswerte der entsprechenden Warengruppe zurück: Für die an den fehlenden Nettogewichts-Wert angrenzenden Jahre errechneten wir „theoretische“ Warenpreise und bildeten deren Mittelwert. Durch anschließende Division des monetären Handelswertes des Jahres mit dem fehlenden Nettogewichts-Wert durch den gemittelten Preis errechneten wir den fehlenden Nettogewichts-Wert.

Spezifische Berechnungen für die Schweiz

Handelsdaten der Schweiz entstammen der Handelsstatistik der Eidgenössischen Zollverwaltung (Schweizerische Eidgenossenschaft 2005), die alle Import- und Exportwaren in Kilogramm bzw. Schweizer Franken gegliedert nach dem SITC Klassifikationssystem berichtet. Manche Handelswaren werden darin in anderen Einheiten (z.B. Stück, Meter, Liter) berichtet. Diese Güter wurden in den Import-/Exportdaten der MFA nicht berücksichtigt.

Im Jahr 1998 fanden zwei grundlegende Veränderungen in der Statistik statt. Einerseits wurden manche zuvor in anderen Einheiten berichteten Waren nun in Kilogramm reportiert und daher im MFA-Gesamtaggreat integriert. Andererseits beinhalteten die

Mengenangaben ab 1988 keine Verpackungsmaterialien mehr. Diese Modifikationen in der Statistik müssen bei der Analyse der MFA-Daten berücksichtigt werden.

Export-Daten für Industriemineralien wiesen im Jahr 1986 einen starken Bruch auf, den wir mit Hilfe von berechneten Preisen korrigierten. Dabei haben wir für das dem Bruch vorhergehende und nachfolgende Jahr den Preis pro Kilogramm berechnet, daraus einen Durchschnittskilopreis für das fragliche Jahr und schließlich eine Kilogramm-Menge errechnet.

Ein weiterer Bruch war bei den Erdöl-Importen im Jahr 1997 zu beobachten. Daten der IEA (IEA 2002) dagegen zeigten einen konstanten Verlauf. Daher haben wir die Werte für fossile Energieträger durch IEA Daten ersetzt.

3.6 Bruttoinlandsprodukt (*GDP*) und Bevölkerung (*Population*)

Zur Interpretation der Ergebnisse sowie zur verbesserten Vergleichbarkeit mit Ergebnissen anderer wissenschaftlicher Arbeiten wurden die hier errechneten Indikatoren auf die Wirtschaftsleistung, die Bevölkerung bzw. die Fläche der betrachteten Länder bezogen. Die Daten zu Bruttoinlandsprodukt (*GDP*), Bevölkerung (*Population*) und Gesamtfläche (*total area*) stammten aus folgenden Quellen:

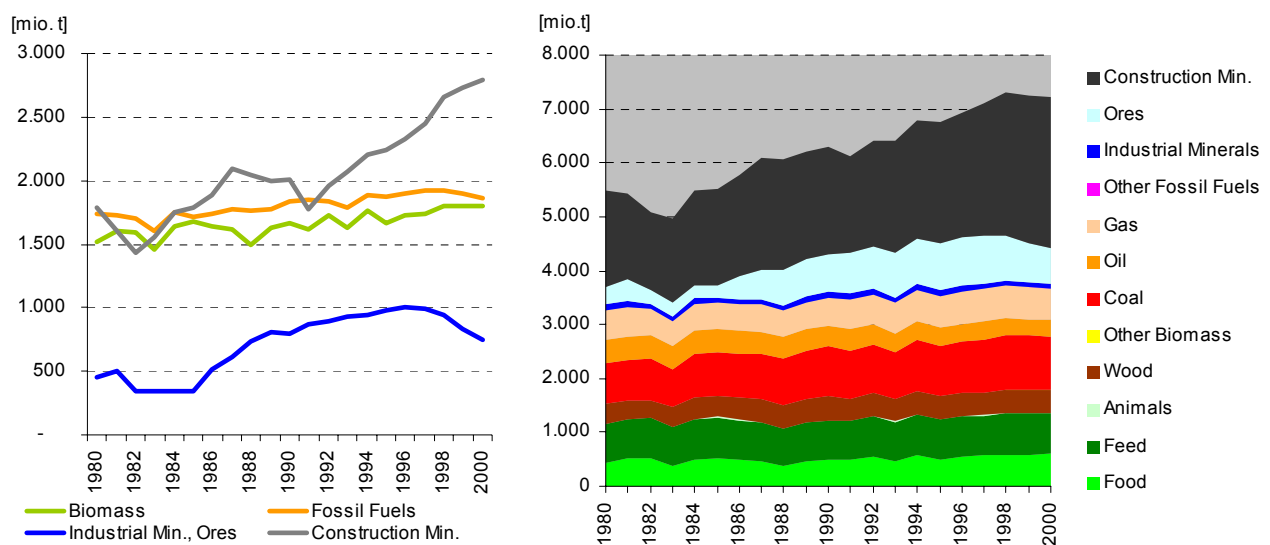
- GDP insgesamt sowie aufgegliedert nach Wirtschaftssektoren: statistical database der UN (UN Statistics Division 2004)
- Bevölkerung und Fläche: FAOSTAT, Statistical database der Food and Agricultural Organization (FAO 2001)

4 Ergebnisse

4.1 USA

Im Zeitraum 1980 bis 2000 steigt die inländische Entnahme (*domestic extraction, DE*) der USA von ca. 5.500 Mio. Tonnen auf 7.200 Mio. Tonnen an. Das entspricht einem Zuwachs von insgesamt +31 % (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2: Domestic Extraction (DE) für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t

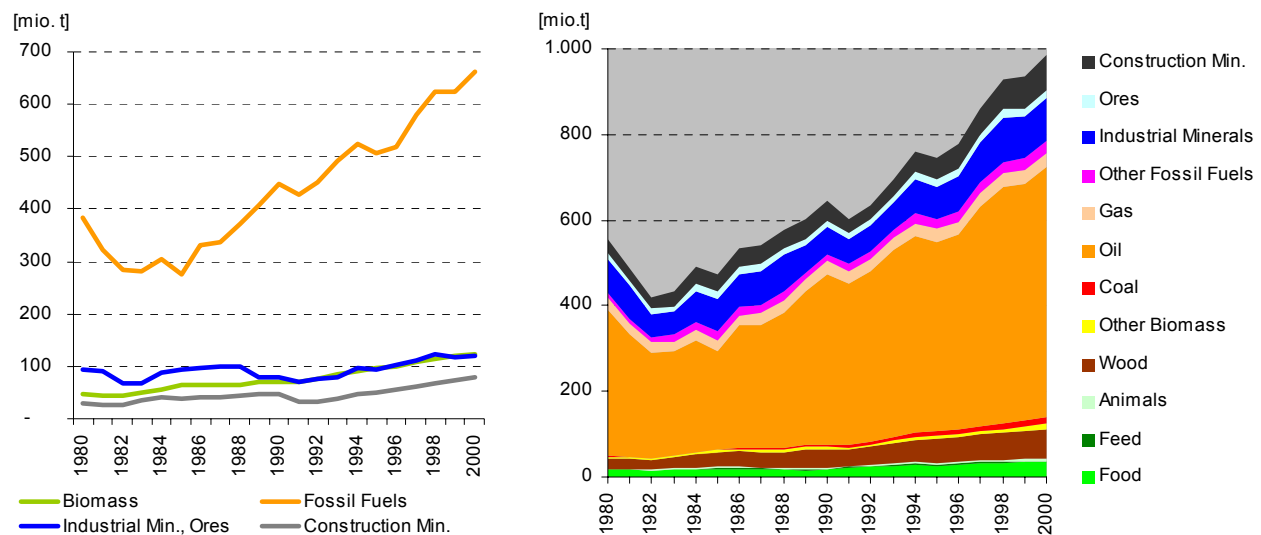


Der Zuwachs an inländischer Entnahme ist vor allem auf den Anstieg der DE Baumineralien von ca. 1.800 Mio. Tonnen im Jahr 1980 auf ca. 2.800 Mio. Tonnen im Jahr 2000 (entspricht +56 %) zurückzuführen. Auch die Entnahmen an Industriemineralien und Erzen steigen im Zeitverlauf stark an, nämlich um 67 % von 449 Mio. Tonnen auf 751 Mio. Tonnen. Hauptanteil darin nehmen Erze ein (fast 90 %). Die Entnahme an fossilen Energieträgern steigt über den betrachteten Zeitraum nur geringfügig. Erwähnenswert ist hier der hohe Anteil an Kohleentnahmen, der bei 50 % liegt. In der Kategorie der Biomasseentnahme werden Schwankungen v.a. durch eine jährlich unterschiedlich hohe Lebensmittelproduktion verursacht. DE von Futtermitteln, Lebendvieh, Holz sowie anderer Biomasse bleiben hingegen relativ konstant.

Interessant ist der Zusammenhang zwischen Baumineralienentnahme (DE) bzw. –verbrauch (DMC)⁵ mit der wirtschaftlichen Prosperität: Die Kurven für DE bzw. DMC für *construction minerals* und das *GDP* (Abbildung 2, Abbildung 6, Abbildung 9) zeigen über den 20-jährigen Untersuchungszeitraum einen parallelen Verlauf. Wie schon von Weisz et al. (2005b) thematisiert, bestätigt diese Entwicklung in den USA die hohe Korrelation zwischen Verbrauch an Baumaterialien und wirtschaftlichem Wachstum.

Die Importe in den USA wuchsen im 20 Jahresverlauf von 554 Mio. Tonnen auf 984 Mio. Tonnen stark an (Abbildung 3).

Abbildung 3: Importe für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t



Den größten Anteil an den Importen halten fossile Energieträger mit knapp 70 % der Gesamtimporte, darunter vor allem Erdöl (ca. 90 % der fossilen Importe). Von den anderen Materialkategorien werden nur geringe Mengen importiert, ca. 10 % entfallen jeweils auf Baumineralien und Biomasse und ca. 15 % auf Industriemineralien und Erze.

Die Importe aller 12 Materialkategorien wuchsen über den betrachteten Zeitraum an, wobei die Gesamtentwicklung im wesentlichen durch die steigende Einfuhr von Erdöl bestimmt wird (Anstieg von 1980 bis 2000 um 73 %). Die Importentwicklung an *construction minerals* zeigt – wenn auch in abgeschwächter Form – einen ähnlichen Verlauf wie die Inlandsentnahmen (Abbildung 2 und Abbildung 3). So steigen die Importe ab Anfang der 1990er Jahre

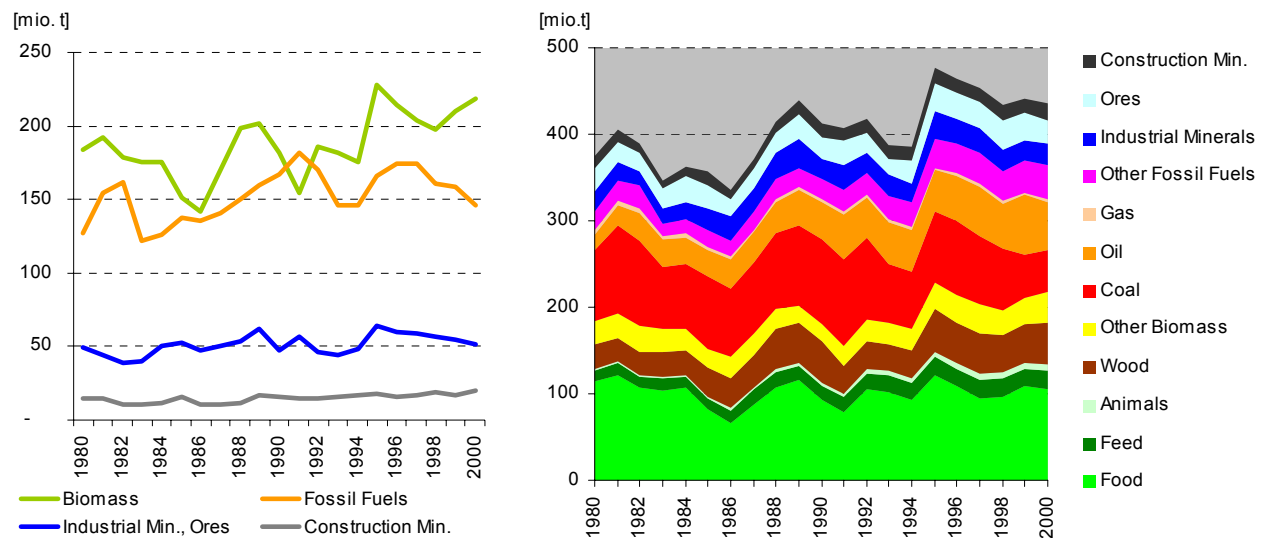
⁵ Baumineralien sind Ressourcen, deren Entnahme und Verbrauch räumlich nahe beieinander liegen. (Weisz et al. 2005b) Import und Exporte in dieser Materialkategorie sind daher von geringer Bedeutung und die Werte für DE und DMC sind fast identisch.

vergleichsweise stark an. Die Biomasseimporte setzen sich vor allem aus Nahrungsmittel (ca. 30 %) und Holz (ca. 50 %) zusammen, davon steigt die Einfuhr an Holz und Holzprodukten über den Zeitraum deutlich an (+180 %). In der Kategorie „Industriemineralien und Erze“ halten die Importe and Industriemineralien den deutlich größeren Anteil (über 80 %).

Betrachtet man neben den physischen Einheiten den monetären Wert, so wird deutlich, dass sowohl bei Importen als auch Exporten ein Großteil des Handelswertes auf die *industrial minerals and ores* entfiel⁶. Dies ist v.a. darauf zurückzuführen, dass elektronische und technische Geräte, Computer, informationstechnologische Infrastruktur und Produkte anderer Industriezweige, die im Außenhandel der USA von großer Bedeutung sind, dieser Materialkategorie zugerechnet werden (vgl. Kapitel 2.1).

Die Gesamtmenge der US Exporte nehmen im 20-jährigen Betrachtungszeitraum leicht zu und schwanken zwischen 335 Mio. Tonnen und 476 Mio. Tonnen (Abbildung 4).

Abbildung 4: Exporte für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t



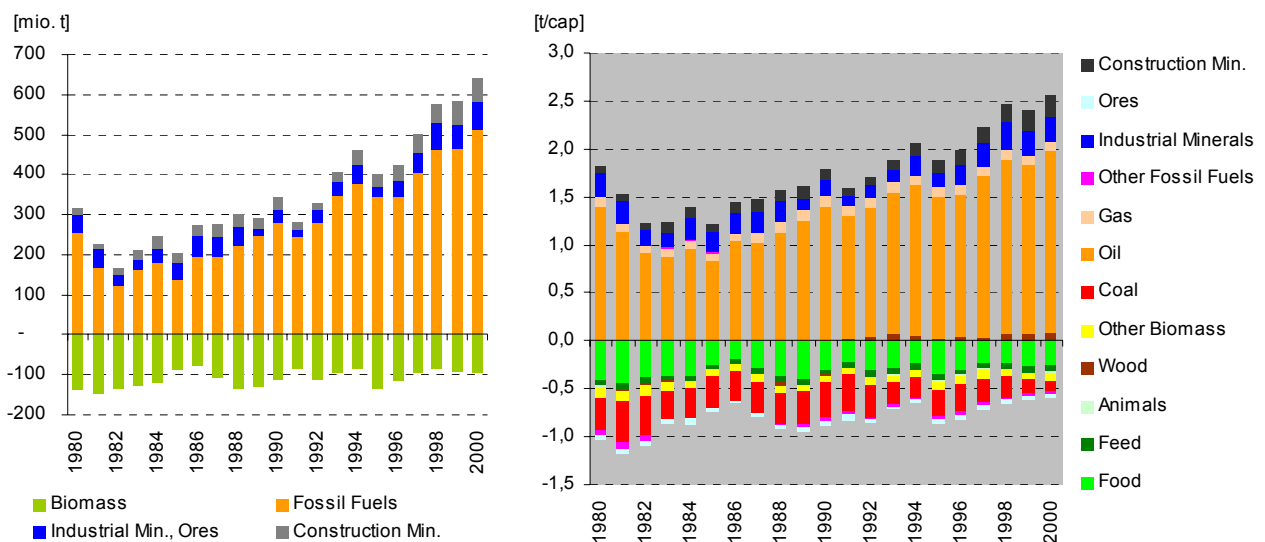
Die hohe Bedeutung der Biomasseexporte (um die 50 % der Gesamtexporte) unterstreicht die Rolle der USA als weltweit führender Agrarexporteur (vgl. BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 2004, p. 11). Höchsten Anteil (50 % der Biomasseausfuhr) und gleichzeitig höchste Dynamik zeigen die Exporte an Nahrungsmittel. Die Entwicklung der Exporte von *fossil fuels* und *industrial minerals and ores* verläuft ähnlich den

⁶ Anteil der *industrial minerals and ores* (Agg12-level) am Handelswert der Importe 1980: 37 %, 2000: 51 %; Anteil am Handelswert der Exporte 1980: 47 %, 2000: 59 %.

Inlandsentnahmen. Bei den fossilen Energieträgern dominierten 1980 noch Exporte von Kohle (65 %), die über den Zeitverlauf gesunken sind und 2000 nur mehr gute 30 % der Exporte an fossilen Energieträgern einnehmen. Gleichzeitig sind die Exporte an Öl gestiegen und machen 2000 knapp 40 % aus. Den Importen und Exporten in der Materialkategorie *construction minerals* kommt, wie bereits oben erwähnt, geringe Bedeutung zu.

Die Differenz aus Import- und Exportmengen, die physische Handelsbilanz (*physical trade balance, PTB*), weist darauf hin, dass sich die USA im Untersuchungszeitraum zu einem mengenmäßig immer bedeutenderen Nettoimporteur entwickelt hat (Abbildung 5). Beträgt die PTB Anfang der 1980er Jahre noch weniger als 100 Mio. Tonnen (mit einem Minimum von 30 Mio. Tonnen im Jahr 1982) so steigt sie bis auf 548 Mio. Tonnen im Jahr 2000 an.

