

S O C I A L E C O L O G Y W O R K I N G P A P E R 1 1 8

Andreas Mayer

**Zurück zur Fläche?
Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie
Brasiliens zwischen 1970 und 2005**

Andreas Mayer (2010):

Zurück zur Fläche?
Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie Brasiliens
zwischen 1970 und 2005

Social Ecology Working Paper 118, Vienna

Social Ecology Working Paper 118
Vienna, December 2010

ISSN 1726-3816

Institute of Social Ecology
IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna)
Alpen-Adria Universität
Schottenfeldgasse 29
A-1070 Vienna
+43-(0)1-522 40 00-401

www.uni-klu.ac.at/socec
workingpaper@uni-klu.ac.at
© 2010 by IFF – Social Ecology

Zurück zur Fläche?
Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie
Brasiliens zwischen 1970 und 2005*

von

Andreas Mayer

** Masterarbeit verfasst am Institut für Soziale Ökologie (IFF-Wien), Studium der Sozial- und Humanökologie. Diese Arbeit wurde betreut von Univ.-Prof. Dr. Fridolin Krausmann.*

Abstract

Die folgende Arbeit untersucht basierend auf dem Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels, anhand der Methode des material and energy flow accounting (MEFA) das energetische und materielle Profil der brasilianischen Ökonomie zwischen 1970 und 2005. Während der letzten Jahrzehnte durchlief Brasilien auf polit-ökonomischer Ebene eine außergewöhnlich turbulente Entwicklung, die mit rapider Industrialisierung und hohem wirtschaftlichen Wachstum, auch Krisen einherging. Der pro Kopf Verbrauch stieg im Erhebungszeitraum bei Material um den Faktor 3,5 auf 13,4 t, bei Energie um den Faktor 2,8 auf 125 GJ. Das metabolische Profil der Ökonomie Brasiliens ist durch einen hohen Anteil an Biomasse (80% bis 60% des DMC) und einen äußerst geringen Anteil fossiler Energieträger (4% bis 6% des DMC) gekennzeichnet. Der Futterbedarf von Weidetieren, Holzkohle zur Eisenverarbeitung, Soja und Zuckerrohr stellen den Großteil der genutzten Biomasse dar. Die sozialen und ökologischen Kosten für diese biomassebasierte Entwicklung sind eine im internationalen Vergleich sehr ungleiche Macht- und Landverteilung, Entwaldung und andere landnutzungsbedingte Umweltschäden.

Based on the concept of social metabolism, this thesis aims to explore the energetic and material profile of the Brazilian economy between 1970 and 2005. During this period, Brazil experienced both political and economic turbulence which was accompanied by rapid industrialization and high rates of economic growth as well as intermittent phases of crisis. Over the course of 35 years, per capita consumption of material rose by a factor of 3,5 to 13,4 t, energy consumption nearly tripled to 125 TJ by 2005. The metabolic profile of the Brazilian economy shows a high share of biomass (80% declining to 60% of DMC) and a remarkably low share of fossil energy carriers (4% rising to 6% of DMC). The feed demand of grazing animals, charcoal used for the production of pig iron, soy and sugar cane are the major fraction of consumed biomass. This biomass-based development comes at a social and ecological cost. Compared to other countries, the distribution of land and economic / political power in Brazil is highly unequal. Land use change leads to deforestation and other forms of damage to the environment.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Inhaltsverzeichnis | 2 |
| Abbildungsverzeichnis | 3 |
| Tabellenverzeichnis | 4 |
| Formelverzeichnis | 4 |
| 1. Einleitung | 7 |
| 1.2. <i>Historische Entwicklung und aktuelle Lage</i> | 9 |
| 2. Material und Energieflussanalyse - Konzeptueller Hintergrund | 13 |
| 2.1. <i>Systemgrenzen</i> | 16 |
| 2.2. <i>MFA</i> | 18 |
| 2.2.1. <i>Datenqualität</i> | 21 |
| 2.2.2. <i>Inländische Entnahme (DE) von Biomasse</i> | 23 |
| 2.2.3. <i>Inländische Entnahme (DE) von Metallischen Erzen</i> | 26 |
| 2.2.4. <i>Inländische Entnahme (DE) von nicht-metallischen Mineralien</i> | 29 |
| 2.2.5. <i>Inländische Entnahme (DE) von fossilen Energieträgern</i> | 33 |
| 2.2.6. <i>Außenhandel</i> | 35 |
| 2.3. <i>EFA</i> | 35 |
| 2.3.1. <i>HRE und Nuklearenergie</i> | 37 |
| 2.3.2. <i>Biomasse</i> | 38 |
| 2.3.3. <i>Energieflussrechnung und konventionelle Energiestatistik am Beispiel Biomasse</i> | 38 |
| 2.3.4. <i>Fossile Energieträger</i> | 40 |
| 2.3.5. <i>Außenhandel</i> | 40 |
| 3. Ergebnisse | 40 |
| 3.1. <i>Materialflussanalyse - MFA</i> | 41 |
| 3.1.1. <i>Inländische Entnahme von Materialien</i> | 41 |
| 3.1.2. <i>Der physische Außenhandel Brasiliens</i> | 44 |
| 3.1.3. <i>Importe</i> | 45 |
| 3.1.4. <i>Exporte</i> | 48 |
| 3.1.5. <i>Inländischer Materialinput und Materialverbrauch (DMI und DMC)</i> | 50 |
| 3.2. <i>Energieflussanalyse -EFA</i> | 52 |
| 3.2.1. <i>Inländischer Energieverbrauch - DEC</i> | 53 |
| 3.2.2. <i>Der energetische Außenhandel</i> | 56 |
| 4. Diskussion | 58 |
| 4.1. <i>Material- und Energieintensität</i> | 60 |
| 4.2. <i>Nationale Entwicklungspfade – Import- und Exportpolitik</i> | 64 |
| 4.3. <i>Die zentrale Bedeutung von Biomasse im Stoffwechsel der Ökonomie Brasiliens</i> | 67 |
| 4.4. <i>Gewinnung und Verarbeitung von Eisen</i> | 69 |
| 4.5. <i>Viehwirtschaft und tierische Produkte</i> | 71 |
| 4.6. <i>Cash Crops - Soja</i> | 72 |
| 4.7. <i>Zuckerrohr für Ethanol und PROALCOOL</i> | 74 |
| 4.7.1. <i>PROALCOOL</i> | 76 |
| 4.7.2. <i>Energetische Output / Input Raten in der Ethanolproduktion</i> | 79 |
| 4.7.3. <i>Ökologische und soziale und Kosten der Zuckerrohrproduktion</i> | 82 |
| 4.7.4. <i>Ausweitung von Anbauflächen</i> | 86 |
| 5. Schluss | 94 |
| Annex 1 – <i>Brasilien von 1970 bis 2005</i> | 97 |
| Annex 2: <i>Regionale Verteilung des Ressourcenverbrauchs</i> | 99 |
| 6. Literatur | 100 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Material und Energiestoffwechsel einer nationalen Ökonomie | 16 |
| Abbildung 2: Vergleich der Produktion von Feuerholz zwischen BEN und FAO | 21 |
| Abbildung 3: Extraktion von Eisenerz..... | 22 |
| Abbildung 4: Erhebungsmethode für Sand und Schotter des DNPM | 31 |
| Abbildung 5: Sand- und Schotterverbrauch - unterschiedliche Datenquellen und Berechnungsmethoden..... | 32 |
| Abbildung 6: Vergleich DEI Biomasse zwischen konventioneller Energieflussrechnung und EFA von 1970 – 2005..... | 39 |
| Abbildung 7: Inländische Entnahme (DE) von 1970 – 2005 | 42 |
| Abbildung 8: Physische Importe und Exporte von 1970 – 2005 | 45 |
| Abbildung 9: Zusammensetzung der (a) physischen und (b) monetären Importe Brasiliens | 46 |
| Abbildung 10: Zusammensetzung der (a) physischen und (b) monetären Exporte Brasiliens | 48 |
| Abbildung 11: Direkter Materialinput von 1970 – 2005 | 51 |
| Abbildung 12: DMC von 1970 – 2005 | 52 |
| Abbildung 13: DMC pro Kopf von 1970 – 2005..... | 52 |
| Abbildung 14: Inländischer Energieverbrauch (DEC) von 1970 – 2005 | 53 |
| Abbildung 15 und 16: Materialzusammensetzung des Außenhandels | 56 |
| Abbildung 17: Energetische Außenhandelsbilanz..... | 57 |
| Abbildung 18 und 19 :Entwicklung zentraler Indikatoren der Ökonomie Brasiliens..... | 58 |
| Abbildung 20 und 21: Material und Energieintensität von 1970 - 2005 | 61 |
| Abbildungen 22: (a) PTB (Material) in Mio t, (b) PTB (Energie) in PJ und (c) MTB (monetäre Handelsbilanz) in Mio US \$ (FOB) | 65 |
| Abbildung 23: (a) Netto Energieimporte 1970 und (b) Anteil von Ölimporten vs. nationaler Ölförderung vs. Ethanol | 67 |
| Abbildung 24: (a)Landwirtschaftlich genutzte Flächen und (b) Anteil an gesamter Landesfläche | 68 |
| Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Roheisenproduktion und Holzkohleverbrauch | 70 |
| Abbildung 26: (a) Bestand an Rindern und Weideflächen, (b) Anteil von Weidebiomasse an der gesamten DE. | 71 |
| Abbildung 27: (a) Indexierte Entwicklung von Anbaufläche, Ernte und Hektarerträgen für Brasilien und (b) Anbauflächen, Ernte und Hektarerträge für Brasilien, den mittleren Westen und Süd- bzw. Südosten..... | 73 |
| Abbildung 28: Zucker vs. Ethanol in Brasilien..... | 75 |
| Abbildung 29: Die verschiedenen Phasen von PROALCOOL seit 1970 | 78 |
| Abbildung 30: Netto-Energiebilanzen verschiedener Agrartreibstoffe | 79 |
| Abbildung 31: Produktionsprozess von Zucker und Alkohol..... | 80 |
| Abbildung 32: (a) Regionale Verteilung und (b) Potentiale für weitere Anbauflächen von Zuckerrohr (2006)..... | 87 |
| Abbildung 33:Regionale Verteilung von Zuckerrohr (Reihe 1),Soja (Reihe 2) und Weidewirtschaft (Reihe 3) von 1990, 2000 und 2007 | 92 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Akkumulationsregimes in Brasilien zwischen 1500 - 1990 | 10 |
| Tabelle 2: Sozioökonomische Kerngrößen zu Brasilien und Vergleich im globalen Maßstab | 12 |
| Tabelle 3: Materialkategorien und Datenquellen | 19 |
| Tabelle 4: Harvest factors und Recovery rate für die Berechnung der Erntenebenprodukte | 24 |
| Tabelle 5: Futterbedarf von Rauhfutterverzehrern | 25 |
| Tabelle 6: Faktoren für die Umrechnung von Holzbrennstoffen in 1000t | 26 |
| Tabelle 7: Spezifische Metallgehalte und Berechnungsmethoden | 28 |
| Tabelle 8: Zusammensetzung von Beton | 33 |
| Tabelle 9: Umrechnungsfaktoren in metrische Tonnen | 34 |
| Tabelle 10: Umrechnungsfaktoren von NCV in GCV | 34 |
| Tabelle 11: Datenkategorien und Quellen für die EFA | 37 |
| Tabelle 12: Veränderung in der Zusammensetzung der inländischen Materialentnahme (DE) | 43 |
| Tabelle 13: Veränderung in der Zusammensetzung der physischen Importe | 46 |
| Tabelle 14: Veränderung in der Zusammensetzung der physischen Exporte | 48 |
| Tabelle 15: Zusammensetzung des DEC nach Materialgruppen | 54 |
| Tabelle 16: Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von BIP, sektoraler Inlandsproduktion (value added - VA), DMC, DEC, Material- und Energieeffizienz in Brasilien (10-Jahresdurchschnitt) ... | 62 |
| Tabelle 17: Energetische Vorleistungen für die Produktion von Ethanol aus Zuckerrohr und Mais | 81 |
| Tabelle 18: Veränderungsdaten in Ernte und Anbauflächen von Zuckerrohr nach einzelnen Bundesstaaten | 87 |
| Tabelle 19: Veränderungsdaten in der Produktion ausgewählter Nahrungsmittel | 89 |
| Tabelle 20: Zuckerrohr vs. Viehbestand – in Gemeinden mit einer Anbaufläche von über 10000 ha Zuckerrohr | 91 |

Formelverzeichnis

| | |
|--|----|
| Formel 1: Berechnung von Holzbrennstoffen in 1000t | 26 |
| Formel 2: Berechnung von Sand, Schotter und Mineralien | 33 |
| Formel 3: Konversion von Megatonnen (1000t) in Terrajoule (TJ) | 38 |

Abkürzungen von Organisationen und verwendeten Einheiten

| | |
|----------|---|
| 1000t | Eintausend metrische Tonnen |
| ABAL | Associação Brasileira do Alumínio |
| AEB | Anuário Estatístico do Brasil |
| AMB | Anuário Mineral Brasileiro |
| ANEPAC | Associação Nacional de Entidades de Produtores de Produtores de Agregados Pará Construção Civil |
| BEN | Balanco Energético Nacional |
| BIP | Bruttoinlandsprodukt |
| BRIC | Brasilien, Russland, Indien, China |
| BTU | British Thermal Units |
| CEPAL | Comisión Económica para América Latina |
| CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| CTC | Centro de Tecnologia Canaveira |
| CVRD | Companhia de Vale Rio Doce |
| DE | Domestic extraction |
| DEC | Domestic Energy Consumption |
| DEI | Domestic Energy Input |
| DM | Dry Matter |
| DMC | Domestic Material Consumption |
| DMI | Domestic Material Input |
| DNPM | Departamento Nacional de Produção Mineral |
| DPO | Domestically processed out |
| EFA | Energy flow accounting |
| EJ | Exajoule |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| EUROSTAT | Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| FAOSTAT | FAO Statistical Database |
| FBDS | Fundação Brasileira Pará o Desenvolvimento Sustentável |
| GCV | Gross Calorific Value |
| Gha | Globale Hektar |
| GMO | Genetically Modified Organism |
| Ha | Hektar |
| HANPP | Human Appropriation of Net Primary Production |
| HRE | Hydro, Renewable and Electricity |
| HS | |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IBS | Instituto Brasileiro de Siderurgia |
| IEA | International Energy Agency |
| Imazon | Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia |
| INCRA | Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária |
| INPA | Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia |
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IPEA | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada |
| ISPN | Instituto Sociedade, População e Natureza |
| ISIC | International Standard Industrial Classification |
| Kg | Kilogramm |

| | |
|-----------------|---|
| Km ² | Quadratkilometer |
| LCA | Life Cycle Assessment |
| LM | Lençóis Maranhenses |
| LRAN | Land Research Action Network |
| M ³ | Kubikmeter |
| MFA | Material Flows Accounting |
| Mg | Megagramm |
| NCV | Net calorific value |
| NIPE | Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético Universidade Campinas |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| ÖNB | Österreichische Nationalbank |
| Pagrisa | Pará Pastoril e Agrícola S.A. |
| PETROBRAS | Petróleo Brasileiro S.A. |
| PROÁLCOOL | Programa Nacional do Álcool |
| PRONAF | Programa Nacional do de Fortalecimento da Agricultura Familiar |
| PTB | Physical Trade Balance |
| R\$ | Brasilianischer Real |
| RME | Raw Material Equivalents |
| ROM | Run off mine |
| SITC | The Standard International Trade Classification |
| SNIC | Sindicato Nacional da Indústria de Cimento |
| t | Metrische Tonne |
| TJ | Terrajoule |
| TRANSPETRO | Petrobras Transporte S.A. |
| TOE | Tons of oil equivalent |
| UN Comtrade | United Nations Commodity Trade Statistics Database |
| UNDP | United Nations Developmet Programme |
| UNEP | United Nations Environmental Programme |
| UNICA | União da Indústria de Cana-de-açúcar |
| UNICYS | United Nations Industrial Commodities Statistics |
| USGS | United States Geological Survey |
| VA | Value Added |
| WB | The World Bank Group |
| µg | Mikrogramm |