Abbildung 5: Physical Trade Balance (PTB) für die USA, agg4 in Mio. t und agg12 in t/cap

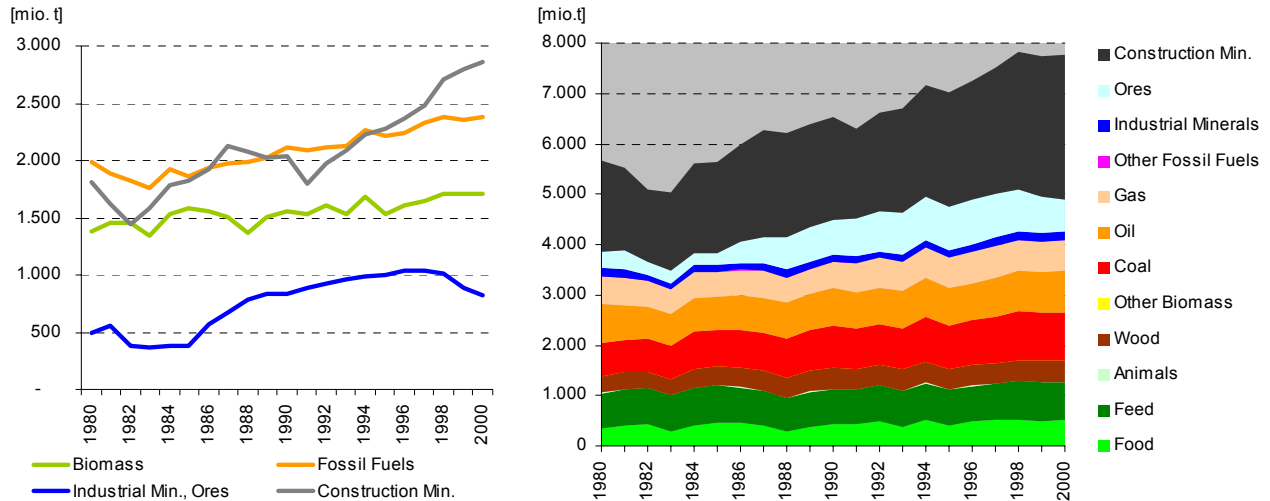


Das größte Netto-Handelsvolumen entfällt dabei auf fossile Energieträger (insbesondere Öl). Auch in den Materialkategorien Gas, Bau-, Industriemineralien und Holz wird mehr importiert als exportiert. Zu den mengenmäßig bedeutendsten Exportträgern zählen Lebensmittel und Kohle. Ähnlich wie die gesamte PTB zeigt auch die physische Handelsbilanz pro Kopf einen stark ansteigenden Trend im Zeitablauf (0,8 Tonnen pro Kopf im Jahr 1980 bzw. 0,13 Tonnen pro Kopf im Jahr 1982; 1,97 Tonnen pro Kopf im Jahr 2000).

Der Materialverbrauch im Inland (*domestic material consumption, DMC*, Resultante aus inländischer Entnahme plus Importen abzüglich Exporten) nimmt im Untersuchungszeitraum von ca. 5.600 Mio. Tonnen auf ca. 7.800 Mio. Tonnen zu, was einem Zuwachs von +37 % entspricht (Abbildung 6). Der Anstieg ist konstant über den gesamten Zeitraum verteilt,

lediglich in den ersten Jahren der 1980er Jahre ist ein Einbruch zu verzeichnen, welcher dem zweiten Ölpreisschock und der folgenden Weltwirtschaftskrise zuzuschreiben ist.

Abbildung 6: Domestic Material Consumption (DMC) für die USA, agg4 und agg12 in Mio. t



Weitgehend konstant hingegen bleibt der relative Anteil der einzelnen Materialkategorien am Materialverbrauch (fossile Energieträger und Baumineralien jeweils ca. ein Drittel, Biomasse um 20 %, Industriemineralien und Erze ca. 10 %). Der absolute Materialverbrauch steigt hingegen für alle Materialkategorien im Zeitablauf an. Höchste Wachstumsraten über die 20 Jahre hinweg sind in den Kategorien Nahrungsmittel (+50 %), Kohle (+40 %), Erze (+100 %) und Baumineralien (+60 %) zu beobachten. Die DMC-Kurve für Biomasse und Baumineralien spiegelte mehr oder weniger die Inlandsentnahme wider, da die großen Mengen dieser Materialien tendenziell wenig gehandelt, sondern eher lokal entnommen und verbraucht werden (siehe Weisz et al. 2005b). Die über die Zeit leicht abnehmenden Inlandsentnahmen und Exporte an *fossil fuels*, zugleich aber stark ansteigenden Importe resultierten in einem insgesamt zunehmenden Inlandskonsum an fossilen Energieträgern bei stärkerer Importabhängigkeit. Im Bezug auf Industriemineralien und Erze verliefen die Exporte ähnlich den Importen, nur auf etwas niedrigerem Niveau. Dies hat eine der DE-Kurve ähnelnden DMC-Entwicklung auf einem etwas höheren mengenmäßigen Niveau zur Folge.

Auch der Materialverbrauch pro Kopf (Abbildung 7) nimmt bei steigender Bevölkerungszahl (siehe Abbildung 9) über den betrachteten Zeitraum von 1980 bis 2000 zu. Der DMC pro Landesfläche (Abbildung 8) steigt in gleichem Maße wie der absolute DMC, was sich durch die konstante Landesfläche erklärt.

Abbildung 7: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für die USA, agg4 und agg12 in t/cap

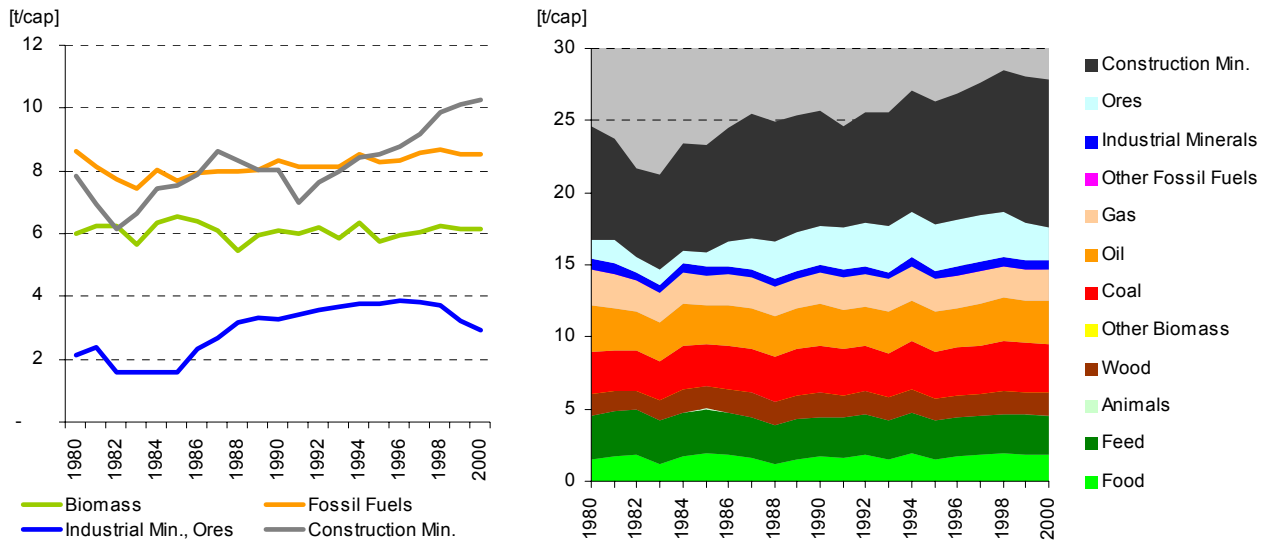
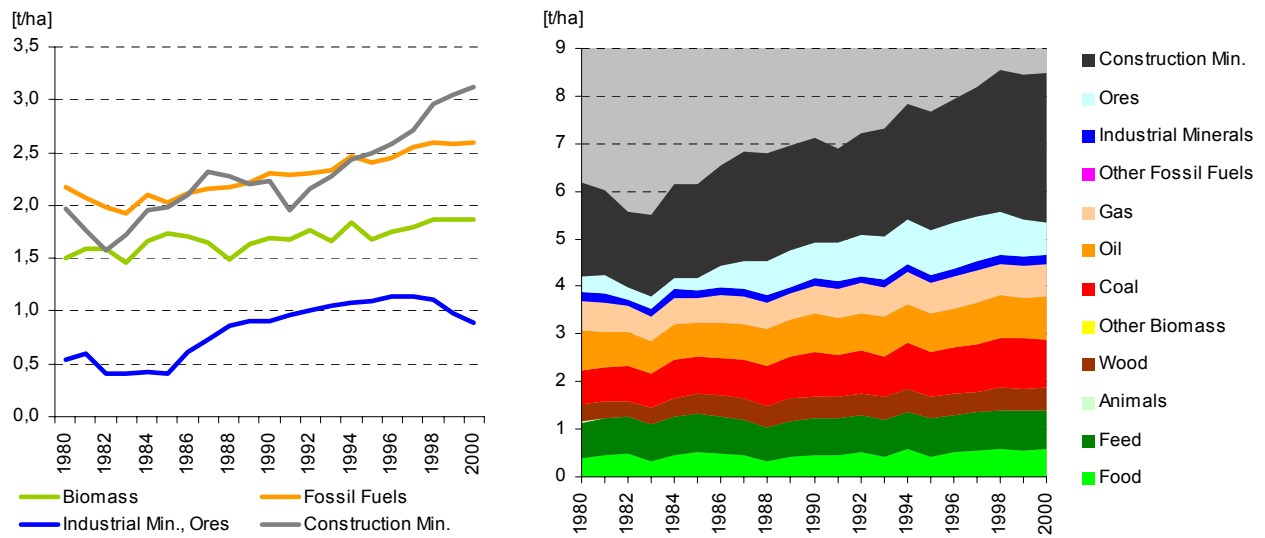


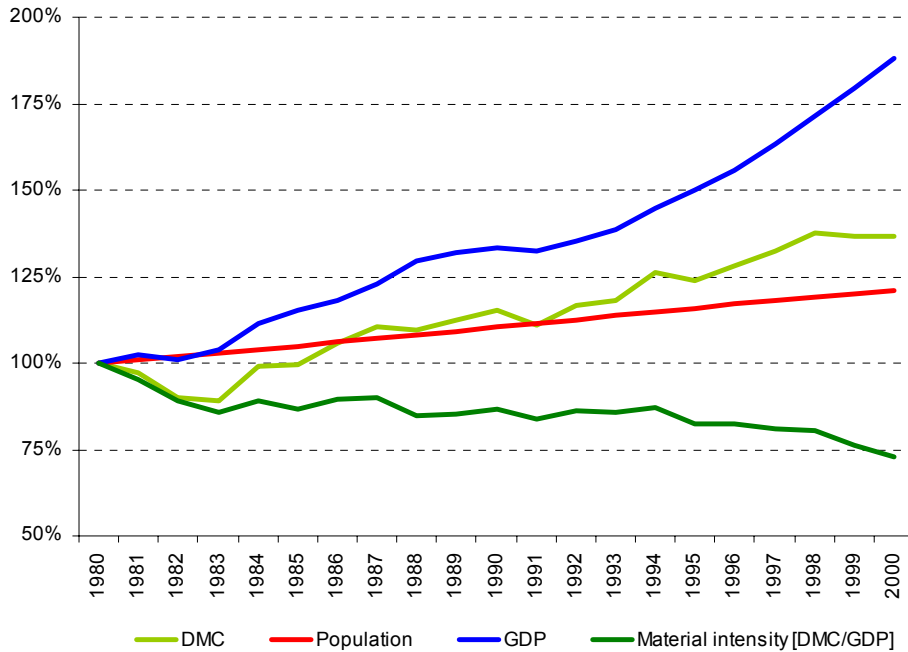
Abbildung 8: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für die USA, agg4 und agg12 in t/ha



Der DMC pro Kopf stieg von 25 Tonnen im Jahr 1980 auf 28 Tonnen im Jahr 2000 an (entspricht +13 %); der DMC pro Hektar von ca. 6,2 Tonnen auf ca. 8,5 Tonnen (entspricht +37 %). Der Pro-Kopf-DMC nahm damit aufgrund der ebenfalls zunehmenden Bevölkerung in geringerem Ausmaß zu als der flächenbezogene Materialverbrauch, der bei konstanter Landfläche direkt die absolute Zunahme des Materialverbrauchs abbildet.

Für die USA ist von 1980 bis 2000 für alle hier erläuterten Indikatoren – DE, Importe, Exporte, PTB, DMC – ein absoluter Anstieg zu bemerken. Der physische Umfang der Ökonomie nahm somit zu (Abbildung 9).

Abbildung 9: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität für die USA



Gleichzeitig wächst in etwas geringerem Ausmaß auch die Bevölkerung an, die wirtschaftliche Leistung des Landes schließlich zeigt das stärkste Wachstum. Diese Dynamik resultiert in einer Materialintensität, die durch eine relative Entkopplung gekennzeichnet ist. Das heißt, sowohl der Materialverbrauch (DMC) als auch die Wirtschaftsleistung (GDP) steigen an, allerdings wächst der Materialverbrauch in geringerem Ausmaß als die Wirtschaftsleistung.

4.2 Saudi Arabien

Saudia Arabiens inländische Entnahme beläuft sich im Jahr 1980 auf 673 Mio. Tonnen, fällt bis Mitte der 1980er Jahre stark ab (mit einem Minimum von 327 Mio. Tonnen im Jahr 1985) und steigt bis zum Jahr 2000 wieder auf 649 Mio. Tonnen an (Abbildung 10).

Abbildung 10: Domestic Extraction (DE) für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in Mio. t

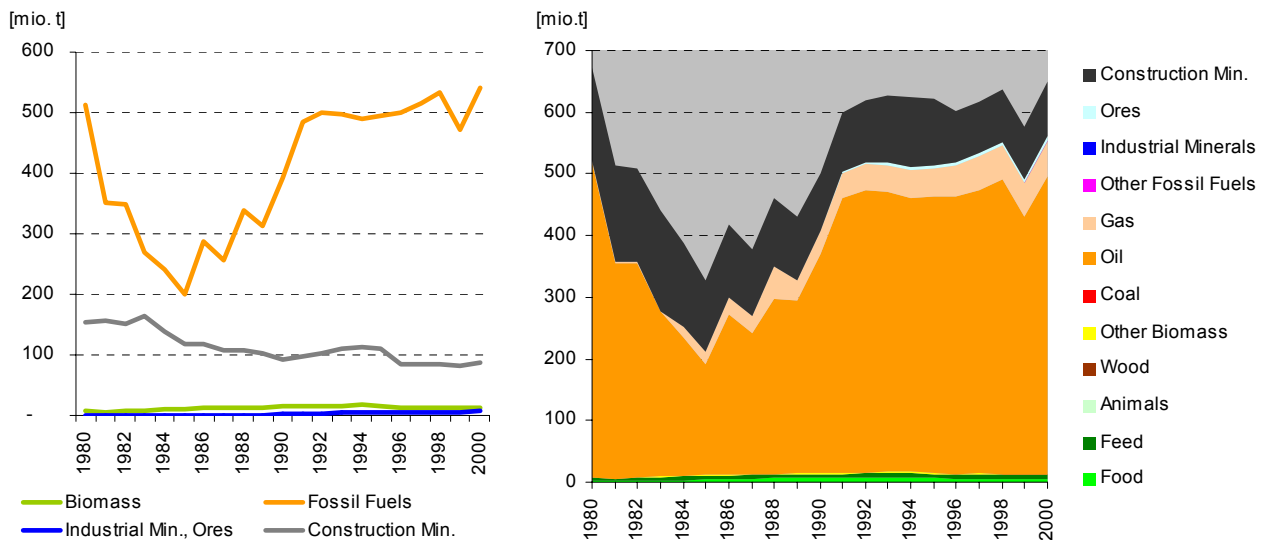
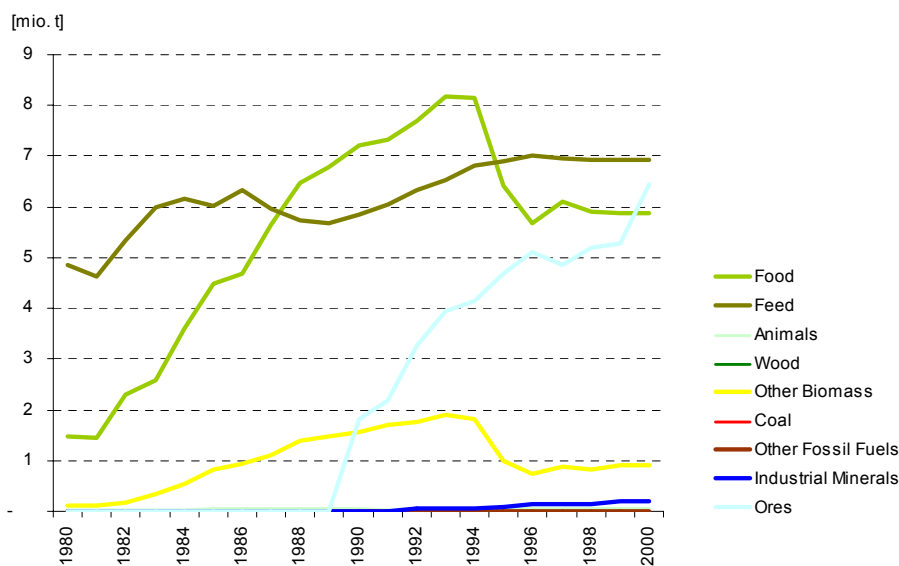


Abbildung 11: Domestic Extraction (DE) für Saudi Arabien ohne oil, gas, construction minerals, agg12 in Mio. t

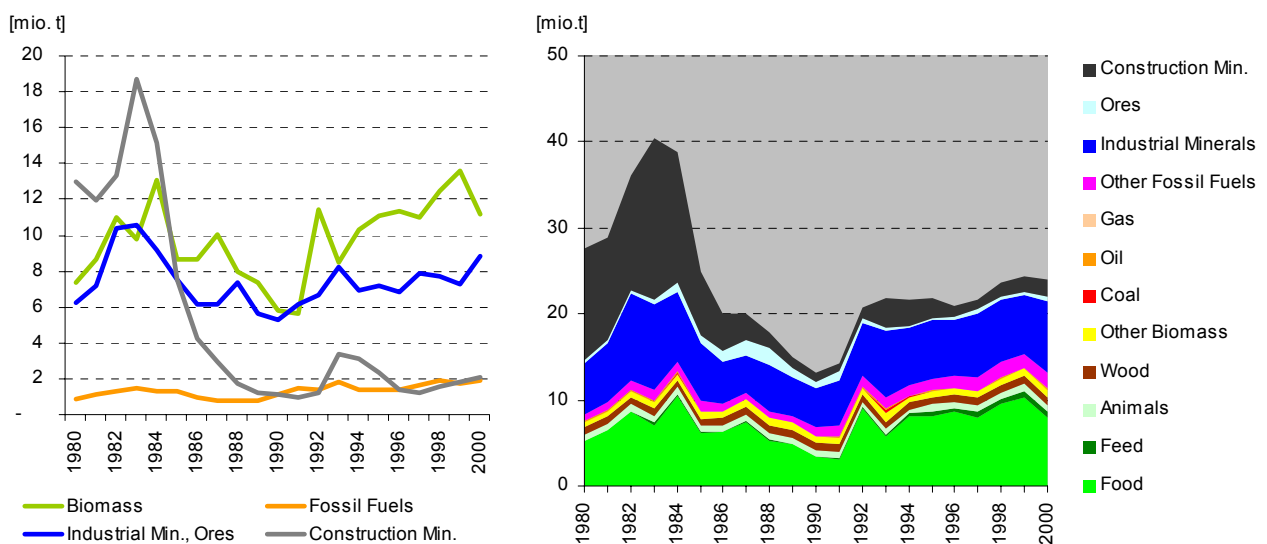


Die Zahlen für die DE zeigt klar die hohe Bedeutung der *fossil fuels* für die Saudia Arabische Wirtschaft, die im 20-Jahresverlauf zwischen 61 % und 84 % an der DE ausmachen. Allen

anderen Materialkategorien kommt nur geringe Bedeutung zu. Die Analyse auf Agg12-Level ohne den Erdölentnahmen bringt dennoch interessante Details hervor (Abbildung 11): Unter Berücksichtigung des quantitativ insgesamt geringen Umfangs der Erzentnahmen ist ein vergleichsweise starker Anstieg der Erzförderung ab 1990 zu bemerken. Dies entspricht dem politischen Ziel Saudi Arabiens, wonach die eine stärkere Diversifizierung der Wirtschaft angestrebt wird, um die starke Abhängigkeit von Öl zu reduzieren. (UK Trade & Investment 2004) Die Entwicklung *food* und *other biomass* spiegeln die Anfang der 1980er Jahre einsetzenden Anstrengung der Saudi Arabischen Regierung wider, durch Investitionen in die (Bewässerungs-)Landwirtschaft den Selbstversorgungsgrad an Lebensmitteln zu verbessern und dadurch die Abhängigkeit von Lebensmittelimporten zu reduzieren. (arab net 2004) Dies gelingt jedoch nicht dauerhaft, sodass ab Anfang der 1990er Jahre die inländische Lebensmittelproduktion wieder auf ein niedrigeres Niveau zurückfällt.