1. Einleitung

BRIC – ein Akronym welches seit den 1990er Jahren zunehmend auf der politischen Agenda aufscheint und sehr umfangreich sowie durchaus kontrovers diskutiert wird. BRIC steht für Brasilien, Russland, Indien und China und ist Abkürzung für die vier derzeit größten Schwellenländer, deren zukünftige Entwicklung signifikanten Einfluss auf die globale Wirtschaft und damit auch auf globale Nachhaltigkeitsstrategien haben wird. In diesem Zusammenhang sind die wichtigsten Themen Wirtschaftswachstum, Ressourcenverbrauch, Bevölkerung und Umweltverschmutzung, letztere wird häufig anhand der rasant steigenden CO₂ Emissionen und der daraus resultierenden Belastung für die Klimastabilität diskutiert. Die Aufnahmekapazität der Atmosphäre für Emissionen aus ökonomischen Tätigkeiten ist ebenso begrenzt wie die natürlichen Ressourcen, auf denen der materielle Wohlstand einer Gesellschaft beruht.

Mit dem Ziel der Erarbeitung einer globalen Nachhaltigkeitsstrategie gründete im November 2007 das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) ein wissenschaftliches Panel zu nachhaltigem Ressourcenmanagement (UNEP 2008). Dieses soll untersuchen, wie sich die Form der jeweiligen gesellschaftlichen Aneignung und Verwendung von natürlichen Ressourcen auf die natürliche Umwelt auswirkt. Material- und Energieflussanalysen, wie sie bereits in der Europäischen Union und Japan in deren jährliche Umweltberichterstattung aufgenommen wurden, sind ein geeignetes methodisches Werkzeug um eben diese Verbindungen zwischen natürlicher Umwelt, welche die biophysischen Ressourcen zur Verfügung stellt, und Gesellschaft zu verstehen. Sie legen langfristige Entwicklungsmuster der Ressourcennutzung auf globaler oder der Ebene von einzelnen Nationen offen, und ermöglichen so eine Analyse der Zusammenhänge zwischen ökonomischer Entwicklung und der Einwirkung auf natürliche Ressourcen und Umweltbelastungen, wie sie mit einer Fokussierung lediglich auf ökonomische und technische Prozesse nicht möglich wäre.

Energiestatistiken wie sie in der Regel von allen Ländern erhoben werden, sind seit den 1960er Jahren ein etabliertes Instrument der gesellschaftlichen Selbstbeobachtung, wenngleich hier nur ein bestimmter Ausschnitt der gesamten energetischen Transformationsprozesse von Gesellschaften betrachtet wird. Energieflussanalysen hingegen beziehen – analog zu Materialflussanalysen – alle relevanten biophysischen Flüsse mit ein, woraus sich einerseits die Vergleichbarkeit untereinander erhöht, sowie die Anschlussfähigkeit an die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung verbessert wird (Fischer-Kowalski und Haberl 2007).

Im Rahmen der hier vorliegenden Arbeit wird der soziale Metabolismus von Brasilien, einem der vier BRIC Länder, anhand der Anwendung von Material- und Energieflussanalyse (MEFA) für den Zeitraum von 1970 bis 2005, untersucht. Brasilien wird in der wissenschaftlichen Gemeinschaft sehr hohes Interesse beigemessen, es finden sich zahllose Publikationen zu vielen Themen im weiteren Kontext von Umweltforschung und Nachhaltiger Entwicklung. Im Rahmen einer Forschungsarbeit die sich der historischen Darstellung sämtlicher gesellschaftlich induzierter Flüsse von Materie und Energie widmet, und somit sehr unterschiedliche Aspekte gesellschaftlicher Ressourcennutzung thematisiert, liegt die

Herausforderung darin, die relevanten Quellen zu identifizieren und Argumente mit empirischen Ergebnissen zu überprüfen. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt somit erstens auf der inhaltlichen Beschreibung des sozialen Metabolismus und der Analyse spezifischer Muster in der Ressourcennutzung. Brasilien setzt heute wieder zunehmend auf Biomasse in der Energieversorgung, und organische Ressourcen waren und sind für die Ökonomie von strategisch wichtiger Bedeutung. Dieser Rückgriff auf organische Inputs kann aus der Sicht des Historikers Edward Anthony Wrigley als ein Gesellschaftsmodell beschrieben werden, welches auf organischen (für Agrargesellschaften kennzeichnend) statt mineralischen (für Industriegesellschaften typisch) basiert. Wrigley spricht in diesem Zusammenhang von *organic* versus *mineral economies* (Wrigley 1988; 1962). Wenngleich er diese Theorie für das industrialisierende England im 18. Jahrhundert entwickelte, so bietet sie für die Abschätzung einer Nachhaltigkeitsstrategie wie sie Brasilien unternimmt, interessante Anknüpfungspunkte. Anhand der Kombination von MEFA Kennzahlen mit Indikatoren zur Entwicklung der monetären Ökonomie und Bevölkerung wird also versucht, Antworten auf folgende Fragen zu erlangen:

- Welche einzelnen Materialgruppierungen sind besonders bedeutsam, bzw. welche spezifischen Muster der Ressourcennutzung zeigen sich in Brasilien?
- Ist ökonomische Entwicklung durch Verbesserungen in Material- und Energieeffizienz begleitet, oder ist sie vielmehr in einer zunehmenden Inwertsetzung von natürlichen Ressourcen begründet?
- Worin liegen die spezifischen Muster in der Nutzung von Biomasse und welche ökologischen, sozialen und ökonomischen Folgen sind damit gekoppelt?

Auf der methodischen Ebene liegt der Fokus in einer kritischen Betrachtung von Material- und Energieflussanalysen nach Weisz et. al. (2007) und Haberl (2001a, 2001b, 2002 und Haberl et. al 2006) für die Darstellung des stofflichen Profils eines Schwellenlandes. Diese Methode ist abgestimmt auf die stofflichen Profile von industrialisierten Ökonomien, wodurch die Anwendung auf ein Land wie Brasilien an manchen Stellen methodischer Adaptionen bedarf. Dies betrifft im Wesentlichen die Qualität statistischer Quellen, sowie Schätzmethode zu fehlenden oder unplausiblen Daten.

Im ersten Kapitel der Arbeit folgt ein Abriss über die historische Entwicklung Brasiliens anhand einer Klassifizierung von drei unterschiedlichen politischen und ökonomischen Entwicklungsperioden (Schmalz 2008). Dies ist vor allem hinsichtlich der Verortung der biophysischen Indikatoren wichtig und bietet eine historische Basis für das Verständnis derselben. In Kapitel zwei werden theoretischer Hintergrund sowie Methode von Material- und Energieflussanalysen beschrieben und notwendige Anpassungen von Methode und Datenquellen beleuchtet. Dies ist nach den standardisierten Materialgruppen der Materialflussanalyse nach Weisz et. al (2007), sowie nach Material und Energie gegliedert. Weiters wird noch einmal gesondert auf den Unterschied zwischen konventioneller Energiestatistik und der in dieser Arbeit verwendeten Methode eingegangen. Die Ergebnisse der Material- und Energieflussrechnung werden in Kapitel drei anhand von Standardindikatoren für die MFA und die EFA dargestellt.