Ebenso wie die inländische Entnahme weisen die Importe am Beginn und Ende des Untersuchungszeitraumes ähnliche Werte auf (1980: 28 Mio. Tonnen, 2000: 24 Mio. Tonnen), verzeichnen in den Jahren dazwischen jedoch starke Schwankungen (1983: 40 Mio. Tonnen, 1990: 13 Mio. Tonnen, Abbildung 12). Die relativen Anteile der einzelnen Materialkategorien an den gesamten Importen bewegen sich im 20-jährigen Zeitablauf zwischen 24 % und 56 % für Biomasse, 3 % und 10 % für fossile Energieträger, 23 % und 46 % für Industriemineralien und Erze sowie 6 % und 47 % für Baumineralien.

Abbildung 12: Importe für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in Mio. t



Komplementär zur Entwicklung der inländischen Biomasseproduktion sind auch die Biomasse-Importe zu interpretieren, innerhalb derer Lebensmittelimporte mengenmäßig dominierten. Die Biomasse-Importe sanken bis Anfang der 1990er Jahre tendenziell ab und

stiegen im Zeitraum danach wieder an. Mengenmäßig überstiegen die Lebensmittelimporte die Produktion im Inland in den meisten Jahren des Untersuchungszeitraumes. Die *construction minerals*, deren Importvolumen sich über die Jahre hinweg mehr oder weniger stabil auf ca. 10 % der Inlandsentnahmen belief, erfuhren Anfang der 1980er Jahre Import- bzw. DE-Spitzen und gingen danach in ihrem Import- bzw. DE-Umfang jeweils wieder zurück.

Die Saudi Arabischen Exporte, deren Kurve einen ähnlichen Verlauf wie die inländische Entnahme zeigt (vgl. Abbildung 10 und Abbildung 13), lagen 1980 bei 477 Mio. Tonnen, sanken im Jahr 1985 bis auf 136 Mio. Tonnen ab und stiegen danach wieder bis auf 567 Mio. Tonnen im Jahr 2000 an.

Abbildung 13: Exporte für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in Mio. t

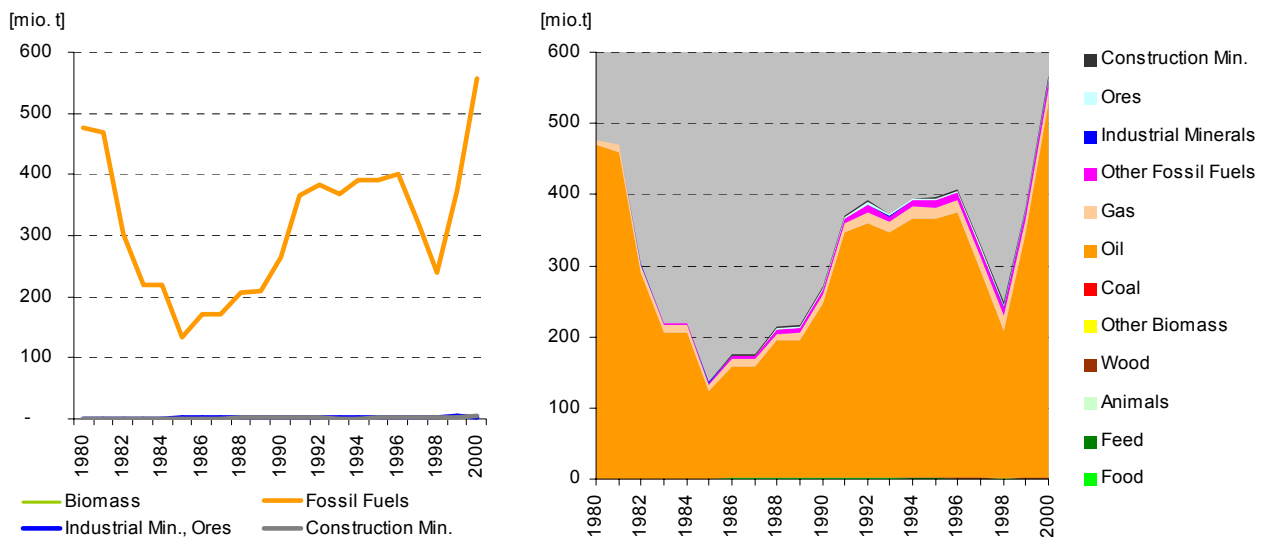


Abbildung 14: Exporte für Saudi Arabien ohne Öl, agg12 in Mio. t

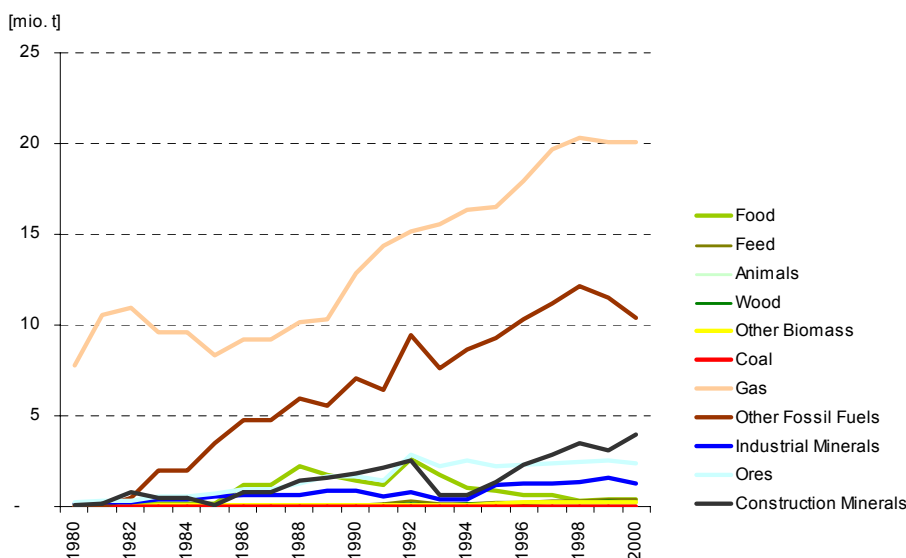
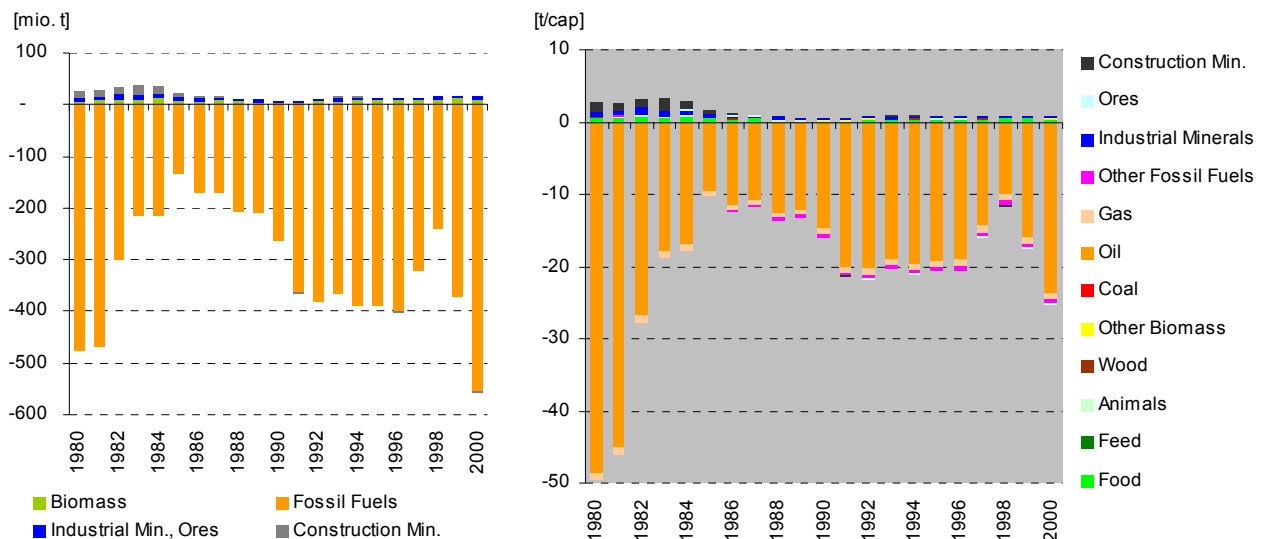


Abbildung 13 und Abbildung 14 verdeutlichen die überragende Bedeutung der fossilen Energieträger für die Exporte des Landes. Dies gilt sowohl in physischer als auch monetärer Hinsicht: Im Zeitraum 1980 bis 2000 lag der Anteil der *fossil fuels* am Exportwert zwischen 93 % und 99 %. Die Exporte an Biomasse beschränken sich auf Spezialprodukte⁷ und sind entsprechend der standörtlichen Bedingungen und der niedrigen Biomasse-DE vernachlässigbar gering. Dasselbe gilt für alle anderen nicht-fossilen Materialien, die nur in sehr geringem Umfang exportiert werden.

Die physische Handelsbilanz beläuft sich im Jahr 1980 auf -450 Mio. Tonnen, vermindert sich 1985 aufgrund besonders niedriger Exporte und ebenfalls vergleichsweise geringen Importen auf -111 Mio. Tonnen und stieg im Jahr 2000 auf -543 Mio. Tonnen an (Abbildung 15).

Abbildung 15: Physical Trade Balance (PTB) für Saudi Arabien, agg4 in Mio. t und agg12 in t/cap

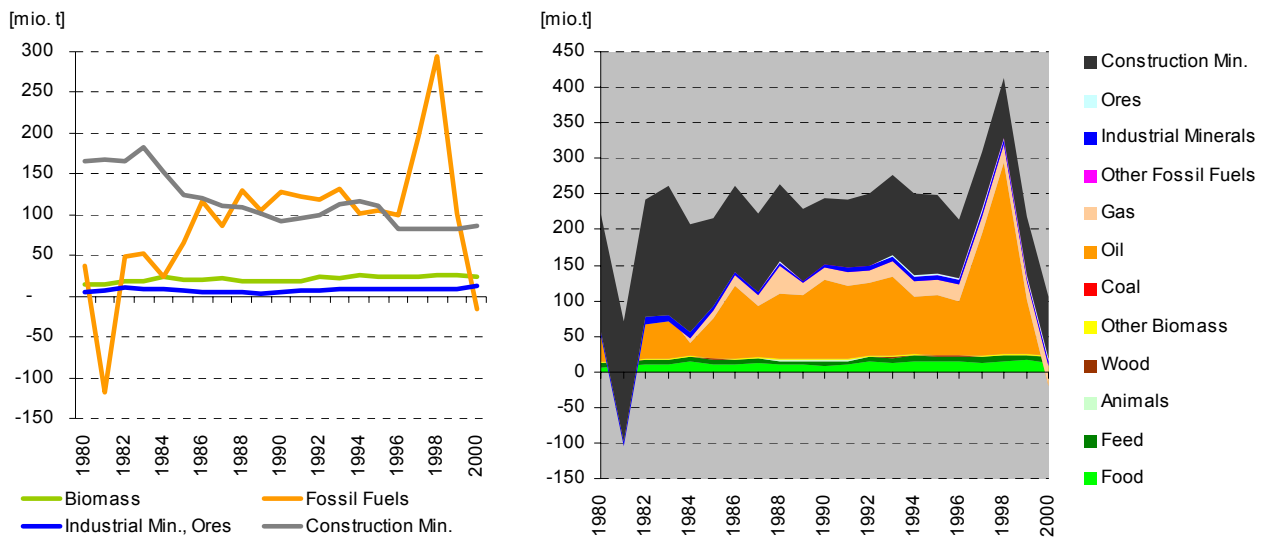


Entsprechend der quantitativen Bedeutung der Exporte fossiler Energieträger zeigt auch die physische Handelsbilanz ein von dieser Materialkategorie geprägtes Bild. Den in hohem Umfang exportierten Sub-Materialkategorien Öl, Gas und andere fossile Energieträger stehen in vergleichsweise geringem Ausmaß importierte Lebensmittel und Industriemineralien gegenüber.

Der dominante Stellenwert der fossilen Energieträger für DE, Importe, Exporte und PTB schlägt sich in der Folge auch im Materialverbrauch nieder (Abbildung 16).

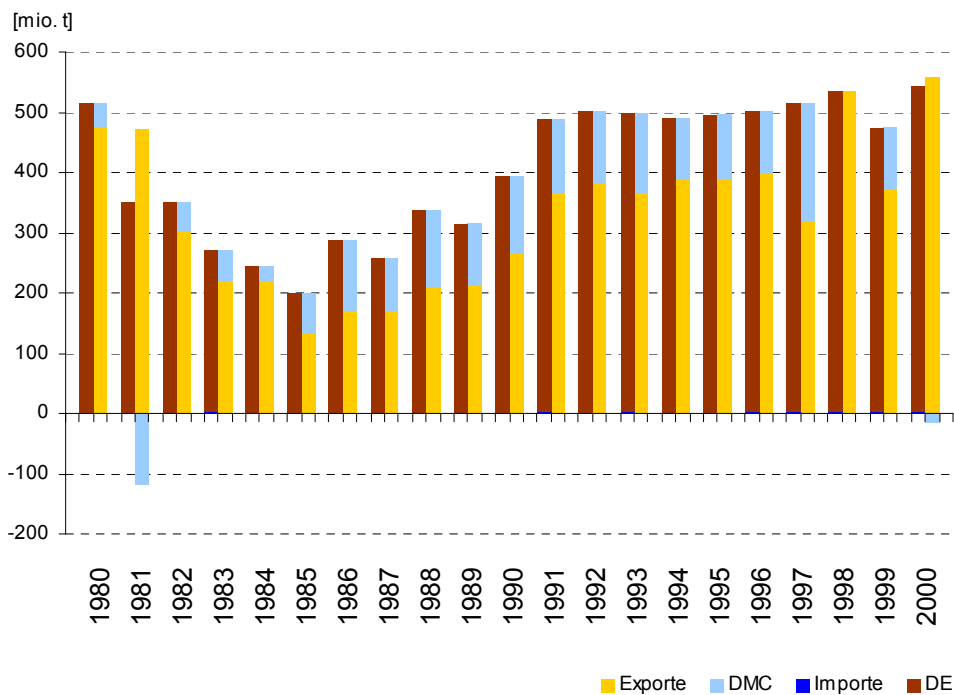
⁷ So war vor Einsetzen der umfangreichen Ölförderungen Saudi Arabien beispielsweise der weltweit größte Dattelproduzent. (arab net 2004)

Abbildung 16: Domestic Material Consumption (DMC) für Saudi Arabien, agg4 u. agg12 in Mio. t



Dieser liegt im Untersuchungszeitraum zwischen 71 Mio. Tonnen (1981) und 413 Mio. Tonnen (1998) und wird in Summe v.a. durch die jährlichen Schwankungen in der Materialkategorie *fossil fuels* bestimmt. Die spezielle Dynamik der *fossil fuel*-Entnahmen sowie der Exporte führt in einzelnen Jahren sogar zu einem negativen DMC für fossile Energieträger (siehe auch Abbildung 17).

Abbildung 17: DE, Importe, Exporte und DMC von fossilen Energieträgern für Saudi Arabien, in Mio. t



Diese spezielle Situation ergibt sich aus den zeitlich versetzt erfolgenden Abläufen von DE und Exporten sowie der dazwischen liegenden Lagerbildung. Beeinflusst durch Veränderungen im Ölpreis, wird in manchen Jahren zwar viel Öl gefördert, dieses aber nicht exportiert. In folgenden Jahren kann dann der umgekehrte Effekt – niedrige DE bei gleichzeitigen Exporten aus den gewachsenen Lagerbeständen – in einem negativen DMC resultieren. Für Saudi Arabien war ein sehr hoher DMC in den späten 90er Jahren (1997: 310 Mio. Tonnen, 1998: 413 Mio. Tonnen) zu beobachten, der in einem negativen DMC für 2000 (-16 Mio. Tonnen) kulminierte. Ein negativer DMC ist in der Form kein übliches Bild in Materialflussrechnungen. In einer Analyse müsste man sich daher an dieser Stelle fragen, wie der DMC für Länder wie Saudi Arabien interpretiert werden kann, wo inländische Entnahme für den Export und zwischenzeitlicher Lagerbildung in extremem Ausmaß stattfindet und in denen der sozialökologische Metabolismus wesentlich durch eine dominante Materialkategorie geprägt ist, die noch dazu starken jährlichen Schwankungen unterliegt.

Die starken Schwankungen im DMC wie auch die Verteilung auf die Materialkategorien insgesamt spiegeln sich auch in den Werten für den DMC pro Kopf bzw. den DMC pro Flächeneinheit wider (Abbildung 18, Abbildung 19).