Die Diskussion in Kapitel vier widmet sich zunächst einer integrierten Analyse maßgeblicher Entwicklungen zwischen 1970 und 2005. Hierbei wird genauer untersucht, ob die voranschreitende Industrialisierung durch technologische Innovationen in Richtung einer Verringerung von Material- und Energieintensität getrieben wurde. Anschließend wird die hohe Bedeutung von Biomasse im stofflichen Profil Brasiliens anhand der vier Bereiche Eisenverarbeitung und Holzkohle, Viehwirtschaft, Sojakomplex und Zuckerindustrie näher beschrieben. Für die Verbindung von Biomasse und Energiebereitstellung für technische Zwecke wird das PROÁLCOOL Programm Brasiliens aufgegriffen, welches 1975 aus Bestrebungen zu größerer Unabhängigkeit von fossilen Energieimporten initiiert wurde und den Ausbau der Produktion von Ethanol aus Zuckerrohr als Benzinersatz fördern sollte. Dieses Programm hat nun, nach einer zwei Jahrzehnte dauernden Stagnationsphase in welcher vor allem die nationale Erdölförderung erhöht wurde, seit Beginn des 21. Jahrhunderts wieder Auftrieb bekommen. Der Fokus wird dabei auf einer kritischen Evaluation des Potentials von Nachhaltigkeitsstrategien liegen, die fossile Energieträger durch Biomasse zu ersetzen versuchen, und so Landfläche als wesentlichen Input für ökonomische Wertschöpfung verwenden. Nach der Diskussion unterschiedlicher Inputs in den stofflichen Metabolismus der Ökonomie Brasiliens werden abschließend die sozialen und ökologischen Kosten dieser Entwicklungen thematisiert.

1.2. Historische Entwicklung und aktuelle Lage

Brasilien war seit der Kolonialisierung durch den portugiesischen Seefahrer Pedro Álvares Cabral im Jahr 1500 ein Land, welches als Lieferant von bedeutenden Rohstoffen in die Weltwirtschaft integriert wurde¹. In der Literatur werden drei aufeinander folgende Entwicklungsperioden (Tab. 1) unterschieden (Schmalz 2008, Novy 2001). Diese Entwicklungsperioden sind im Wesentlichen um wenige spezifische Rohstoffe bzw. Industriezweige zentriert und zeigen anhand der Verbindung von politischen (als Regulationsweisen bezeichnet) und ökonomischen (in der Folge Akkumulationsregimes) Faktoren die wechselseitigen Interaktionen unterschiedlicher gesellschaftlichen Teilbereiche.

¹ Detaillierte Überblicksdarstellungen zur Geschichte Brasiliens finden sich unter anderem bei Prutsch (2003), Levine (1999) oder Bethell (1984 – 1986).

Tabelle 1: Akkumulationsregimes in Brasilien zwischen 1500 - 1990

| Brasilien | Akkumulationsregime | Regulationsweise |
|---|--|---|
| 1500 – 1822 Koloniale Entwicklungsweise unter europäischer Vorherrschaft | <i>Sklavereibasierte Akkumulation</i> (Zuckergut, Viehwirtschaft, Bergbau) | <i>Koloniale Regulation</i> Portugiesische Kolonie: Tausch- und Goldökonomie, Sklaverei, Enklavenökonomie |
| 1822 – 1929 Außenorientierte Entwicklungsweise | <i>Extensive Akkumulation</i> Kaffee, lokale Industrialisierung, Einschränkung der Subsistenzproduktion, verstärkte Nachfrage städtischer Mittelschichten | <i>Nationale außenorientierte Regulation</i> Föderative Politik, Übergang zu Lohnarbeit, Enklavenökonomie |
| 1929 – 1989 Nationalstaatszentrierte Entwicklungsweise unter US Vorherrschaft („peripherer Fordismus“) | <i>Intensive nationalstaatszentrierte Akkumulation</i> Industrieunternehmen, ungerechte Einkommensverteilung, Urbanisierung und Ausbau von Produktionsstruktur, Landkonzentration sichert Reservearmee, Krise ab 1982 | <i>Nationale entwicklungsstaatsorientierte Regulation</i> Nationaler Entwicklungsstaat, Autonome nationale Geld- und Währungspolitik, Korporatismus, Konkurrenz auf dem Binnenmarkt |

Quelle: Schmalz (2008, S. 37), Novy (2001)

Bis zur Unabhängigkeit 1822 war Brasilien eine auf Sklaven basierende Ökonomie, die Wertschöpfung aus Zuckerproduktion, Bergbau (Edelmetalle und Edelsteine) und Viehwirtschaft floss in die Hände Portugals. In der nächsten Phase begann sich neben der ökonomischen auch die politische Sphäre über weite Strecken Brasiliens zu spannen und der im Land verbleibende Reichtum wurde langsam für den Aufbau der großen Handelszentren an der Küste und im Amazonasgebiet verwendet. Kaffee und Kautschuk waren zentrale Handelsgüter dieser Periode, die Folgen davon zeigten sich in der drastischen Entwaldung der *Mata Atlântica* Gebiete, wo vorwiegend Kaffee gepflanzt wurde. Dieses extensive Akkumulationsregime war weniger von einer Verbesserung von Technologie in der Bearbeitung natürlicher Ressourcen begleitet, sondern zeigte sich in einer voranschreitenden Inwertsetzung von vormals nicht ökonomisch genutzten natürlichen Ressourcen. Die dritte Entwicklungsphase ist vor allem davon geprägt, dass sich ein eigenständiger Nationalstaat herausbildet. Der Aufbau einer nationalen Industrie und die Intensivierung der räumlichen Beziehungen prägten dieses Akkumulationsregime (Novy 2001 zit. nach Schmalz 2008, S. 35). Am Beginn der Ära von Präsident Getúlio Vargas ermöglichte die Weltwirtschaftskrise, die sich auf Brasilien positiv auswirkte, eine Verringerung der Importabhängigkeit der nationalen Wirtschaft und förderte eine nationalstaatlich zentrierte Entwicklung. Jedoch waren kapitalintensive Bereiche nach wie vor von Importen und ausländischen Geldgebern abhängig und wurden außenzentriert entwickelt (Novy 2001). Gleichzeitig waren alle inländischen

Gebiete in die nationale Administration eingebunden, wenngleich Form und Grad dieser Einbindung höchst unterschiedlich waren und noch immer sind. Die Versuche ab Mitte der 1950er Jahre, sich von der engen Umklammerung der USA zu lösen, zeigten keinen Erfolg und waren letztlich ein Mitgrund für den Militärputsch 1964 und die darauf folgenden 21 Jahre Diktatur. Der in dieser Phase forcierte Ausbau von Industriezentren basierte auf einer Überausbeutung von menschlicher Arbeitskraft und zeitigte enorme ökologische Schäden. Das wohl berühmteste Beispiel für dieses intensive Akkumulationsregime ist die Stadt Cubatão, zwischen São Paulo und der Küste gelegen. Ab 1920 wurde zuerst Wasser für die Erzeugung von Elektrizität genutzt, die Verfügbarkeit von Energie zog Petrochemie und Stahlindustrie an. Die Tatsache, dass die BIP Raten pro Kopf zeitweise die höchsten in ganz Brasilien waren, basierte allerdings nicht auf einer allgemeinen Hebung des Lebensstandards. 1980 lebte rund ein Drittel der Bevölkerung in *Favelas*, enorm hohe Kindersterblichkeit, überdurchschnittlich hohe Krebsraten und andere Krankheiten brachten dieser Gegend den Namen „Valley of Death“ und den zweifelhaften Ruhm einer der am stärksten verschmutzten Städte weltweit (Hochstetler und Keck 2007).

Aktuelle Lage

Die Versuche einer Re-Demokratisierung nach 1985 wurden immer wieder durch ökonomische Turbulenzen und außerordentlich hohe Inflation zunichte gemacht. Ab Mitte der 1990er zeigten sich erste Erfolge im Abbau der hohen Auslandsschulden und diese Verringerung wurde unter Staatspräsident Luiz Inácio Lula da Silva erfolgreich weitergeführt. Dies sollte vor allem mit dem Ausbau des Agrarsektors als wichtigem Devisenbringer gelingen. Das interessante Fakt ist hier, wirft man den Blick auf Tabelle 1, dass auch vor 500 Jahren Zucker, Viehwirtschaft und Bergbau wichtige Rohstoffe waren. Wenngleich am Beginn des 21. Jahrhunderts deren ökonomische Bedeutung hinter andere Bereiche gerückt ist, so sind sie, wie in der Folge noch gezeigt wird, strategisch enorm wichtige Handelsgüter.

Nach der endgültigen Ziehung aller Grenzen weist Brasilien heute eine Landfläche von 8,5 Millionen km² und 186 Millionen Einwohnern auf, was jeweils rund Vierzig Prozent Lateinamerikas bedeuten. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht zu sozioökonomischen Kerngrößen und bietet einen Vergleich mit globalen Durchschnittswerten, sowie den entsprechenden Werten für andere Entwicklungs- und Industrieländer.

Tabelle 2: Sozioökonomische Kerngrößen zu Brasilien und Vergleich im globalen Maßstab

| Indikator | | Brasilien | Global | OECD | Developing ⁰ |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------------------|
| HDI | 0 - 1 | 0,800 | 0,743 | 0,916 | 0,691 |
| GINI ² | 0 – 100 | 57,00 | 8 ³ | no data | no data |
| Bevölkerung | 10 ³ cap | 186.800 | 6.514.800 | 1.172.600 | 5.215.000 |
| Bev.dichte ⁵ | Pro km ² | 22 | 48 | 23 | 64 |
| Rurale Bevölkerung | % der Gesamtbevölkerung | 15,8 | 51,4 | 24,4 | 57,3 |
| BIP / cap | (PPP US\$) | 8.402 | 9.543 | 29.197 | 5.282 |
| CO ² Emissionen | (t /cap/yr) | 1,76 ¹ | 4,28 | 10,93 | 2,64 |
| Kalorieneinnahme ⁶ | (kcal / cap / yr) | 3.090 | 2.728 | 3.388 | 2.593 |
| Fleischkonsum ⁶ | (kg / cap / yr) | 81 | 39 | 80 | 28 |
| Viehbestand | (1000 cap) | 207.157 | 1.372.509 | no data | no data |
| Motorisierungsgrad | KFZ / 1000 EW | 136 | 118 | 455 ⁷ | 41 ⁸ |

Legende:

⁰ Definition nach UNDP 2007

¹ CO₂ Emissions from fuel combustion only

² survey year: 2004

³ weltweit achthöchste Ungleichverteilung an Einkommen (0 = niedrigste, 100 = höchste). Daten von 1989 - 2005

⁴ % der Gesamtbevölkerung; eigene Berechnung

⁵ pro km²

⁶ Developing / developed countries (Definition nach IEA 2007)

⁷ high income countries (Definition nach FAO 2007)

⁸ middle income countries (Definition nach FAO 2007)

Quellen: UNDP (2007), FAO (2007), United Nations Population Division (2009), IEA (2007), The World Bank Group (2009)

Unterschiedliche makroökonomische und soziale Indikatoren verweisen aktuell auf eine rasch wachsende und moderne Ökonomie. Fleischkonsum und Kalorieneinnahme pro Kopf weisen Werte auf, die im Bereich der Durchschnittswerte für OECD Länder liegen. Die Urbanisierung liegt mit 84,2% der gesamten Bevölkerung über dem OECD Durchschnitt und kann als weitestgehend abgeschlossen betrachtet werden (United Nations Population Division 2009, Schmalz 2008). Der *Human Development Report* der Vereinten Nationen (UNDP 2007) weist Brasilien mit einem Human Development Index von 0,8 auf Rang 70 unter 177 Ländern und somit noch in die Liste der entwickelten Länder zugehörig, auf.

Ein anderes Bild zeigen die pro Kopf Einkommen, diese liegen mit 8.402 (PPP US \$, 2005) ähnlich hoch wie jene in Kolumbien, sind aber rund um die Hälfte niedriger als in Argentinien oder Chile und liegen unter dem globalen Durchschnitt von 9.543 US \$ (UNDP 2007). Der Ressourcenverbrauch bewegt sich mit 2,1 globalen Hektar pro

Person knapp unter dem globalen Durchschnitt von 2,2 gha pro Person (Hails et al. 2006) und die CO₂ Emissionen liegen mit 1,76 t/cap/yr sogar unter dem durchschnittlichen Verbrauch der als Entwicklungsländer klassifizierten Ökonomien² (IEA 2007). Der niedrige Ressourcenverbrauch hängt einerseits mit dem geringen Motorisierungsgrad zusammen, der durchschnittliche Bestand an Personen-KFZ. liegt mit 136 KFZ / 1000 EW zwar höher als der globale Durchschnitt, allerdings rund 70% niedriger als in den OECD Ländern. Andererseits hängt der niedrige Ressourcenverbrauch damit zusammen, dass sich die Lebensbedingungen von weiten Teilen der Bevölkerung nicht im gleichen Maß verbessert haben wie die Wirtschaftsleistung erhöht wurde. Die Land- Einkommens- und Vermögensverteilung ist noch immer eine der ungleichsten weltweit. Sowohl in den großen Städten des Südostens und Südens, wo eine Mauer zwischen Arm und Reich unterscheidet, als auch in den peripheren Gebieten im Inneren des Landes sind die Lebenschancen sehr ungleich verteilt. So befinden sich rund 80 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in den Händen von nur 10 % der landwirtschaftlichen Betriebe (INCRA 2009). Dies zeigt sich auch im Gini-Index, welcher ein Maß für unterschiedliche Einkommens- und Vermögensverteilung ist. Brasilien rangiert unter den Ländern mit den ungleichsten Verteilungen und belegte im Jahr 2004 den achtletzten Rang unter 177 Ländern (UNDP 2007).

2. Material und Energieflussanalyse - Konzeptueller Hintergrund

Jegliche menschliche Tätigkeit bedarf des Inputs von Materie und/oder Energie. Diese können so unterschiedlich sein wie der Bau einer Ölplattform oder der über ganz Brasilien verbreitete Konsum von *Cachaça*, welcher sich bei dem (sozialen) Unternehmen die Nächte zu verlängern als durchwegs hilfreich erweist. Zuckerrohranbau und Extraktion von Eisenerz sind wesentliche Elemente des industriellen Stoffwechsels der brasilianischen Ökonomie und gesellschaftliche Verrichtungen, die Auswirkungen auf die natürliche Umwelt haben und diese verändern. So zeigen beispielsweise Stephen Bunker und Paul Ciccantell (Bunker und Ciccantell 2005) diese Dynamik eindrucksvoll am Beispiel der größten Eisenerzmine der Welt in Carajás (Bundesstaat Pará). Diese Veränderungen von natürlichen Gegebenheiten wirken im Sinne einer wechselseitigen Kopplung von sozialen und natürlichen Systemen wiederum auf Gesellschaft zurück. Die daraus resultierenden stofflichen Profile sind stabile und langfristige Muster der Interaktion von Gesellschaften mit ihrer natürlicher Umgebung (Sieferle 1997, Fischer-Kowalski und Haberl 2007). Dennoch sind Gesellschaften nie völlig statisch, sondern unterliegen evolutionären Mechanismen welche die biophysischen und sozialen Strukturen grundlegend verändern können. In der Literatur werden drei unterschiedliche sozialökologische Regimes unterschieden, namentlich Jäger- und Sammler, Agrar- sowie Industriegesellschaften (Sieferle 1997). Besonders dem Übergang von Agrar- zu Industriegesellschaft werden zahlreiche wissenschaftliche Studien gewidmet, ein Thema das auch in dieser Arbeit besprochen wird.