Abbildung 18: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in t/cap

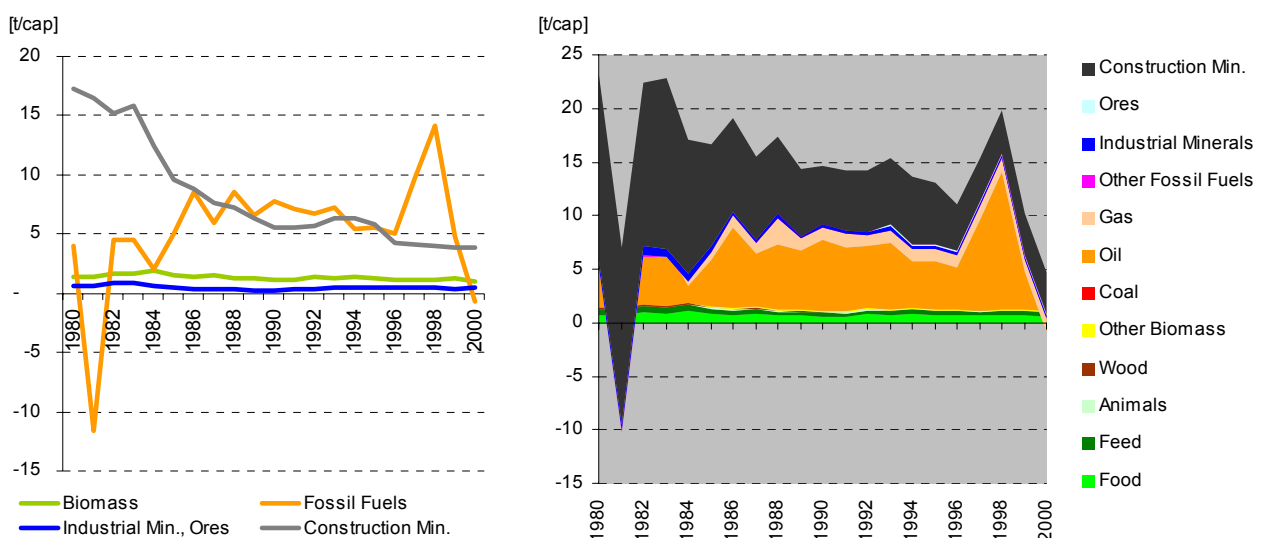
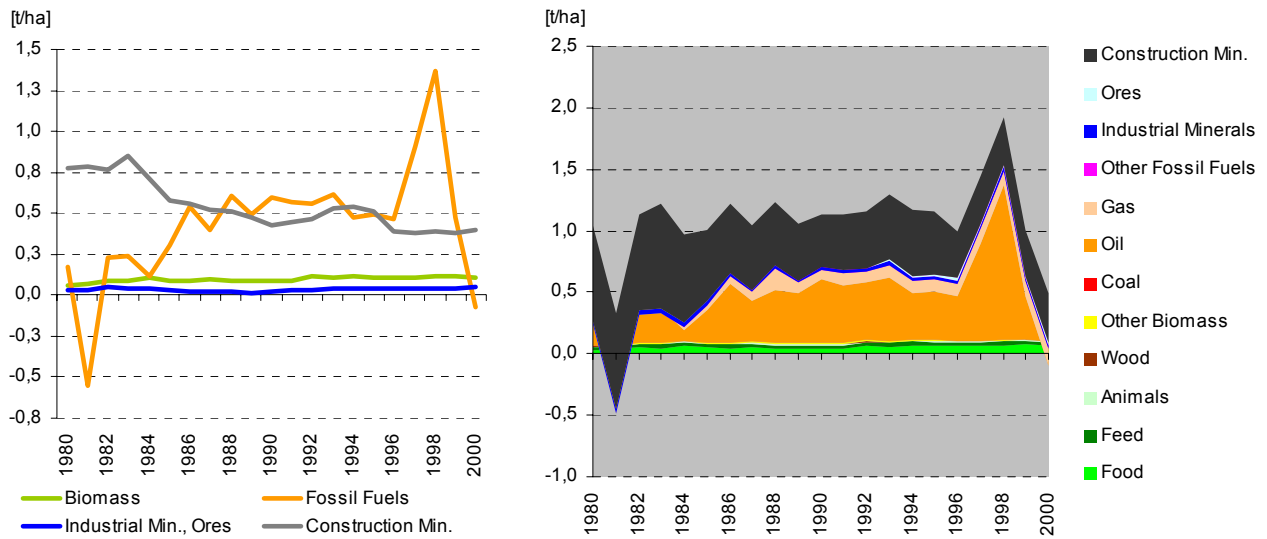


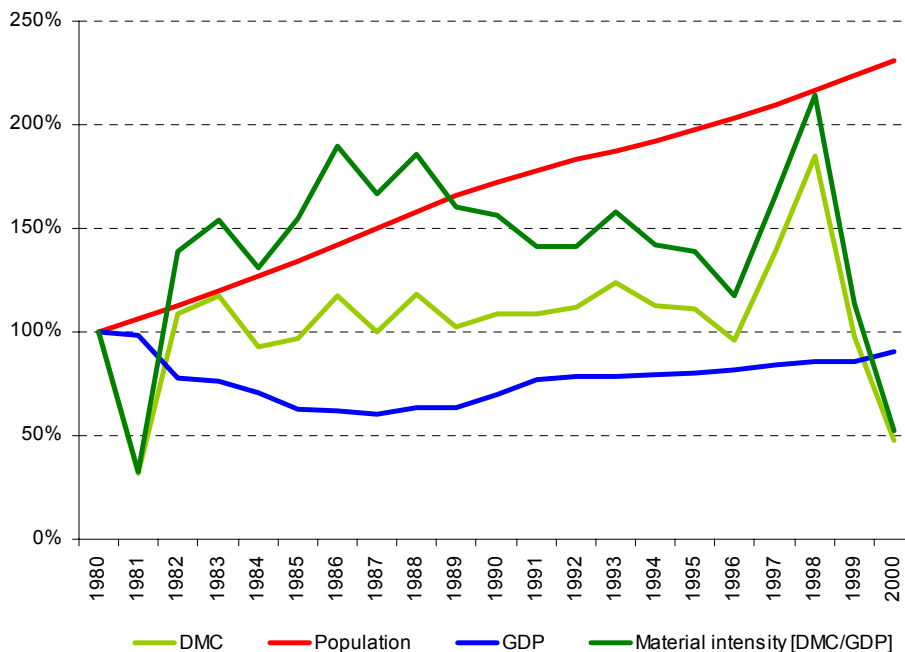
Abbildung 19: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für Saudi Arabien, agg4 und agg12 in t/ha



Der DMC pro Kopf beläuft sich im untersuchten Zeitraum auf maximal 23 t/cap (1980) und mindestens 5 t/cap (2000). Die stark wachsende Bevölkerung Saudi Arabiens (Abbildung 20) vermindert die Werte gegen Ende des Untersuchungszeitraumes entsprechend. Der DMC pro Fläche schwankt zwischen 0,33 t/ha (1981) und 1,9 t/ha (1998).

Die starke Dominanz der fossilen Energieträger beeinflusst den Materialverbrauch und infolge auch unmittelbar die Materialeffizienz. (Abbildung 20).

Abbildung 20: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität für Saudi Arabien

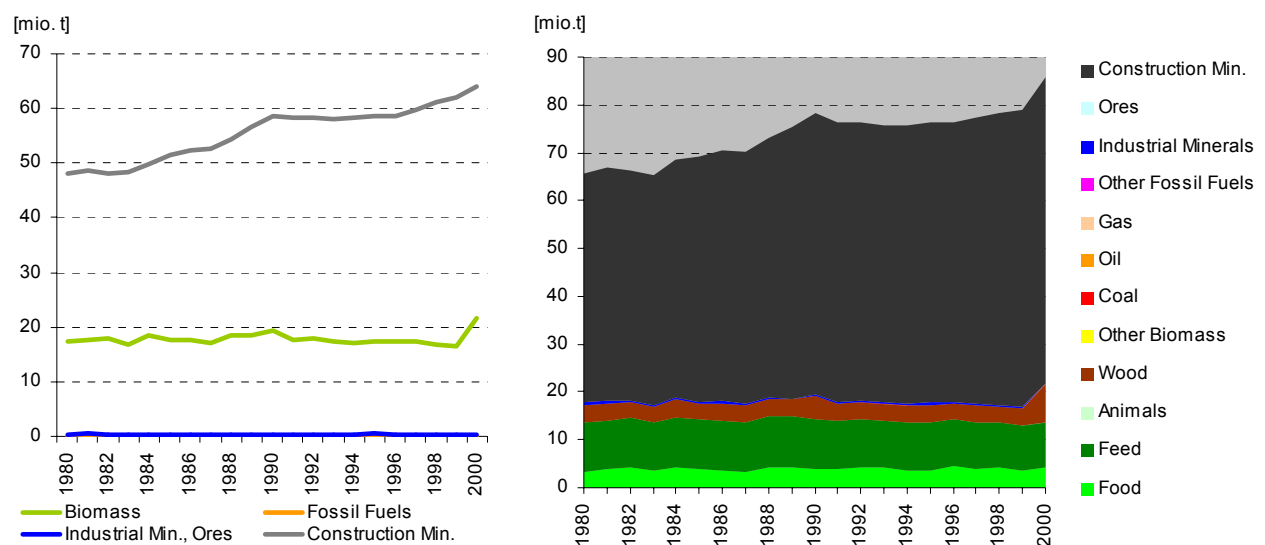


Das Absinken des GDP Wachstums in der ersten Hälfte der 1980er Jahre führt dabei zu einer erhöhten Materialintensität bei späterem leichtem Absinken sobald die GDP Werte wieder wachsende Tendenz verzeichnen. Bemerkenswert in Saudi Arabien ist außerdem die in Abbildung 20 ebenfalls dargestellte Bevölkerungsentwicklung: Die Saudi Arabische Bevölkerung wuchs von 9,6 Mio. im Jahr 1980 um 131 % auf 22,1 Mio. Menschen im Jahr 2000 an. Dafür scheint es zwei Ursachen zu geben: einerseits ist die Saudi Arabische Bevölkerung eine sehr junge und damit stark wachsende Bevölkerung, wo über 50 % der Bevölkerung jünger als 20 Jahre ist. Zweites dürfte Zuwanderung zum Bevölkerungswachstum beigetragen haben, der Ausländeranteil liegt in Saudi Arabien bei 33 %. (UK Trade & Investment 2004)

4.3 Schweiz

In der Schweiz liegt die inländische Materialentnahme (DE) bei 65 Mio. Tonnen im Jahr 1980 und steigt bis 2000 auf 85 Mio. Tonnen an. Die Zusammensetzung der DE zeigt die spezielle Struktur der Schweizer Wirtschaft: Die gesamten Materialentnahmen bestehen fast ausschließlich aus Biomasse und Baumineralien, mineralische Rohstoffe werden in keinen nennenswerten Größen gefördert.

Abbildung 21: Domestic Extraction (DE) für die Schweiz, agg4 und agg12 in Mio. t



Im Zeitverlauf zeigen sich nur geringe Veränderungen. Biomasse Entnahmen liegen konstant bei ca. 17 Mio. t mit einem geringen Anstieg im Jahr 2000 auf rund 21 Mio. t.

Biomasseentnahmen setzen sich 1999 aus ca. 55 % Futtermitteln (Gras aus Weidetätigkeit) und jeweils ca. 20 % Agrarprodukte und Holz zusammen. (Im Jahr 2000 steigt die Holzentnahme sprunghaft auf knapp 40 % an.) Der Hauptanteil an inländischer Entnahme entfällt aber auf Baumineralien, die von knapp 50 Mio. t auf ca. 65 Mio. t ansteigt.

Veränderungen bei Baumineralien sind wahrscheinlich stark geprägt durch die angewandte Berechnungsmethode (Modellierung basierend auf dem GDP) und erlauben nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf Veränderungen in der Bautätigkeit.

Die extrem niedrigen Entnahmemengen von mineralischen Rohstoffen spiegeln die für die Schweiz typische Wirtschaftsstruktur wider, in der so gut wie kein Bergbau betrieben wird. Laut den Angaben im „Historischen Lexikon der Schweiz“ (Marco Jorio (Ed.) 2003) ist der kaum vorhandene Bergbau darin begründet, dass die Schweiz zwar über zahlreiche Bodenschätze verfügt, aber die nur in geringer Quantität oder an schwer zugänglichen Orten

gelegen sind. Das Historische Lexikon bezeichnet die Schweiz als „reich an armen Minen“. In den Jahren 1980 bis 2000 wurden in der Schweiz lediglich Salz und geringe Mengen Schwefel abgebaut. An fossilen Energieträgern förderte die Schweiz zwischen 1985 und 1994 Erdgas in einer Förderstätte im Finsterwald / Kanton Luzern. (Marco Jorio (Ed.) 2003)

Die Importe der Schweiz steigen im betrachteten Zeitraum von 35 Mio. Tonnen auf knapp 45 Mio. Tonnen (Anstieg um 120 %). Die Exportmenge liegt auf einem niedrigeren Niveau, zeigt allerdings ein viel dynamischeres Wachstum von 5 Mio. Tonnen im Jahr 1980 auf knapp 15 Mio. Tonnen in 2000 (+260 % Wachstum).

Abbildung 22: Importe für die Schweiz, agg4 und agg12 in Mio. t

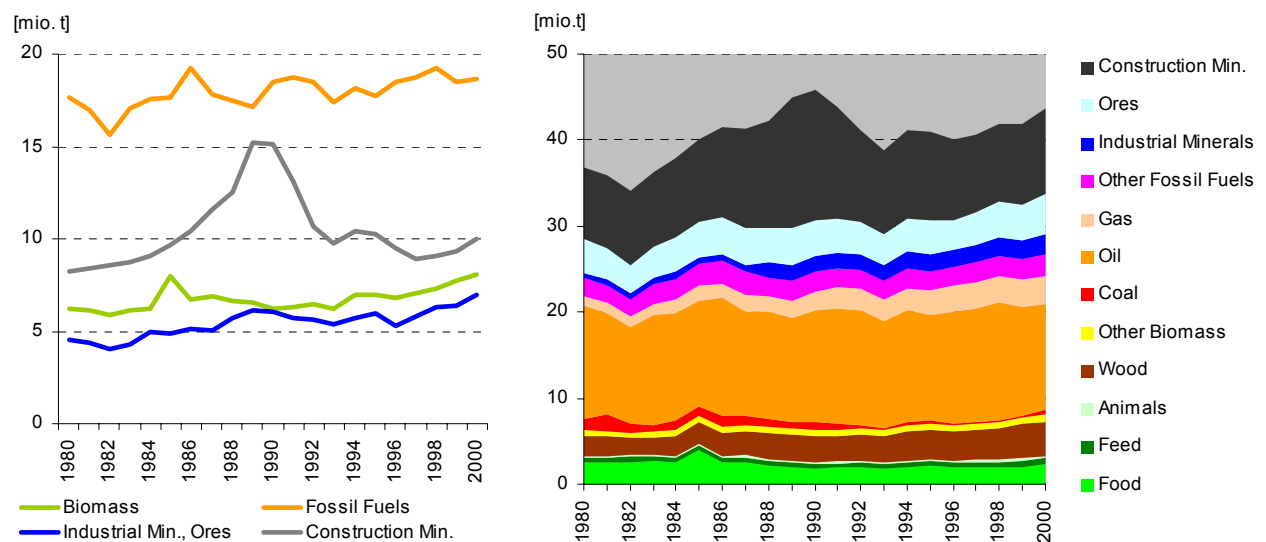
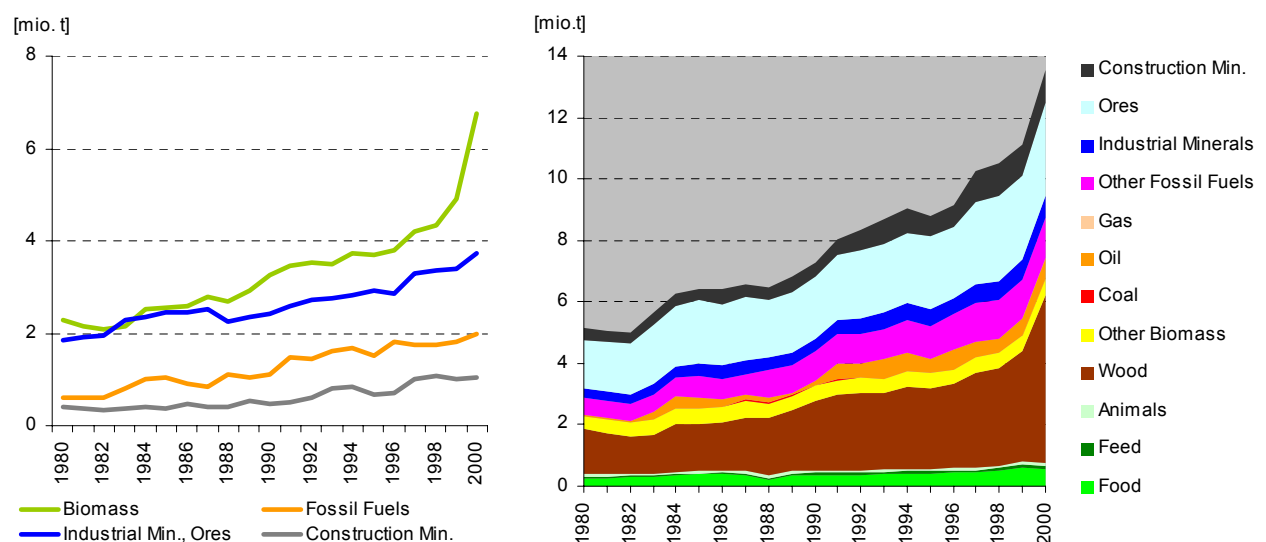