Das Konzept des *sozialen oder industriellen Metabolismus* (Fischer-Kowalski und Hüttler 1998; Fischer-Kowalski 1998a; Ayres 1994) beschreibt die jeweilige Form,

² CO₂ Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger, Klassifizierung der Entwicklungsländer aus IEA (2007).

wie Gesellschaften den Stoffwechsel zwischen sich und ihrer physischen Umwelt (in diesem Kontext oft „Natur“ genannt) bewerkstelligen. Diese biophysische Perspektive auf Gesellschaft und Wirtschaft hat eine lange Tradition, erste Vorläufer einer Theorie des gesellschaftlichen Stoffwechsels lassen sich bis ins 19. Jahrhundert zurückverfolgen (Fischer-Kowalski 1998a). Der gesellschaftliche Stoffwechsel kann in Material- und Energieeinheiten beschrieben werden, wobei es in erster Linie Energieflussanalysen sind, die seit Jahrzehnten fixer Bestandteil ökonomischer gesamtwirtschaftlicher Statistiken in zahlreichen Ländern sind. Systematische Materialflussanalysen ganzer Ökonomien sind dagegen erst in den 1960er Jahren entstanden (Ayres und Kneese 1969; Gofman et al. 1974). Als wichtige weitere Meilensteine in der Ausformulierung des Stoffwechsel-Konzeptes und der Methodik der Materialflussanalyse waren die Mitte der 1990er Jahre veröffentlichten Studien des *World Resource Institute* (Matthews et al. 2000; Adriaanse et al. 1997). Die Ergebnisse dieser ökonomieweiten Materialflussanalysen (MFA) waren durch eine gemeinsame methodische Grundlage erstmals miteinander vergleichbar und zeigten die spezifischen Muster in Materialinput und Outputs an Abfällen und Emissionen.

Aus der Kritik an ausschließlich ökonomischen Indikatoren wurden Materialflussanalysen (*material flow analysis* – MFA), und damit die systematische Erfassung der biophysischen Ströme von Gesellschaften, Ende der 1990er zunehmend in die amtliche Umweltberichterstattung aufgenommen. Das Konzept dieser so genannten *economy wide material flow accounts* orientiert sich dabei an Modellen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (vor allem der Berechnung des Bruttoinlandprodukts – BIP), mit dem Unterschied, dass biophysische Ströme zwischen Gesellschaften und ihrer natürlichen Umwelt in metrischen Tonnen gemessen werden. Nach ersten Studien für Österreich (Steurer 1992), Deutschland (Schütz und Bringezu 1993) und Japan (Japan Environment Agency 1992) wurden Materialflussanalysen systematisch auch auf der politischen Ebene von EU und OECD etabliert. Ein wichtiger Schritt dazu war die Publikation *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide* (Eurostat 2001) und die Aktualisierung 2007 durch die Publikation *Economy-wide material flow accounting: A compilation guide* (Weisz et al. 2007). Diese standardisierte Methode wurde auf politischer Ebene von der EU (Weisz 2004)³, der OECD (2004) und in jüngster Zeit auch der UNEP (2008) implementiert. Für Lateinamerika existieren nur einige wenige Länderfallstudien, insbesondere sind die Arbeiten zu Mexiko und Peru (Gonzalez-Martinez und Schandl 2008), Brasilien (Machado 2001), Venezuela (Castellano 2001), Chile (Giljum 2004), Ecuador (Falconi 2001), Bolivien (Pierrot, unpubliziert) und Argentinien (Im Rahmen eines am Institut für Soziale Ökologie gehaltenen Seminars im Sommersemester 2008 durchgeführt) zu erwähnen.

Energieflussrechnungen, wie sie jährlich in statistischen Jahrbüchern publiziert werden, messen nicht den gesamten energetischen Durchfluss, sondern lediglich technische bzw. kommerzielle Energie. Das bedeutet, dass nur Primärenergie Inputs (Kohle, Öl, Erdgas, Biofuels, erneuerbare Energieträger) für die Bereitstellung von elektrischer Energie, Licht, Wärme und mechanische Arbeit erfasst werden. In diesem Kontext wurde kritisiert, dass wesentliche Bestandteile der energetischen Basis von Gesellschaften zur Aufrechterhaltung des endosomatischen Stoffwechsels von Mensch und Tier - z.B. Nahrungs- und Futtermittel - nicht in die Berechnungen

³ Eine Aktualisierung und Erweiterung für die EU 27 wird voraussichtlich 2009 veröffentlicht

miteinbezogen werden (Haberl 2001a). Diese Flüsse müssen, um dem Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels zu entsprechen, in einer umfassenden Energieflussanalyse mitberücksichtigt werden. Im Falle von Österreich im Jahr 1995 beträgt der Unterschied zwischen Bruttoinlandsverbrauch (total primary energy supply, TPES) nach amtlicher Energiestatistik und Gesamtenergieinput (Domestic Energy Consumption, DEC) nach dem Stoffwechselkonzept (Energieflussanalyse – EFA) 78 GJ/Kopf/Jahr oder 55% (Haberl 2001a, S. 28). Nationale EFA Bilanzen wurden bisher für die EU-15 und die USA erstellt (Haberl et al. 2006), für lateinamerikanische Länder gibt es noch keine Studien nach oben beschriebener Methode (August 2009).

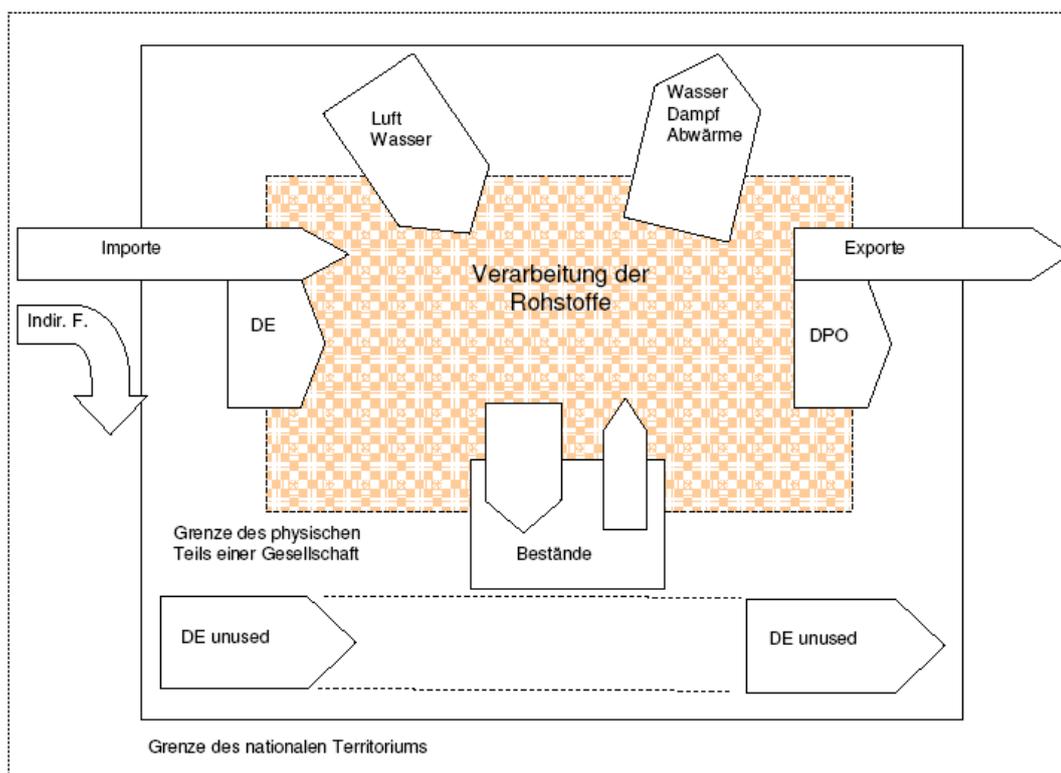
Der Begriff Stoffwechsel weist auf zwei wesentliche Kopplungen zwischen Natur und Gesellschaft hin - die natürliche Umwelt dient als Ressource für Inputs und als Senke für Outputs (Abfälle und Emissionen). Aufgrund des Massenerhaltungsgesetzes werden alle Zuflüsse an Material und Energie über kurz oder lang zu Abflüssen an andere Länder bzw. letztlich an die natürliche Umwelt. Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft entstehen daher auf beiden Seiten. Inputseitig geschieht dies vor allem durch die Entnahme von Ressourcen und die damit im Zusammenhang stehenden Eingriffe in Ökosysteme. Die Kultivierung von Nutzpflanzen auf Flächen, die zumeist im Vorhinein gerodet werden müssen, sowie das in der Folge veränderte Ökosystem ist ein Beispiel dafür. Ein weiteres Beispiel ist der Abbau von Mineralien und Metallen. Durch den Abbau von Eisenerz im brasilianischen Amazonasgebiet wurde die Entwaldungsrate rund um diese Minen drastisch erhöht, die umliegenden Gewässer verschmutzt und EinwohnerInnen umliegender Dörfer mussten umgesiedelt werden oder wurden einfach verjagt (Bunker 1985). Weiters können durch die Reduktion von Ressourcenbeständen (welche entweder limitierte Ressourcen oder Landfläche sein können) gesellschaftliche Nachhaltigkeitsprobleme entstehen.

Auf der Outputseite führt die übermäßige Beanspruchung der limitierten Fähigkeit von Ökosystemen, Abfälle und Emissionen zu absorbieren, zu Verschmutzungsproblemen (Ozonabbau, Klimawandel, Eutrophierung von Gewässern etc.). MEFA Indikatoren wie etwa der DMC zeigen Belastungen für die natürliche Umwelt aufgrund sozioökonomischer Tätigkeiten an und können dadurch als *pressure indicator* (OECD 1994, Weisz et al. 2000) gesehen werden. Schließlich ist auf die Einsicht von MEFA hinzuweisen, dass ein System auf längere Sicht alle Inputs als Abfälle und Emissionen wieder abgibt und daher Umweltverschmutzung nur durch eine Reduktion des Material- und Energieverbrauchs erzielt werden kann (Fischer-Kowalski 1998b). MEFA zeigt also das quantitative Ausmaß unterschiedlicher materieller und energetischer Ströme auf, wie diese Flüsse reduziert werden zeigen MEFA Indikatoren per se jedoch nicht. Dazu ist eine tiefer gehende Analyse von Materialflussdaten auf Ebene von Sektoren oder einzelnen Prozessen erforderlich (Ayres und Ayres 1999, Steinberger et al. 2009).

2.1. Systemgrenzen

Der Materialflussrechnung liegt ein Bilanzierungsgedanke zugrunde: Es werden alle Flüsse, die in ein sozioökonomisches System innerhalb eines Jahres hinein gehen, bilanziert. Aufgrund des Massenerhaltungssatzes müssen die hinein gehenden Flüsse in ihrer Masse der Summe der hinaus gehenden Flüsse und Bestandszuwächsen im System entsprechen. Auch wenn diese Bilanz in Materialflussrechnungen in der Praxis nicht immer geschlossen wird (nicht alle Flüsse werden tatsächlich quantifiziert) müssen für eine konsistente Berechnung von Material- und Energieflüssen daher exakte Systemgrenzen definiert werden. Diese Grenzen werden für Materialflussanalysen übereinstimmend mit Weisz et al. (2007), und für die Energieflussanalyse übereinstimmend mit der EFA Methodologie nach Haberl (2001a, 2001b, 2002 und Haberl et al. 2006) gezogen (Abb. 1). Beide Konzepte setzen Systemgrenzen in gleicher Weise, sodass direkte Vergleiche zwischen Energie- und Materialflüssen möglich sind (Haberl et al. 2006).

Abbildung 1: Material und Energiestoffwechsel einer nationalen Ökonomie



- Legende: Indir. F. = Indirekte Flüsse
DE = Domestic Extraction (inländische Entnahme)
DE unused = Nicht genutzte Entnahme (Abraum, Biomasse aus Landrodungen)
DPO = Domestically processed out (Abfälle und Emissionen)
- Quelle: eigene Darstellung nach Eisenmenger et al. 2008b) und Haberl 2002)

Grundlegende Annahme hinter MEFA Konzepten ist, dass Gesellschaften ihre physische Basis durch Material- und Energieinputs aus zwei unterschiedlichen Systemen sichern. Eine Möglichkeit ist, dass Gesellschaften Material- und Energieträger innerhalb des eigenen Territoriums extrahieren, und sie nach Verwendung wieder in die natürliche Umwelt zurückführen – oft in einer Form die eine Belastung für die entsprechenden Ökosysteme darstellt. Um diese Flüsse erfassen zu können, muss eine Systemgrenze zwischen Gesellschaft und Natur definiert werden. Die zweite Quelle der Versorgung mit Material und Energie sind Importe aus anderen sozio-ökonomischen Systemen (z.B.: Nachbarstaaten), hier entspricht die Systemgrenze den politisch-administrativ gezogenen Grenzen. Mit diesen unterschiedlichen Zuflüssen werden Bestände aufgebaut und über eine bestimmte Zeitperiode aufrechterhalten. Zu diesen Beständen werden alle Artefakte (Infrastruktur, Maschinen etc.), domestizierte Tiere und die menschliche Bevölkerung (in diesen beiden Fällen Ernährung, Schutz vor äußerer Witterung etc.) gezählt.

In der MEFA wird weiters zwischen direkten und indirekten Flüssen unterschieden. Direkte Flüsse beziehen sich nur auf das tatsächliche Gewicht der verschiedenen Produkte und nicht auf die für die Produktion benötigten Materialien und Energie. Indirekte Flüsse sind Materialien und Energie, die für die Produktion importierter Güter benötigt werden⁴, nicht genutzte Extraktion sind Materialien, welche bewegt werden, um Zugang zu anderen Rohmaterialien zu bekommen (Abraum bei der Extraktion von Mineralien, Landrodungen für den Anbau von Feldfrüchten und Weidehaltung). Aufgrund der noch nicht vereinheitlichten Berechnungsmethoden und der unzureichenden Datenbasis für indirekte Flüsse werden nur direkte Flüsse miteinbezogen. Besonders die Nicht-Einbeziehung von Landrodungen (sofern Holz und andere Biomasse nicht genutzt werden) hat im Fall von Brasilien signifikante Auswirkungen auf das Ergebnis der MEFA. Schätzungen des INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) zufolge wurden von 1978 bis 2005 rund 545.000 km² Regenwald gerodet (INPE 2009), eine Fläche, siebenmal die Größe Österreichs. Diese Flächen sind oft Spekulationsobjekte oder werden für Landwirtschaft (u.a. Cash Crops für den Export; Weideland) und den Ausbau von Infrastruktur verwendet.

Im Rahmen einer MFA werden alle materiellen Inputs in eine nationale Ökonomie mit Ausnahme von Luft und Wasser⁵ betrachtet. Gezählt werden die Materialien beim Übertreten der beiden vorhin beschriebenen Grenzen. Allerdings werden im Rahmen der inländischen Entnahme (domestic extraction, DE) zur Vermeidung von Doppelzählungen nicht alle Materialien und Produkte, sondern ausschließlich die zugrunde liegenden Rohstoffe miteinbezogen. Ein Beispiel hierfür ist, dass tierische Produkte wie Fleisch und Milch nicht gezählt werden (da die Produktion derselben als innergesellschaftliche Flüsse betrachtet werden⁶), sondern ausschließlich das

⁴ Zur Berechnung der nach gelagerten Flüsse von Importen und Exporten wurde das Konzept der *raw material equivalents* (RME) entwickelt (Weisz 2006)

⁵ Wasser wird aus den Berechnungen herausgelassen, da es allein für rund 90 Prozent des gesamten Stoffwechsels verantwortlich ist und daher alle anderen Materialien als nebensächlich erscheinen würden. Zentrale Studien zum Wasserverbrauch und dessen Konfliktpotential finden sich auf der Website des *Global Policy Forum* (Global Policy Forum 2009).