Abbildung 23: Exporte für die Schweiz, agg4 und agg12 in Mio. t

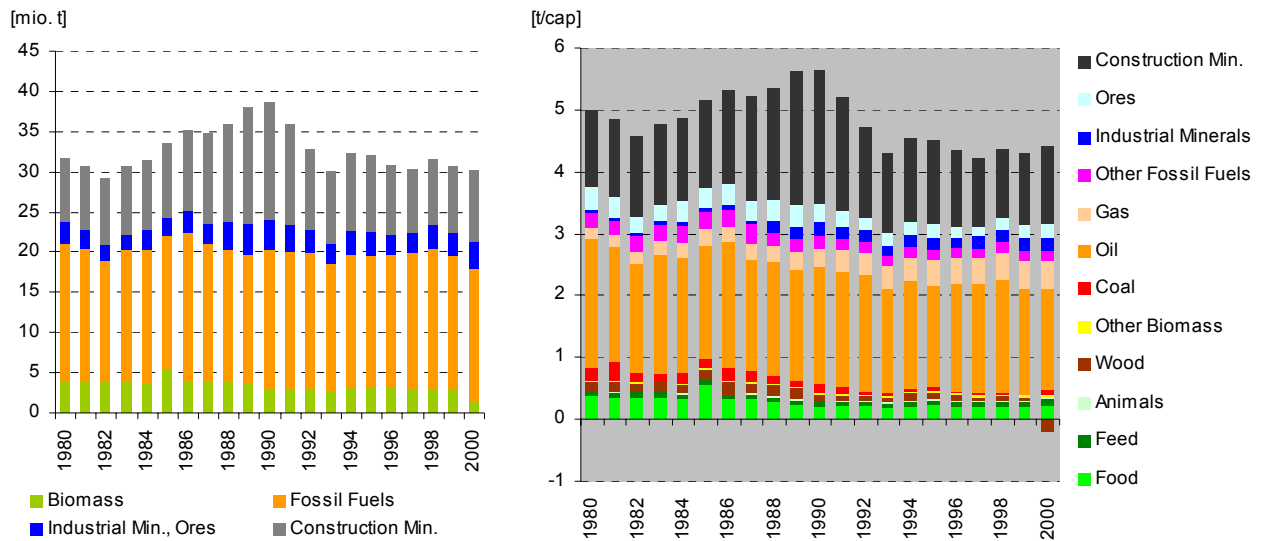


Bei den Importen fällt der größte Anteil auf fossile Energieträger (knapp 50 %), die gleichzeitig kaum Zuwachs verzeichnen. Innerhalb der Gruppe der fossilen Energieträger ist lediglich eine Verschiebung von Kohle hin zu Gas zu beobachten. Den mengenmäßig zweitgrößten Anteil nehmen Baumineralien ein (20 %), die außerdem noch von einer starken Dynamik geprägt sind: bis zum Jahr 1990 steigen die Importe an Baustoffen auf knapp die doppelte Menge (das entspricht dann über 30 % der gesamten Importe) und sinken anschließend bis in die späten 1990er wieder stark ab. Diese erhöhten Importe gemeinsam mit einem Entnahme-Maximum um 1990 spiegelt sich in der Entwicklung des Wirtschaftswachstums im Bausektor wieder. Die Bautätigkeit steigt bis 1990 auf fast das doppelte an (von 11.000 Mio. USD in 1980 auf 19.000 Mio. USD in 1990) und sinkt in den folgenden Jahren bis 2000 wieder um die Hälfte auf 15.000 Mio. USD ab. Die Importe in der Kategorie „Biomasse“ und „Industriemineralien und Erze“ liegen bei 6 Mio. Tonnen bzw. 4 Mio. Tonnen im Jahr 1980 und steigen bis 2000 auf 8 Mio. Tonnen (Biomasse) bzw. 7 Mio. Tonnen (Industriemineralien und Erze). Der größte Anteil der Biomasse Importe entfällt auf Nahrungsmittel und Holz. Diese Verteilung der Importmengen auf die Materialkategorien, im speziellen die hohen Mengen an importierten Baumineralien, ist im Europäischen Vergleich (Details siehe Kapitel 6) doch eine Besonderheit. Für eine nähere Analyse müsste hier nun eine Detailbetrachtung des Bausektors angeschlossen werden.

Die starke Wachstumsrate der Exporte ist zum einen in einem starken Wachstum der fossilen Mineralien (+325 %) und zum anderen in dem starken Zuwachs der Biomasse Exporte zwischen 1998 und 2000 begründet. Mengenmäßig dominieren Exporte an Biomasse (über 2 Mio. Tonnen in 1980 bzw. 7 Mio. Tonnen in 2000, das sind knapp 50 % der gesamten Exporte). Davon entfallen rund 80 % der Biomasseexporte im Jahre 2000 auf Holz oder Holzprodukte. Aus der Gruppe der Industriemineralien und Erze werden 1980 2 Mio. Tonnen and Materialien oder Waren exportiert, im Jahre 2000 steigt die Ausfuhr auf knapp 4 Mio. Tonnen; dies entspricht ca. 30 % der Gesamtexporte. Exportierte Mengen an fossilen Mineralien und Baumaterialien liegen bei ca. einer halben Mio. Tonnen im Jahre 1980 bzw. bei 1 Mio. Tonnen für Baumineralien und 2 Mio. Tonnen für fossile Materialien in 2000.

Die Bilanzierung der Importe gegenüber den Exporten ergibt eine negative physische Handelsbilanz von etwas mehr als 30 Mio. Tonnen im Jahre 2000 bzw. fast 40 Mio. Tonnen im Jahre 1990. Die Schweiz ist damit ein Netto-Importeur von Materialien, so wie auch die meisten anderen industrialisierten Länder.

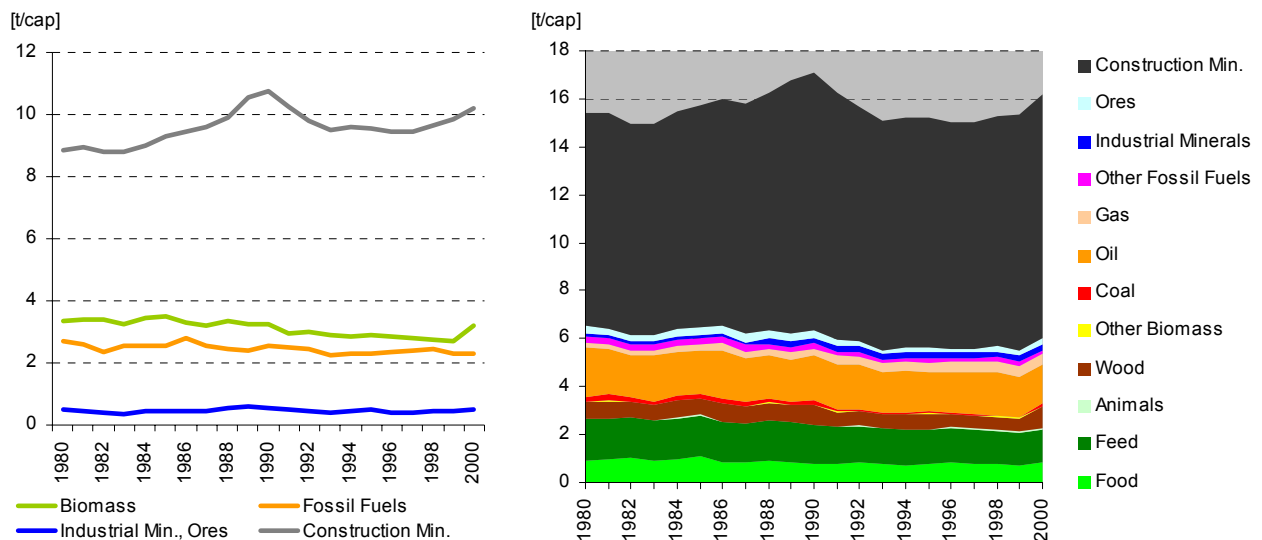
Abbildung 24: Physical Trade Balance (PTB) für die Schweiz, agg4 in Mio. t und agg12 in t/cap



Die negative PTB wird fast zur Hälfte durch fossile Energieträger bestimmt, darunter vor allem Öl, gefolgt von rund 30 % Netto-Importen an Baumineralien. Netto-Importe an Biomasse (v.a. Nahrungsmittel) sinken als einzige Materialkategorie über den betrachteten Zeitraum von 4 Mio. Tonnen auf nur knapp über 1 Mio. Tonnen.

Der DMC als Indikator für den inländischen Materialverbrauch zeigt für die Schweiz ein relativ konstantes Bild von ca. 100 Mio. Tonnen im Jahre 1980 bzw. 120 Mio. Tonnen im Jahr 2000. Bezogen auf die Bevölkerung ergibt sich für das Jahr 1980 ein pro Kopf Materialverbrauch von knapp über 15 Tonnen, der sich bis 2000 auf 16 Tonnen pro Kopf und damit nur unwesentlich erhöht.

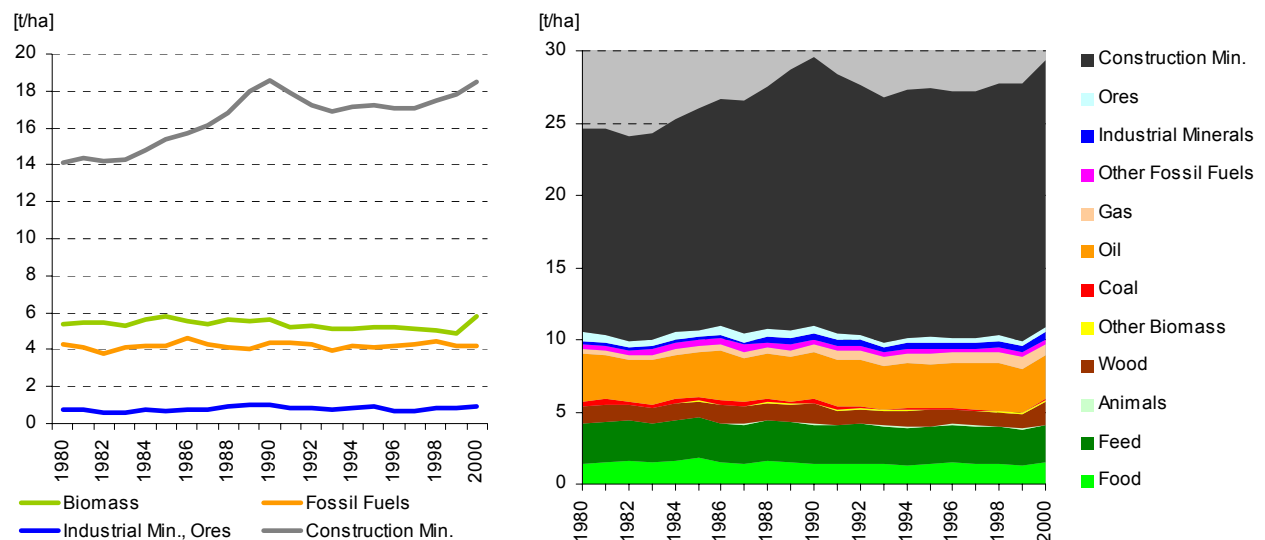
Abbildung 25: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für die Schweiz, agg4 und agg12 in t/cap



Den größten Anteil von rund 60 % nehmen darin Baumineralien ein, ca. 20 % entfallen auf Biomasse, gute 15 % auf fossile Energieträger. Auf Industriemineralien und Erze entfallen nur weniger als 5 % des gesamten DMC. Die geringen Schwankungen im DMC zwischen dem Jahr 1980 und 2000 ergeben sich aus einem fast konstanten Verbrauch an Biomasse (+8 %) bzw. fossilen Materialien (-3 %), einem leichten Anstieg des DMC für Industriemineralien und Erze (+15 %) und dem vergleichsweise stärksten Anstieg in der Kategorie Baumineralien (+31 %).

Bezogen auf die Landesfläche resultiert der DMC in einem Wert von 24 t/ha im Jahre 1980 beziehungsweise 28 t/ha im Jahre 2000.

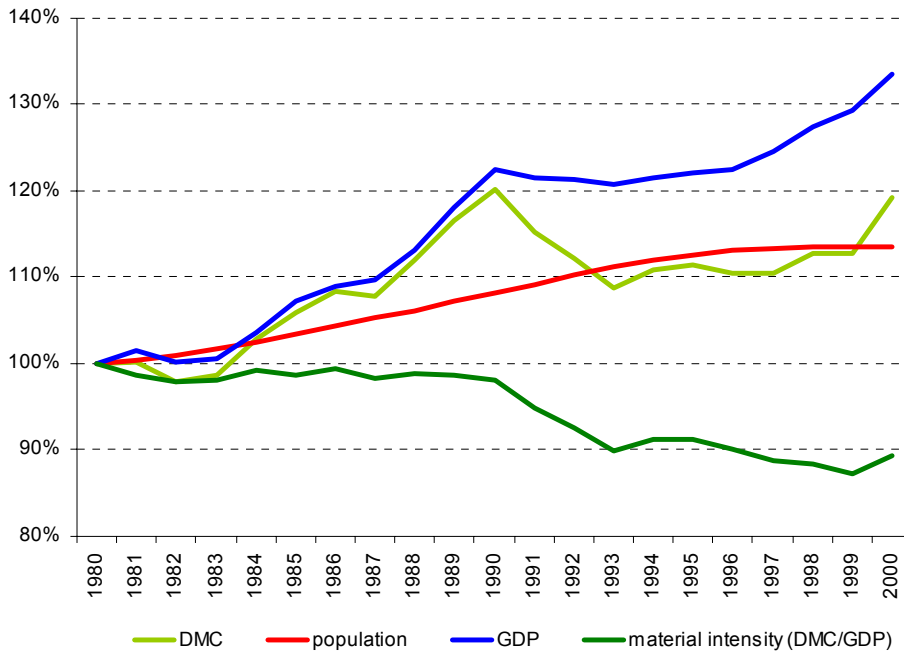
Abbildung 26: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für die Schweiz, agg4 und agg12 in t/ha



Der flächenbezogene Materialverbrauch ist in der Schweiz damit fast dreimal so hoch wie in den USA. Im Gegensatz zu den niedrigeren pro Kopf Werten im Vergleich zu den USA belastet die Schweiz ihre Landesfläche und damit die natürlichen Ökosysteme in weit höherem Ausmaß.

In Abbildung 27 schließlich sieht man die Entwicklung der wichtigsten sozio-ökonomischen Parameter im Vergleich zu den biophysischen Flüssen.

Abbildung 27: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität für die Schweiz



Sehr interessant ist das für ein industrialisiertes Land sehr starke Bevölkerungswachstum zwischen 1980 und 1995 mit einem Zuwachs von knapp 15 %. Das GDP zeigt ebenfalls ein deutliches Wachstum bis 1990, gefolgt von einer Rezessions- und langsamen Wachstumsphase bis 1996 und anschließend erneut deutlichem Wachstum. Der Materialverbrauch verläuft in einer Dynamik, die den Phasen der Wirtschaftsentwicklung folgt. Das heißt bis 1990 steigt der DMC in fast identer Weise wie das GDP. In der folgenden Phase von verlangsamtem wirtschaftlichen Wachstum fällt der DMC deutlich ab. Erst in der Phase ab 1996 steigt der DMC wieder an und folgt damit der wieder wachsenden Wirtschaftproduktion. Die Materialintensität (DMC/GDP) spiegelt diese Entwicklung wider: von 1980 bis 1990 ist sie stabil und sinkt anschließend bis 1993 um ca. 10 % ab. Von 1993 bis 1996 bleibt die Materialintensität wieder eher stabil und sinkt erst ab 1996 wieder leicht ab.

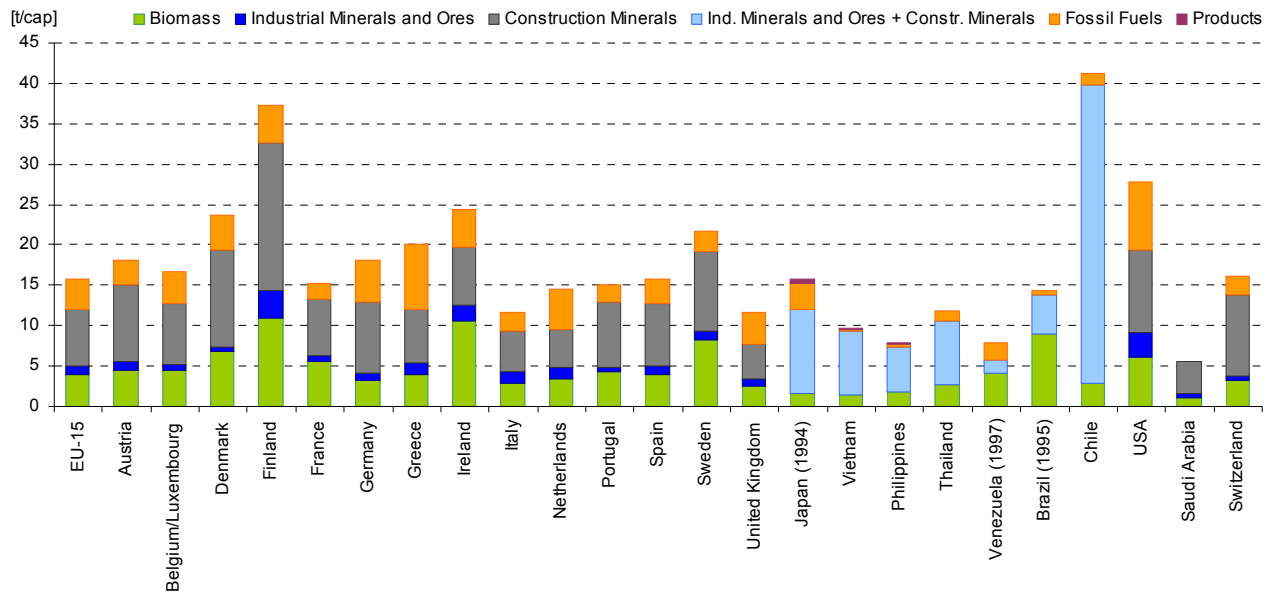
5 Internationaler Vergleich

In den letzten Jahren wurden viele nationale MFA erstellt, die einen internationalen Vergleich über verschiedene Weltregionen und auch Entwicklungsstadien der Länder hinweg erlauben. Im folgenden Vergleich verwenden wir Daten für die EU-15 Länder (Eurostat 2002), Japan (Adriaanse et al. 1997; Matthews et al. 2000), Vietnam und Philippinen (unveröffentlichte Resultate eines EU FP6 Projekts „Southeast Asia in Transition – SEATrans“), Thailand (Weisz et al. 2005c), Venezuela (Castellano 2001), Brasilien (Machado 2001) und Chile (Giljum 2004). Die unterschiedlichen Muster der Europäischen Länder sind in Weisz et al. (2005a; 2005b) diskutiert, ein Vergleich der biophysischen Entwicklung in den Regionen Südostasien und Südamerika findet sich in Eisenmenger et al. (2006).

Den globalen Vergleich beginnen wir mit dem Indikator DMC pro Kopf für das Jahr 2000. Für den Fall, dass keine Daten für das Jahr 2000 verfügbar waren, griffen wir auf die aktuellst möglichen Daten zurück⁸. In manchen MFA wurde keine Unterscheidung nach Industrie- und Baumineralien getroffen, in diesen Fällen werden die beiden Materialgruppen gemeinsam dargestellt. Und schließlich wurden in einigen Arbeiten gehandelte Halb- und Fertigwaren nicht den vier Materialgruppen zugeteilt, sondern extra angeführt. Diese sind in der Grafik als eigene Kategorie „Produkte“ dargestellt.

⁸ Dies betrifft Japan (aktuellstes Jahr: 1994), Venezuela (1997) und Brasilien (1995).

Abbildung 28: Domestic Material Consumption (DMC) pro Kopf für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich, agg4 in t/cap



Sources: EU-15 Länder: Eurostat 2002; Japan: Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000; Vietnam: und Philippinen: unveröffentlichte Resultate eines EU FP6 Projekts „Southeast Asia in Transition – SEAtrens“; Thailand: Weisz et al. 2005c; Venezuela: Castellano 2001; Brasilien: Machado 2001; Chile: Giljum 2004

Beim internationalen Vergleich des DMC (Abbildung 28) zeigt sich sofort der hohe pro Kopf Verbrauch der USA (27 t/cap), der nur von Finnland (37 t/cap; sehr hohe Biomasse DE durch den besonderen Stellenwert der Holzproduktion, siehe Weisz et al. 2005b) und Chile (ca. 41 t/cap; großer Anteil mineralischer Rohstoffe durch hohe Kupferproduktion, siehe Giljum 2004) übertroffen wird. Knapp hinter den USA folgen Irland, Dänemark und Schweden mit einem DMC zwischen 20 und 25 Tonnen pro Kopf. Jedes dieser Länder zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Biomasseverbrauch aus. Die Zusammensetzung des DMC der USA dagegen ist weniger durch einen hohen Anteil an inländischem Verbrauch von Biomasse (6 t/cap) charakterisiert, als viel mehr durch einen sehr hohen Verbrauch an fossilen Energieträgern (9 t/cap). Ein ähnlich hoher Verbrauch an fossilen Energieträgern ist nur in Griechenland (ca. 8 t/cap) zu beobachten, der in der starken Nutzung von energetisch minderwertiger Braunkohle (v.a. zur Stromerzeugung) begründet ist. (Weisz et al. 2005b)

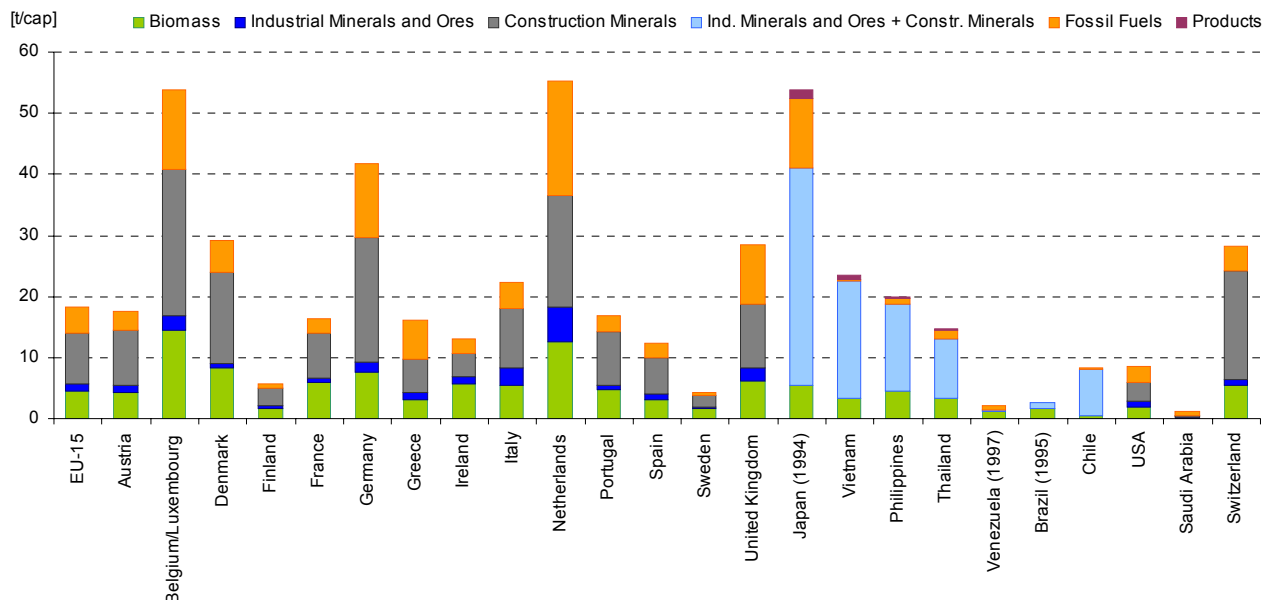
Für Saudi Arabien zeigt die „Punkt-Aufnahme“ des DMC für nur ein Jahr aufgrund der extrem starken Schwankungen in den Kategorien fossiler Energieträger ein wenig repräsentatives Bild. Über den Betrachtungszeitraum von 1980 - 2000 schwankt der DMC zwischen 25 t/cap und 5 t/cap, letzterer Minimalwert gilt für das Jahr 2000. Abgesehen von den sehr dynamischen Zahlen für fossile Energieträger ist Saudi Arabien im internationalen Vergleich mit einem sehr niedrigen pro Kopf Wert für Biomasse charakterisiert, der bei 1 t/cap liegt.

Damit liegt der Biomasse-Verbrauch von Saudi Arabien sogar unter den niedrigsten Werten für südostasiatische Länder. Saudi Arabien bezieht einen Großteil der Nahrungs- und Futtermittel über Importe, die materialintensiven Vorleistungen der in Saudi Arabien verbrauchten Nahrungs- und Futtermittel fallen in den exportierenden Ländern an. Das erhöht den Biomasse-DMC in diesen Ländern und führt zu einem geringeren Biomasse-DMC in Saudi Arabien selbst. (Weisz et al. 2005b)

Die Schweiz zeigt einen Materialverbrauch, der dem Europäischen Durchschnitt entspricht und große Ähnlichkeit zu Österreich, einem Land von vergleichbarer Größe und Struktur, hat. Charakteristisch scheint für die Schweiz zu sein, dass der DMC für alle Kategorien – außer den Baumineralien – geringer ist als in den meisten anderen Industrieländern. Dies scheint stark mit der Schweizer Wirtschaftsstruktur zusammen zu hängen, in der kein Bergbau und keine materialintensive Produktion stattfinden.

Zur Darstellung der Belastung des nationalen Ökosystems eignet sich die Darstellung des DMC pro Hektar verfügbarer Fläche. (Weisz et al. 2005b)

Abbildung 29: Domestic Material Consumption (DMC) pro Flächeneinheit für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich, agg4 in t/ha



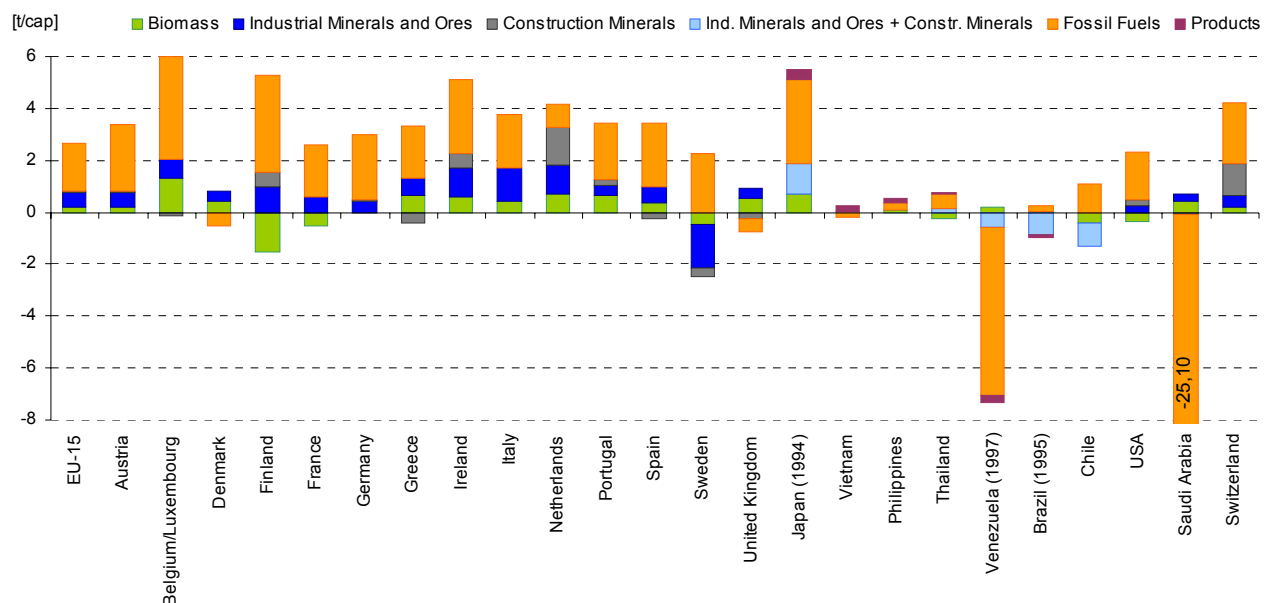
Sources: EU-15 Länder: Eurostat 2002; Japan: Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000; Vietnam: und Philippinen: unveröffentlichte Resultate eines EU FP6 Projekts „Southeast Asia in Transition – SEAttrans“; Thailand: Weisz et al. 2005c; Venezuela: Castellano 2001; Brasilien: Machado 2001; Chile: Giljum 2004

Aus Abbildung 29 lässt sich ablesen, dass die industrialisierten Länder mit der höchsten Bevölkerungsdichte (mehr als 200 Personen pro km²) durch den größten Materialverbrauch

pro Fläche gekennzeichnet sind (zwischen 40 und 55 t/ha). Dies betrifft Belgien und Luxemburg, Deutschland, die Niederlande und Japan. Der DMC der südostasiatischen Länder mit vergleichbaren Bevölkerungsdichten liegt im dagegen bei nur ca. 20 t/ha. Niedrige Bevölkerungsdichten hingegen gehen eindeutig mit niedrigen Werten für DMC pro Fläche einher; im konkreten zeigt sich das für Finnland, Schweden, Venezuela, Brasilien, Chile, USA und Saudi Arabien (Bevölkerungsdichten unter 30 Personen pro km²). Die Schweiz zeigt einen hohen Wert für Baumineralien pro Flächeneinheit, jedoch müssen die Angaben für Baumineralien in der Schweizer MFA mit Vorsicht interpretiert werden (siehe Kapitel 4.3).

Neben der inländischen Entnahme gewinnen Handelsflüsse in der globalisierten Weltwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Die biophysische Handelsbilanz (PTB) kann als grobe Näherung verwendet werden, um darzustellen, ob ein Land für seinen inländischen Verbrauch Materialien importieren muss, oder ob ein Land Teile seiner inländischen Ressourcen an andere Länder liefert.

Abbildung 30: Physical Trade Balance (PTB) pro Kopf für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich, agg4 in t/cap



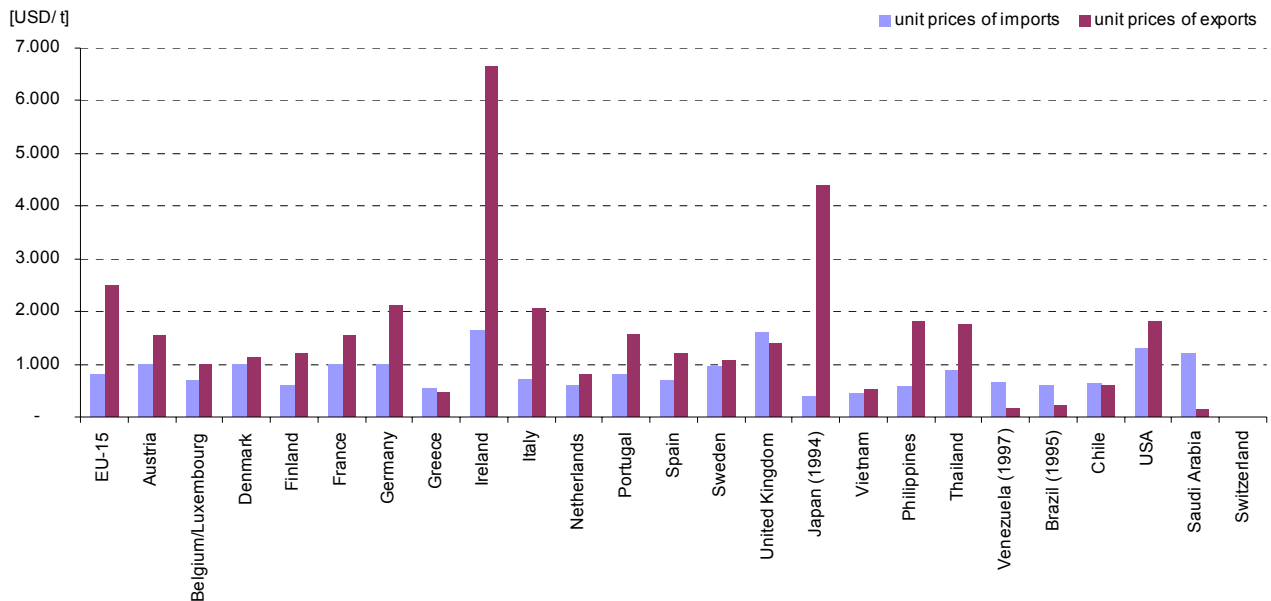
Sources: EU-15 Länder: Eurostat 2002; Japan: Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000; Vietnam: und Philippinen: unveröffentlichte Resultate eines EU FP6 Projekts „Southeast Asia in Transition – SEATrans“; Thailand: Weisz et al. 2005c; Venezuela: Castellano 2001; Brasilien: Machado 2001; Chile: Giljum 2004

Die industrialisierten Länder sind mit wenigen Ausnahmen Netto-Importeure. Ausnahme ist Schweden, dessen Netto-Importeure an fossilen Energieträgern geringer sind als die Netto-Exporteure an Mineralien und Biomasse. Die anderen Industrieländer weisen lediglich in

manchen Materialkategorien Netto-Exporte auf: Dänemark und UK für fossile Energieträger (aus Förderstätten der Nordsee), Finnland für Biomasse (vorwiegend Holz), Griechenland und Spanien für Baumineralien und die USA für Biomasse. Von den sogenannten Entwicklungsländern sind die südostasiatischen Staaten geringfügige Netto-Importeure (v.a. fossile und mineralische Materialien), die südamerikanischen Länder dagegen deutliche Netto-Exporteure. Saudi Arabien ist charakterisiert durch extrem hohe Netto-Exporte von Erdöl in der Größenordnung von 25 t/cap; ein Wert, der die Netto-Importe bzw. -Exporte aller anderen Länder bei weitem übersteigt. Die PTB der Schweiz zeigt einen im Vergleich zu den anderen Ländern deutlich höheren Netto-Import von Baumineralien, im internationalen Vergleich eher ein seltenes Bild und in ähnlicher Ausprägung nur noch in den Niederlanden zu beobachten. Die Netto-Importe der USA bestehen zum überwiegenden Teil aus fossilen Energieträgern, ein Bild, das sich erst in den späten 1990er Jahren mit steigender Importabhängigkeit entwickelt hat.

Gehandelte Waren und Materialien haben neben dem biophysischen Gewicht auch einen monetären Wert. Für die Importe und Exporte kann daher ein gemittelter Preis pro Tonne berechnet werden. Ein Vergleich dieser „*unit prices*“ zeigt, welcher ökonomische Wert mit den gehandelten Materialien verbunden ist. Rohmaterialien haben eher niedrige Preise, verarbeitete Produkte dagegen besitzen höheren Wert. Der internationale Vergleich zeigt daher zum Einen, in welchen Abschnitten der Produktionskette die einzelnen Länder angesiedelt sind. (Fischer-Kowalski und Amann 2001) Zum Anderen gibt ein Vergleich der *unit prices* von Importen und Exporten eines Landes Hinweis darauf, welche Wertsteigerung in der Nationalökonomie mit den verarbeiteten Materialien erzielt werden kann.

Abbildung 31: Unit Prices (Preise pro importierter t bzw. exportierter Tonne) für das Jahr 2000 im internationalen Vergleich

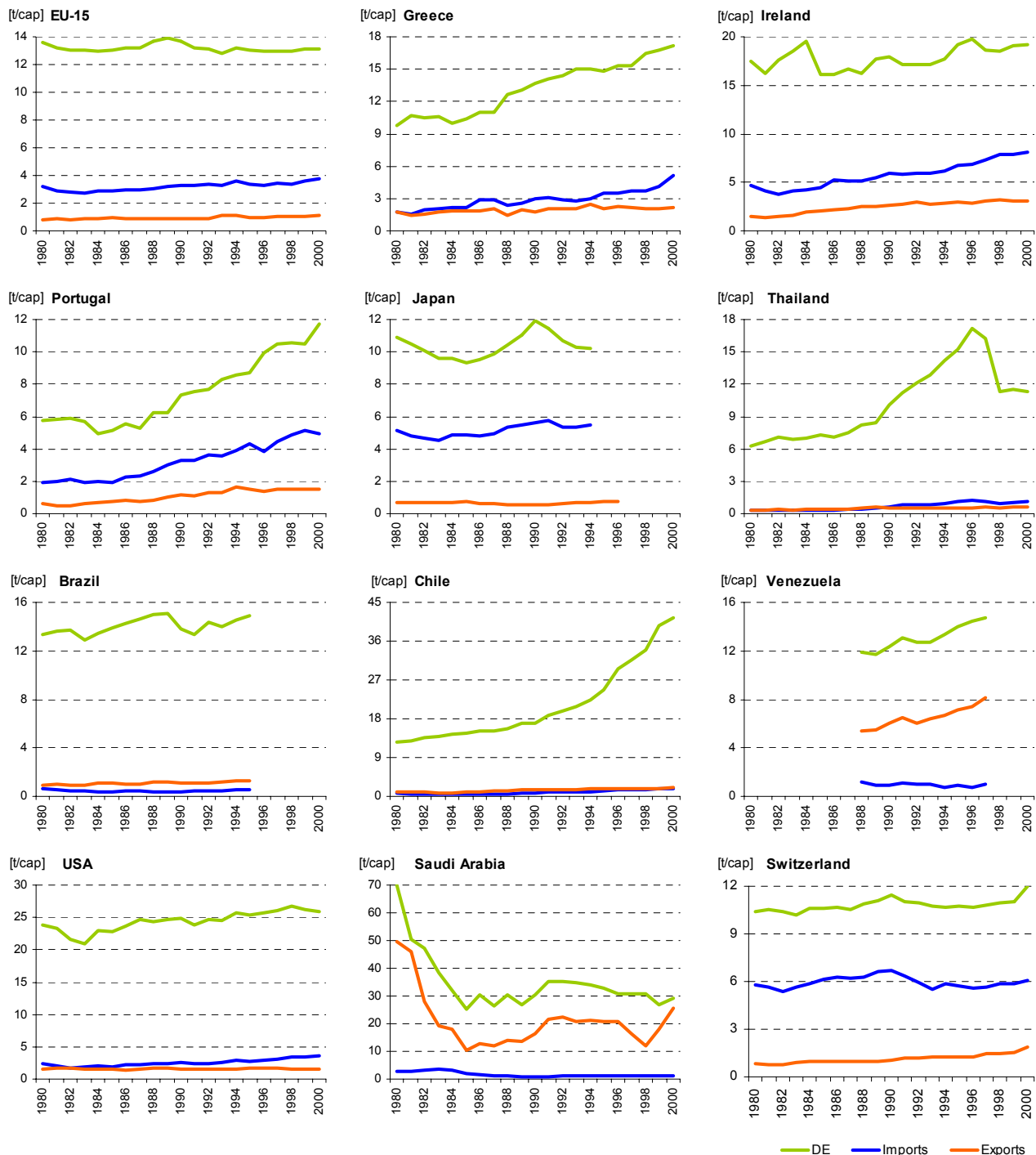


Sources: eigene Berechnungen basierend auf: EU-15 Länder: Eurostat 2002; Japan: Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000; Vietnam: und Philippinen: unveröffentlichte Resultate eines EU FP6 Projekts „Southeast Asia in Transition – SEATrans“; Thailand: Weisz et al. 2005c; Venezuela: Castellano 2001; Brasilien: Machado 2001; Chile: Giljum 2004

Industrialisierte Länder sind durch höhere *unit prices* der Exporte gekennzeichnet, d.h. sie importieren weniger verarbeitete Materialien, wandeln diese in hochverarbeitete Waren um und exportieren diese dann zu höheren Preisen. In ganz extremer Ausprägung verfolgen Irland und Japan diese Strategie. In der Gruppe der Südostasiatischen Staaten ist ein ähnliches Bild zu sehen wie bei den Industrieländern. In den Ländern Südamerikas hingegen, die sich auf die Extraktion und den Export von Rohstoffen spezialisiert haben, kehrt sich die Verteilung um, und die *unit prices* der Importe übersteigen jene der Exporte. Hier werden also importseitig höher verarbeitete Waren eingeführt. Unsere MFA für die USA zeigt das Muster eines industrialisierten Landes, allerdings mit einem weniger deutlichen Unterschied zwischen Importen und Exporten. Dies lässt sich auf die beträchtlichen Exporte von Biomasseprodukten zurückführen. In Saudi Arabien erzielen die mengenmäßig bedeutenden Erdölexporte in monetären Einheiten nur einen geringen *unit price*, der überragende wirtschaftliche Stellenwert des Erdölports liegt daher v.a. in der Masse. Der *unit price* der Importe dagegen liegt deutlich höher, da Saudi Arabien sowohl Fertigwaren als auch Konsumgüter, darunter auch hohe Anteile an Nahrungsmitteln, weitgehend importiert. Ein Vergleich der Größenordnung von DE im Vergleich zu Importen und Exporten zeigt, wie sehr ein Land seine materielle Struktur auf inländischen Ressourcen aufbaut bzw. wie wichtig

Handelsflüsse sind. Ein Vergleich der Handelsflüsse zeigt außerdem, ob ein Land mengenmäßig mehr importiert oder eigene Ressourcen exportiert.

Abbildung 32: DE, Importe und Exporte pro Kopf im internationalen Vergleich, in t/cap



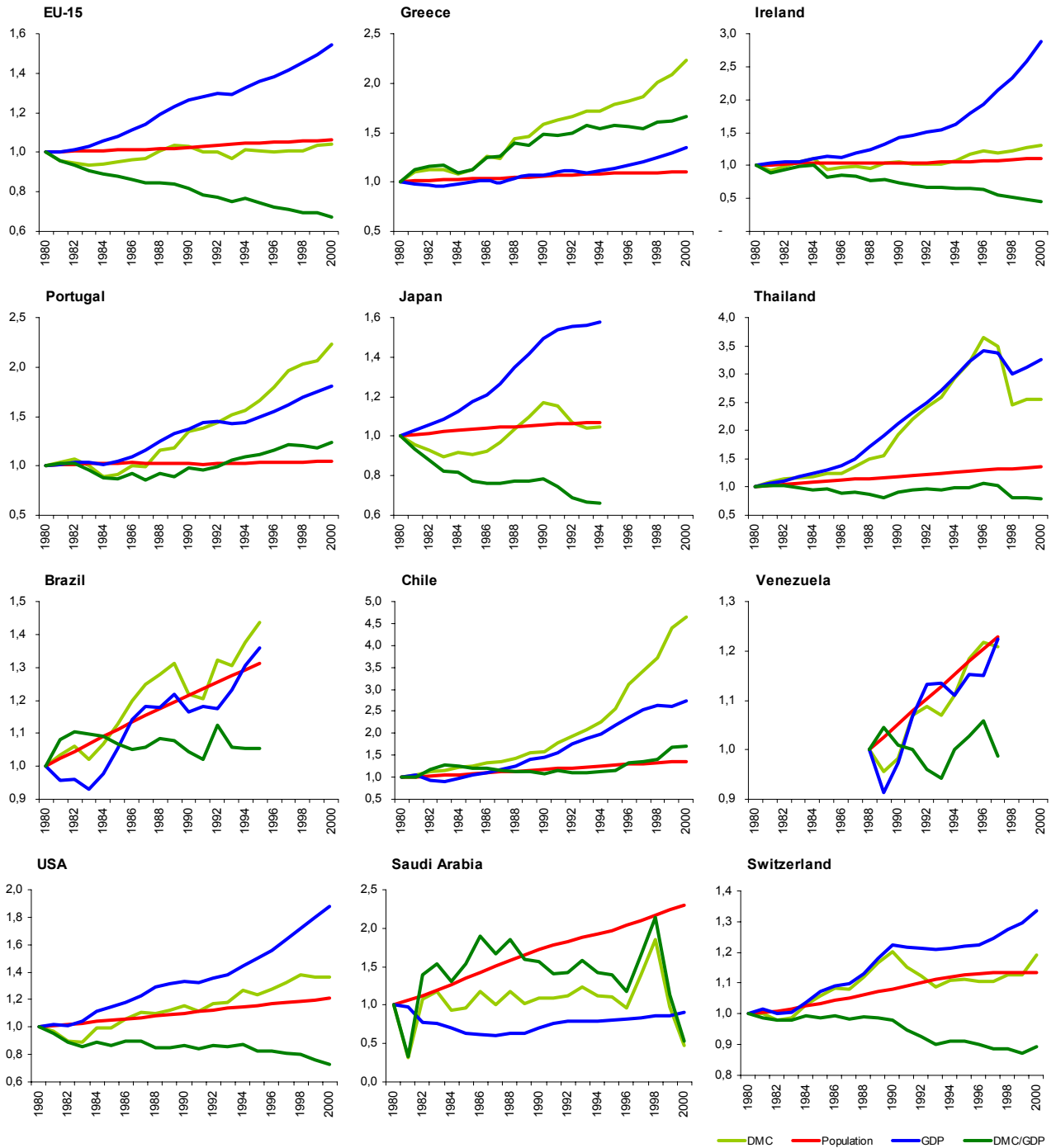
Sources: EU-15 Länder: Eurostat 2002; Japan: Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000; Vietnam: und Philippinen: unveröffentlichte Resultate eines EU FP6 Projekts „Southeast Asia in Transition – SEAtrens“; Thailand: Weisz et al. 2005c; Venezuela: Castellano 2001; Brasilien: Machado 2001; Chile: Giljum 2004

In Abbildung 32: DE, Importe und Exporte pro Kopf im internationalen Vergleich, in t/cap Abbildung 32 sieht man, dass industrialisierte Länder im Vergleich durch relativ stabile DE (EU-15, Irland, Japan, USA, Schweiz) gekennzeichnet sind. Betreffend den Level liegen die meisten Länder mit ihrer DE im Bereich zwischen 12 und 16 t/cap. Davon abweichend liegen Griechenland und Portugal, deren starke wirtschaftliche Entwicklung sich auch in einer ansteigenden DE zeigt, Irland mit einem höheren DE Wert aufgrund des großen Anteils an geweideter Biomasse und Chile mit seiner materiell bedeutenden Kupferproduktion. Die Schweiz reiht sich in diesem Vergleich als typisch industrialisiertes Land ein. Die USA hingegen sind gekennzeichnet durch deutlich größere Mengen an DE ebenso wie Saudi Arabien.

Bei den gehandelten Materialien ist zu sehen, dass die Importe bei den meisten Ländern die Exporte übertreffen. In Japan liegen die Importe auf einem deutlich höheren Niveau, ein typisches Bild eines dicht besiedelten Landes, das in Folge von u.a. knappen räumlichen Ressourcen größere Mengen der inländisch verbrauchten Materialien importieren muss. Die Schweiz zeigt auch ein deutlich höheres Importvolumen, welches sich durch fehlende inländische Verfügbarkeit an fossilen und mineralischen Rohstoffen und daher höhere Importmengen in diesen Materialkategorien erklärt. Bei den exportorientierten Wirtschaften (Chile, Saudi Arabien und Venezuela) liegen die exportierten Mengen über jenen der Importe. Saudi Arabiens dominante Abhängigkeit von Ölförderung und –Exporte zeigt sich ganz deutlich im parallelen Verlauf der beiden Kurven.

Abschließend wollen wir nun die biophysischen Muster mit Wirtschaftswachstum und Bevölkerungsentwicklung in Beziehung bringen. Abbildung 33 zeigt dazu die Entwicklung von DMC, Bevölkerungsentwicklung, GDP und Materialintensität in indexierter Darstellung.

Abbildung 33: Indexierte Darstellung von DMC, Bevölkerung, GDP und Material Intensität im internationalen Vergleich



Sources: EU-15 Länder: Eurostat 2002; Japan: Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000; Vietnam: und Philippinen: unveröffentlichte Resultate eines EU FP6 Projekts „Southeast Asia in Transition – SEAtrens“; Thailand: Weisz et al. 2005c; Venezuela: Castellano 2001; Brasilien: Machado 2001; Chile: Giljum 2004

Die Bevölkerung wächst in den 20 Jahren von 1980 bis 2000 in industrialisierten Ländern unter bzw. um 10 %. Die Schweiz liegt mit 13 % am oberen Ende dieser Verteilung, die USA

mit 20 % Zuwachs knapp darüber. Für die Länder in Südostasien und Südamerika rangiert das Bevölkerungswachstum von 1980 bis 2000 zwischen 23 % für Venezuela und 36 % für Thailand und Chile. Saudi Arabien zeigt im internationalen Vergleich konstantes Wachstum mit der höchsten Wachstumsrate von 130 % in den Jahren 1980 bis 2000.

Im Vergleich dazu wächst die Wirtschaft in den meisten Ländern zwischen 40 und 70 % mit höchsten Zuwächsen in Finnland (70 %), Portugal (80 %), Spanien (70 %). Eher niedrigstes Wachstum von 1980 bis 2000 ist in der Schweiz (34 %) und Griechenland (35 %), sowie Venezuela (22 %) und Brasilien (35 %) zu beobachten. Saudi Arabien ist gekennzeichnet von einem wirtschaftlichen Einbruch mit negativem Wachstum in der ersten Hälfte der 80er Jahre. Danach hat sich die Wirtschaft wieder langsam erholt, das gesamte Wirtschaftswachstum über die 20 Jahre bleibt dennoch negativ (-10 %). Die größten Wachstumsraten sind zu beobachten in Irland (190 %) begründet in der enormen Wirtschaftsentwicklung ab Mitte der 90er Jahre, Thailand, das trotz der Wirtschaftskrise im Jahre 1997 und den folgenden Jahren einen Zuwachs an Wirtschaftsleistung von 225 % erreicht, und Chile (175 %) durch die starke Ausweitung der Kupferexporte. Noch immer ein beachtliches Wirtschaftswachstum von 88 % erreicht die USA und liegt damit gleich auf mit Portugal (80 %). Im zeitlichen Verlauf zeigt sich in allen Ländern ein schwaches, stagnierendes oder sogar negatives Wirtschaftswachstum am Beginn der 80er Jahre als Folge der Golfkrise und dem Anstieg der Ölpreise.

Der DMC verläuft in allen Ländern in ähnlichen Phasen wie das Wirtschaftswachstum nur in ausgeprägterer Dynamik. In den meisten industrialisierten Ländern wächst der DMC über den betrachteten Zeitraum kaum an. Die Zuwächse in den dynamisch wachsenden Volkswirtschaften sind dagegen deutlich höher. Dies trifft auf Griechenland und Portugal zu (125 %), nicht aber für Irland, dessen Materialverbrauch trotz hohem Wirtschaftswachstum nur um 30 % steigt. Noch größere Zuwächse im Materialverbrauch zeigen Thailand (150 %) und Chile (360 %). Die USA (40 %) und die Schweiz (20 %) liegen mit eher niedrigen Wachstumsraten im Mittelfeld der industrialisierten Länder. Saudi Arabien ist geprägt durch die stark schwankende Ölproduktion, die den DMC maßgeblich bestimmt.

Ein stark wachsender Materialverbrauch schlägt sich in Griechenland, Portugal und Chile auch in einer steigenden Materialintensität also in mehr Materialverbrauch pro Wirtschaftsleistung nieder. Die einzige Ausnahme ist dabei Thailand, dessen außergewöhnlich hohes Wirtschaftswachstum den gestiegenen Materialverbrauch übersteigt und in Folge in einer sinkenden Materialintensität resultiert. In allen anderen Ländern, darunter auch USA, Saudi Arabien und die Schweiz, sinkt die Materialintensität im Ausmaß von bis zu -50 %.

6 Resümee

Das vorliegende Working Paper fasst die Ergebnisse von 3 Materialflussrechnungen (MFA) zusammen, die im Rahmen der Lehrveranstaltung „Biophysische Prozesse und nachhaltige Entwicklung: praktische Anwendung sozialökologischer Methoden“ in den Sommersemestern 2003 und 2004 erstellt wurden. Die MFA für die Schweiz, die USA und Saudi Arabien folgen den methodischen Konventionen von Eurostat (Eurostat 2001; Eurostat 2002) und konzentrieren sich auf die inländische Entnahme, Importe und Exporte. Die weitgehend neuen und interessanten Ergebnisse und daraus abgeleitete Indikatoren wurden in diesem Paper vorgestellt und den Resultaten anderer nationaler MFA gegenüber gestellt.

Die MFA der drei Länder runden das Bild der bereits zahlreich vorliegenden MFA anderer Länder ab und ergänzen es mit den spezifischen Charakteristika des gesellschaftlichen Metabolismus der untersuchten Länder: Die USA, deren Gesellschaft-Umwelt-Interaktion durch einen der weltweit höchsten DMC geprägt ist, welcher zudem durch einen besonders hohen Stellenwert von fossilen Energieträgern und durch ein starkes Wachstum gekennzeichnet ist. Saudi Arabien, dessen gesamter Metabolismus und wirtschaftlicher Wohlstand durch die Entnahme und den Export von Erdöl bestimmt ist, und deren Förderung, Lagerhaltung und Preisentwicklung sich auch stark in der Dynamik der MFA-Indikatoren widerspiegelt. Und die Schweiz, die einen Materialverbrauch zeigt, der dem europäischen Durchschnitt entspricht, aber geprägt durch eine Wirtschaftsstruktur, in der kein Bergbau zur Förderung von fossilen oder mineralischen Rohstoffen betrieben wird.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Adriaanse, A., Bringezu, Stefan, Hammond, A., Moriguchi, Yuichi, Rodenburg, Eric, Rogich, Don, und Schütz, Helmut (1997): Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies. Washington DC: World Resources Institute.
- Arab net: http://www.arab.net/saudi/sa_economy.htm (06.06.2004)
- Baratta, Mario v. (Hg) (2003): Der Fischer Weltalmanach 2004. Zahlen Daten Fakten. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Barbiero, Giulia, Camponeschi, Stefano, Femia, Aldo, Greca, Gianna, Tudini, Angeli, und Vannozi, Miri (2003): 1980-1998 Material-Input-Based Indicators Time series and 1997 Material Balances of the Italian Economy. Rome: ISTAT.
- Baumann, Antje: <http://www.huehner-info.de/> (2005)
- BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt u. W. (2004): Grüner Bericht 2004. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft 2003. Wien: BMLFUW.
- Castellano, Hercilio (2001): MFA for Venezuela, unpublished draft, Caracas.
- CIA: The World Factbook. <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/> (2005)
- DETR/ONS/WI (2001): Total Material Resource Flows of the United Kingdom, (revised and updated 2002 by ONS). Department of Environment, Transport and the Regions of the UK, Office for National Statistics of the UL, Wuppertal Institute.
- Eisenmenger, Nina, Schandl, Heinz, und Ramos-Martin, Jesús (2006): Transition in a changed context: patterns of development in a globalized world. In: Fischer-Kowalski, M. und Haberl, H. (Hgs.): Global Change and Socio-Ecological Transitions. Edward Elgar Cheltenham.
- Energy Information Administration EIA: Official Energy Statistics from the U.S. Government. <http://www.eia.doe.gov/> (2005)
- Eurostat (2001): Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A methodological guide. Luxembourg: Eurostat, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, 1-92.
- Eurostat (2002): Material use in the European Union 1980-2000. Indicators and Analysis. Luxembourg: Eurostat, Office for Official Publications of the European Communities, prepared by Weisz, H., Fischer-Kowalski, M., Amann, C., Eisenmenger, N., Hubacek, K., and Krausmann, F.
- FAO (2001): FAOSTAT 2001, FAO Statistical Databases: Agriculture, Fisheries, Forestry, Nutrition. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). CD-Rom.
- FAO: FAO-STAT 2001 Statistical Database. www.fao.org (2004)

- Femia, Aldo (2000): A material flow account for Italy, 1988. Eurostat Working Paper No 2/2000/B/8. Luxembourg.
- Fischer Weltalmanach 2004: http://www.weltalmanach.de/staat/staat_detail.php?staat=usa (22.09.2004).
- Fischer-Kowalski, Marina (1998): Society's Metabolism. The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part I: 1860-1970. In: *Journal of Industrial Ecology* 2(1), S. 61-78.
- Fischer-Kowalski, Marina und Amann, Christof (2001): Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism. In: *Population and Environment* 23(1), S. 7-47.
- Georgescu-Roegen, Nicholas (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- German Federal Statistical Office - Statistisches Bundesamt (1995): *Integrated Environmental and Economic Accounting - Material and Energy Flow Accounts*. Wiesbaden: (Fachserie 19, Reihe 5).
- German Federal Statistical Office - Statistisches Bundesamt (2000): *Integrated Environmental and Economic Accounting - Material and Energy Flow Accounts*. Wiesbaden: (Fachserie 19, Reihe 5).
- Giljum, Stefan (2004): Trade, material flows and economic development in the South: the example of Chile. In: *Journal of Industrial Ecology* 8(1-2), S. 241-261.
- Gocht, Werner (1985): *Handbuch der Metallmärkte. Erzvorkommen, Metallgewinnung, Metallverwendung, Preisbildungen, Handelsregelungen*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer Verlag.
- Hammer, Mark und Hubacek, Klaus (2003): *Material Flows and Economic Development, Material Flow Analysis of the Hungarian Economy*. Laxenburg, Austria: IIASA Interim Report IR-02-057.
- IEA: *Energy Statistics of OECD countries*. <http://www.iea.org> (2002)
- Isacson, Annica, Johnsson, K., Linder, Irene, Palm, Viveka, und Wadeskog, Anders (2000): *Material Flow Accounts - DMI and DMC for Sweden 1987-1997*. Luxembourg: Eurostat, Office for Official Publications of the European Communities.
- Klein, John A.: *Statistics of the United States of America*. <http://www.cobras.org/usastats.htm> (2005)
- Machado, J. A. (2001): *Material Flow Analysis in Brazil*. unpublished.
- Mäenpää, Ilmo und Juutinen, Artti (2001): Materials Flows in Finland. Resource Use in a Small Open Economy. In: *Journal of Industrial Ecology* 5(3), S. 33-48.
- Marco Jorio (Ed.): *Historisches Lexikon der Schweiz*. <http://www.dhs.ch/> (2003)
- Matthews, Emily, Amann, Christof, Fischer-Kowalski, Marina, Bringezu, Stefan, Hüttler, Walter, Kleijn, René, Moriguchi, Yuichi, Ottke, Christian, Rodenburg, Eric, Rogich, Don, Schandl, Heinz,

- Schütz, Helmut, van der Voet, Ester, und Weisz, Helga (2000): *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- Mündl, Andreas, Schütz, Helmut, Stodulski, Wojciech, Sleszynski, Jerzy, und Welfens, Maria J. (1999): *Sustainable Development by Dematerialization in Production and Consumption. Strategy for the new environmental policy in Poland*. Wuppertal Institute for Climate, Energy and Environment, 4-89.
- Muukkonen, J. (2000): *TMR, DMI and material balances, Finland 1980-1997*. Luxembourg: Eurostat, Office for Official Publications of the European Communities.
- Pedersen, Ole G. (2002): *DMI and TMR for Denmark 1981, 1990, 1997. An assessment of the Material Requirements of the Danish Economy*. Statistics Denmark.
- Rapera, Cora L. (2004): *Southeast Asia in Transition. The Case of the Philippines 1981 to 2000. Part 1*. Laguna: SEARCA Publishing.
- Saudi Arabia Data Profile, Worldbank:
<http://inweb18.worldbank.org/mna/mena.nsf/a094e14c86202fac852567d60065d049/6aca7635c2b340ba852567ee0068d621?OpenDocument> (05.05.2004).
- Scasny, Milan, Kovanda, Jan, und Hak, Tomas (2003): *Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: results and recommendations for methodological improvements*. In: *Ecological Economics* 45(1), S. 41-57.
- Schandl, Heinz und Schulz, Niels B. (2000): *Using Material Flow Accounting to Operationalize the Concept of Society's Metabolism. A Preliminary MFA for the United Kingdom for the Period of 1937 - 1997*. Essex: Institute for Social & Economic Research (ISER) working paper Number 2000-3, University of Essex.
- Schandl, Heinz und Schulz, Niels B. (2002): *Changes in United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolism and land use from 1850 to the present day*. In: *Ecological Economics* 41(2), S. 203-221.
- Schandl, Heinz, Grünbühel, Clemens M., Haberl, Helmut, und Weisz, Helga (2002): *Handbook of Physical Accounting. Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities*. MFA - EFA - HANPP. Vienna: Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, 1-75.
- Schandl, Heinz, Grünbühel, Clemens M., Thongmanivong, Sithong, Pathoumthong, Bounnam, und Inthapanya, Phousy (2005): *National and Local Material Flow Analysis for Lao PDR*. Laguna: SEARCA Publishing.
- Schandl, Heinz, Weisz, Helga, und Petrovic, Brigitte (2000): *Materialflussrechnung für Österreich 1960 bis 1997*. In: *Statistische Nachrichten* 55 (NF)(2), S. 128-137.
- Schweizerische Eidgenossenschaft: Eidgenössische Zollverwaltung EZV. -
<http://www.ezv.admin.ch/index.html> (2005)

- Statistics on the United States of America: <http://www.cobras.org/usastats.htm>.
- UK Trade & Investment: Saudi Arabia. <https://www.uktradeinvest.gov.uk/> (2004)
- UN (1999a): Industrial Commodity Statistics Yearbook 1997 (Production Statistics 1988-1997). New York: United Nations.
- UN (1999b): Industrial statistics yearbook 1997. Department for Economic and Social Information and Policy Analysis, Statistical Division, New York.
- UN (2002a): Energy Statistics Yearbook 1999. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs.
- UN (2002b): Industrial Commodity Production Statistics Database 1950-1999. New York.
- UN (2002c): Industrial statistics yearbook 2002. Department for Economic and Social Information and Policy Analysis, Statistical Division, New York.
- UN (2003): Industrial statistics yearbook 2001. Department for Economic and Social Information and Policy Analysis, Statistical Division, New York.
- UN Statistics Division: National Accounts Main Aggregates Database.
<http://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp> (2004)
- United Nations Statistical Division: UN Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade).
<http://unstats.un.org/unsd/comtrade/> (2004)
- United States Department of Agriculture (1936): Agricultural Statistics. Washington, DC: US Gov. Print. Office.
- United States Department of Agriculture (2001): Agricultural Statistics. Washington, DC: US Gov. Print. Office.
- United States Geological Survey USGS: Minerals Information. <http://minerals.usgs.gov/minerals/> (2004)
- Weber, L. & G. Zsak (2002): World-mining-data. Welt-Bergbau-Daten. BMWA, Wien,
http://www.wmc.org.pl/wmd2002_3.pdf.
- Weisz, Helga, Krausmann, Fridolin, Amann, Christof, Eisenmenger, Nina, Erb, Karl-Heinz, Hubacek, Klaus, und Fischer-Kowalski, Marina (2005a): The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. In: Ecological Economics in print.
- Weisz, Helga, Krausmann, Fridolin, Eisenmenger, Nina, Amann, Christof, und Hubacek, Klaus (2005b): Development of Material Use in the European Union 1970-2001. Material composition, cross-country comparison, and material flow indicators. Luxembourg: Eurostat, Office for Official Publications of the European Communities.

Weisz, Helga, Krausmann, Fridolin, und Sangkaman, Sirichet (2005c): Resource Use in a Transition Economy. Material- and Energy-Flow Analysis for Thailand 1970/1980-2000. Laguna: SEARCA Publishing.

Wirsenius, Stefan (2000): Human Use of Land and Organic Materials. Modeling the Turnover of Biomass in the Global Food System. Göteborg, Sweden: Chalmers University (Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekniska högskola.

Xiaoqiu Chen und Lijia Qiao (2001): A Preliminary Material Input Analysis of China. In: Population and Environment 23(1), S. 117-126.

8 Anhang

Tabelle 2: MFA Daten der Schweiz, der USA und von Saudi Arabien für 1980 und 2000

	unit	Schweiz		USA		Saudi Arabia	
		1980	2000	1980	2000	1980	2000
population	no.	6.319.000	7.170.000	230.406.000	278.408.000	9.604.000	22.147.000
GDP (const. 1990 prices)	mio. USD	186.447	249.100	5.077.971	9.562.059	161.048	145.182
land area	1.000 ha	3.955	3.955	915.896	915.896	214.969	214.969
population density	no./km2	160	181	25	30	4	10
DE	1.000 t	65.682	85.895	5.492.340	7.212.940	673.257	648.595
Food	1.000 t	3.355	4.251	445.283	593.118	1.481	5.873
Feed	1.000 t	10.386	9.330	713.780	769.527	4.862	6.930
Animals	1.000 t	4	3	3.651	5.448	25	56
Wood	1.000 t	3.599	8.030	354.343	432.734	0	0
Other Biomass	1.000 t	0	0	0	0	100	920
Coal	1.000 t	0	0	752.691	975.694	0	0
Oil	1.000 t	0	0	435.055	300.398	512.052	483.108
Gas	1.000 t	0	0	547.052	587.114	1.509	56.828
Other Fossil Fuels	1.000 t	0	0	712	755	0	0
Industrial Minerals	1.000 t	381	303	115.991	100.114	0	200
Ores	1.000 t	0	0	333.281	650.459	0	6.454
Construction Min.	1.000 t	47.958	63.978	1.790.501	2.797.580	153.230	88.228
Imports	1.000 t	36.765	43.741	554.124	983.998	27.550	24.042
Food	1.000 t	2.606	2.308	16.372	34.601	5.181	8.030
Feed	1.000 t	526	746	989	2.751	114	546
Animals	1.000 t	192	266	1.930	5.101	659	859
Wood	1.000 t	2.301	3.962	25.033	69.220	820	820
Other Biomass	1.000 t	631	803	3.081	12.117	607	939
Coal	1.000 t	1.341	534	3.798	15.787	3	13
Oil	1.000 t	13.157	12.382	338.986	584.694	183	79
Gas	1.000 t	1.145	3.216	29.622	31.171	0	0
Other Fossil Fuels	1.000 t	2.041	2.487	9.922	29.713	710	1.817
Industrial Minerals	1.000 t	690	2.339	80.510	99.339	6.027	8.311
Ores	1.000 t	3.876	4.671	13.987	20.290	241	528
Construction Min.	1.000 t	8.259	10.027	29.896	79.212	13.005	2.101
Exports	1.000 t	5.135	13.528	374.734	436.096	477.340	566.920
Food	1.000 t	258	576	113.607	105.620	147	378
Feed	1.000 t	35	99	12.499	21.359	2	361
Animals	1.000 t	92	94	2.682	7.544	9	160
Wood	1.000 t	1.465	5.461	27.676	47.394	35	199
Other Biomass	1.000 t	423	524	27.348	36.146	22	241
Coal	1.000 t	0	0	82.320	47.713	0	0
Oil	1.000 t	48	660	18.134	56.016	468.809	527.438
Gas	1.000 t	0	0	4.912	2.994	7.814	20.042
Other Fossil Fuels	1.000 t	565	1.337	21.343	39.626	28	10.401
Industrial Minerals	1.000 t	289	700	23.235	25.759	192	1.282
Ores	1.000 t	1.567	3.043	26.321	25.861	234	2.417
Construction Min.	1.000 t	393	1.035	14.658	20.064	48	4.000
PTB	1.000 t	31.630	30.213	179.391	547.902	-449.790	-542.878
Food	1.000 t	2.348	1.732	-97.235	-71.019	5.034	7.651
Feed	1.000 t	491	647	-11.510	-18.608	112	185
Animals	1.000 t	99	172	-752	-2.443	650	699
Wood	1.000 t	836	-1.499	-2.643	21.826	786	621
Other Biomass	1.000 t	208	280	-24.267	-24.029	585	698
Coal	1.000 t	1.341	534	-78.522	-31.926	3	13
Oil	1.000 t	13.109	11.722	320.852	528.678	-468.627	-527.359
Gas	1.000 t	1.145	3.216	24.710	28.177	-7.813	-20.042
Other Fossil Fuels	1.000 t	1.476	1.150	-11.421	-9.912	681	-8.584
Industrial Minerals	1.000 t	401	1.639	57.274	73.580	5.835	7.029
Ores	1.000 t	2.309	1.628	-12.335	-5.571	7	-1.889
Construction Min.	1.000 t	7.866	8.992	15.238	59.148	12.956	-1.899

unit	Schweiz		USA		Saudi Arabia		
	1980	2000	1980	2000	1980	2000	
population	no.	6.319.000	7.170.000	230.406.000	278.408.000	9.604.000	22.147.000
GDP (const. 1990 prices)	mio. USD	186.447	249.100	5.077.971	9.562.059	161.048	145.182
land area	1.000 ha	3.955	3.955	915.896	915.896	214.969	214.969
population density	no./km2	160	181	25	30	4	10
DMC	1.000 t	97.312	116.108	5.671.731	7.760.842	223.467	105.717
Food	1.000 t	5.703	5.983	348.047	522.099	6.515	13.524
Feed	1.000 t	10.877	9.977	702.271	750.919	4.974	7.115
Animals	1.000 t	103	175	2.899	3.006	674	754
Wood	1.000 t	4.434	6.530	351.700	454.560	786	621
Other Biomass	1.000 t	208	280	-24.267	-24.029	685	1.617
Coal	1.000 t	1.341	534	674.169	943.768	3	13
Oil	1.000 t	13.109	11.722	755.907	829.076	43.425	-44.251
Gas	1.000 t	1.145	3.216	571.762	615.291	-6.305	36.786
Other Fossil Fuels	1.000 t	1.476	1.150	-10.709	-9.157	681	-8.584
Industrial Minerals	1.000 t	782	1.942	173.265	173.694	5.835	7.229
Ores	1.000 t	2.309	1.628	320.946	644.888	7	4.565
Construction Min.	1.000 t	55.824	72.970	1.805.740	2.856.728	166.186	86.329
DMC / cap	t / cap	15,4	16,2	24,6	27,9	23,3	4,8
Food	t / cap	0,9	0,8	1,5	1,9	0,7	0,6
Feed	t / cap	1,7	1,4	3,0	2,7	0,5	0,3
Animals	t / cap	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Wood	t / cap	0,7	0,9	1,5	1,6	0,1	0,0
Other Biomass	t / cap	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,1	0,1
Coal	t / cap	0,2	0,1	2,9	3,4	0,0	0,0
Oil	t / cap	2,1	1,6	3,3	3,0	4,5	-2,0
Gas	t / cap	0,2	0,4	2,5	2,2	-0,7	1,7
Other Fossil Fuels	t / cap	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	-0,4
Industrial Minerals	t / cap	0,1	0,3	0,8	0,6	0,6	0,3
Ores	t / cap	0,4	0,2	1,4	2,3	0,0	0,2
Construction Min.	t / cap	8,8	10,2	7,8	10,3	17,3	3,9
DMC / land area	t / 1.000 ha	24.605	29.357	6.193	8.473	1.040	492
Food	t / 1.000 ha	1.442	1.513	380	570	30	63
Feed	t / 1.000 ha	2.750	2.523	767	820	23	33
Animals	t / 1.000 ha	26	44	3	3	3	4
Wood	t / 1.000 ha	1.121	1.651	384	496	4	3
Other Biomass	t / 1.000 ha	53	71	-26	-26	3	8
Coal	t / 1.000 ha	339	135	736	1.030	0	0
Oil	t / 1.000 ha	3.315	2.964	825	905	202	-206
Gas	t / 1.000 ha	290	813	624	672	-29	171
Other Fossil Fuels	t / 1.000 ha	373	291	-12	-10	3	-40
Industrial Minerals	t / 1.000 ha	198	491	189	190	27	34
Ores	t / 1.000 ha	584	412	350	704	0	21
Construction Min.	t / 1.000 ha	14.115	18.450	1.972	3.119	773	402

Tabelle 3: verwendete Umrechnungsfaktoren

Beschreibung	Wert	Quelle	Land
Biomasse: Stroh			
Verhältnis Korn : Stroh für Westasien	0,4 : 0,6	Wirsenius (2000)	SA
Verhältnis Korn : Stroh	1 : 1	eigene Annahme	USA
Genutzer Anteil Stroh in % der gesamten Strohproduktion	50 %	Eurostat (2002)	SA USA
Verhältnis Strohverfütterung : anderer Strohnutzung (z.B. Heiz-, Baumaterial)	1 : 1	eigene Annahmen	SA
Biomasse: pflanzliche Wassergehalte			
Gras, Leguminosen – Frischgewicht	80 %	Eurostat 2002	
Gras, Leguminosen – Trockengewicht	15 %		
Biomasse: Futter			
Futtergetreidemenge insgesamt (Mittelwert der Jahre 1997-1999)	6,4 Mio. t	FAOSTAT, Food Balance Sheets	SA*
Futterbedarf Hühner	120 g TM/d und Tier	www.huehner-info.de	SA*
Futterbedarf Rinder Futterbedarf Schafe, Ziegen Futterbedarf Pferde	9 kg TM/d u. Tier 1 kg TM/d u. Tier 11 kg TM/d u. Tier	Eurostat (2002)	SA*
Futterbedarf Esel, Maultiere Futterbedarf Kamele	4 kg TM/d u. Tier 10 kg TM/d u. Tier	eigene Annahme	SA*
Futterbedarf für Rauhfuttermittelverzehrer	11,25 kg/d u. GVE	United States Department of Agriculture (2001)	USA
Futteraufnahme durch Weidehaltung insgesamt	(GVE Rauhfuttermittelverzehrer + 0,5 x GVE Rauh- & Kraffuttermittelverzehrer) x 11,25 – (Heu + 0,5 x Mais + 0,5 x Sorghum)	eigene Berechnungen	USA
Biomasse: Holz			
Nadelholz Laubholz	1 Festmeter = 0,75 t (bei 15 % Wassergehalt) 1 Festmeter = 0,75 t (bei 15 % Wassergehalt)	Eurostat 2002	
Fossile Energieträger			
Umrechnung natural gas	35,2 MJ/kg	Schandl et al. (2002, p. 43)	
Industriemineralien und Erze			
Diamanten	1 car = 200 mg		USA
Industriemineralien und Erze: Metallgehalte			
Gold Blei Quecksilber Antimon Molybdän Nickel Zinn Wolfram	0,001 % 6 % 2 % 12 % 0,8 % 6 % 0,6 % 2,5 %	Gocht (1985)**	USA
Kupfer Eisen Platin	0,7 % 63 % 0,4 %	eigene Berechnungen***	USA
Eisen	40 %	eigene Berechnungen***	SA

* Die unterstellten Futterbedarfszahlen sind Werte für europäische Tiere. Da landwirtschaftliche Nutztiere in Saudi Arabien kleiner sind und folglich weniger fressen, führen die getroffenen Annahmen möglicherweise zu einer Überschätzung des Futterbedarfs.

** Um die Bruttomengen nicht zu überschätzen, werden von den von Gocht (1985) angegebenen Bandbreiten jeweils die höchsten Werte herangezogen. Eine Ausnahme stellt Gold dar, wo die vorhandenen Daten teilweise weit unter dem niedrigsten Wert von Gocht (1985) liegen, weshalb für das fehlende Jahr 2000 eine Umrechnung mit dem niedrigsten Wert aus Gocht (1985) erfolgt.

*** Für Kupfer, Eisen und Platin können mittels ausreichend vorhandener Daten die Brutto- und Nettoabbaumengen verglichen werden. Daraus errechnet sich, über mehrere Jahre relativ konstant, ein entsprechender Metallgehalt der auf die Jahre mit Datenlücken übertragen wird.