⁶ Eine ausführliche Argumentation zur Frage, warum der Viehbestand zur Gesellschaft gezählt wird, findet sich bei (Fischer-Kowalski et al. 1997).

Futter für diese Tiere aus Weideland und Futterpflanzen. Anders verhält es sich beim Außenhandel. Hier werden alle importierten und exportierten Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren berücksichtigt, also auch Lebewesen, Fleisch und Milchprodukte.

Letztendlich muss noch einmal darauf hingewiesen werden, dass Material- und Energieflussanalysen auf die Inputseite dieser Flüsse fokussieren, dh. die inländische Entnahme von Rohstoffen und sämtliche Importe beinhalten. Auf der Output Seite werden nur Exporte von Gütern betrachtet, Abfälle und Emissionen sind in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Energieflussanalysen beziehen zusätzlich zu Materialflussanalysen noch Importe und Exporte von Strom mit ein.

2.2. MFA

Methodische Grundlage für die folgende Arbeit ist der vom Institut für Soziale Ökologie in Zusammenarbeit mit EUROSTAT herausgegebene Leitfaden *Economy-wide material flow accounting: A compilation guide* (Weisz et al. 2007). Die Organisation der Daten erfolgt nach der im Guide angeführten Klassifikation von Materialflüssen. Auf der obersten Ebene wird zwischen den Hauptmaterialgruppen Biomasse, metallische Erze, nicht-metallische Mineralien und fossile Energieträger unterschieden, beim Außenhandel gibt es zusätzlich eine Gruppe an Produkten, die nicht einer Hauptmaterialgruppe zugeordnet werden können. Auf der detailliertesten Ebene werden rund 70 Materialgruppen ausgewiesen. Diese Organisation der Daten ermöglicht zweierlei: Erstens ist dadurch Anschlussfähigkeit an die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, mit der dadurch ermöglichte Kritik an selbiger gewährleistet (Fischer-Kowalski und Haberl 2007 S. 17). Zweitens können durch die Anwendung dieser Methodik die Ergebnisse mit anderen Länderstudien verglichen werden, wodurch eine Verortung der brasilianischen Materialflüsse im globalen Kontext möglich ist. Die empirischen Daten zu diesen vier Kategorien stammen aus nationalen und internationalen Statistiken, eine Auflistung findet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Materialkategorien und Datenquellen

| MFA Kategorie | Unterkategorie | Beschreibung | Datenquellen | |
|------------------------------|---|---|---|-------------------------------|
| | | | National | International |
| Biomasse (A.1.) | | Alle organischen, nicht-fossilen Materialien biologischen Ursprungs | | |
| | Haupternteerzeugnisse und genutzte Erntenebenprodukte | Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion | AEB 1971 – 2006, Censo Agropecuario 1995 und 2006 | FAOSTAT 2005 und FAOSTAT 2007 |
| | Futter für Nutztiere | Futter für den Viehbestand aus landwirtschaftlicher Produktion und Weidehaltung. | AEB 1971 – 2006, Censo Agropecuário 1995 und 2005 | FAOSTAT 2005 und 2007 |
| | Holz | Holz aus natürlichen Wäldern und Holzplantagen | BEN 2006, Uhlig 2008, AEB 1971 – 2006 | FAO ForesSTAT 2005 und 2007. |
| | Fisch und Meeresfrüchte | Die gesamte Biomasse aus Gewässern (Meer, Seen, Flüsse) außer jene aus Aquakulturen | AEB 1971 - 2006 | FAO FishSTAT 2005 und 2007 |
| | Biomasse aus Jagd- und Sammlertätigkeit | Nicht auf Märkten gehandelte Biomasse aus Jagd- und Sammlertätigkeit | - | - |
| Metallische Erze (A.2.) | | Alle metallischen Erze | AMB 1971 – 2006 AEB 1971 - 2006 | USGS, UNICYS |
| Mineralien (A.3.) | | Alle nicht-metallischen Mineralien | AMB 1971 – 2006 AEB 1971 - 2006 | USGS, UNICYS |
| Fossile Energieträger (A.4.) | | Alle fossilen Energieträger | AEB 1971 – 2006, AMB 1971 – 2006, BEN 2006 | IEA 2005, UNICYS |
| Außenhandel (B.1. – B.5.) | | Alle physischen Importe und Exporte | AEB 1971 – 2006 | UN Comtrade DB, FAO |

Legende

- AEB = Anuário Estatístico do Brasil (statistisches Jahrbuch Brasilien)
- Censo Agropecuário = Offizieller Bericht zu sämtlichen Agrardaten
- BEN = Balanço Energético Nacional (Nationale Energiebilanz Brasilien)
- AMB = Anuário Mineral Brasileiro (Mineralisches Jahrbuch Brasilien)
- FAOSTAT = Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistical Database
- USGS = United States Geological Survey
- UNICYS = United Nations Industrial Commodity Statistics
- IEA = International Energy Agency
- UN Comtrade = United Nations Commodity Trade Statistics

Quelle: eigene Darstellung nach Weisz et al. 2007, Sieferle et al. 2006

Wie Tabelle 3 zu entnehmen ist, stehen für sämtliche Materialkategorien jeweils mindestens eine nationale und eine internationale Datenquelle zur Verfügung. Allein für die Kategorie *Biomasse aus Jagd- und Sammlertätigkeit* gibt es keine

statistischen Daten. Der Grund liegt darin, dass die einzelnen Statistiken keine Klassifizierung nach der Art der Extraktion anbieten und die Produkte aus Jagd- und Sammlertätigkeit in den entsprechenden Materialgruppierungen angeführt sind. Eine Schätzung der extrahierten Biomasse aus Jagd- und Sammlertätigkeit wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt.

Die nationalen Datenquellen sind die statistischen Jahrbücher Brasiliens (IBGE 1971 – IBGE 2006) sowie Jahrbücher staatlicher Organisationen über den Bergbau- und Minensektor (DNPM 1971 – DNPM 2006a), Agrarsektor (IBGE 2007a) sowie die jährlich publizierte Energiebilanz Brasiliens (EPE 2006). Die internationalen Datenquellen sind für Agrardaten die Datenbanken der FAO (2002, 2005, 2007), Erze und Mineralien sind aus (UN 2007, USGS 2008), fossile Energieträger (IEA 2007) und den Außenhandel aus (United Nations Statistical Division 2004 und 2008) entnommen.

In der vorliegenden Arbeit wurde für die Auswahl der Datenquellen folgende Logik (in der Reihenfolge der Voraussetzungen) gewählt.

- Verfügbarkeit von Daten in durchgehender Zeitreihe für den Zeitraum 1970 - 2005
- Soweit möglich werden nationale Datenquellen gegenüber internationalen Datenquellen bevorzugt.
- Wenn die maximale Abweichung der unterschiedlichen Quellen innerhalb von 5 % liegt, wird jene Quelle bevorzugt, aus der die Daten digital verfügbar sind.

Das Vorhandensein unterschiedlicher Datenquellen erlaubt es die einzelnen Quellen untereinander zu vergleichen und somit die Datenqualität besser einschätzen zu können. Dies ist vor allem deswegen wichtig, weil es nur selten vorkommt, dass neben den Daten auch die Methode der Datenerhebung beschrieben ist. So findet sich beispielsweise bei den Daten der FAO zur Holzproduktion (FAO 2005) keine Beschreibung der verwendeten Datenquellen (bei direkter Erhebung) oder der Berechnungs- und Schätzmethode (bei indirekter Erhebung). Eine ausführliche Beschreibung der für diese Arbeit verwendeten Quellen (national oder international) und Schätzmethode bei fehlenden Daten befindet sich im Kapitel zur nationalen Entnahme.

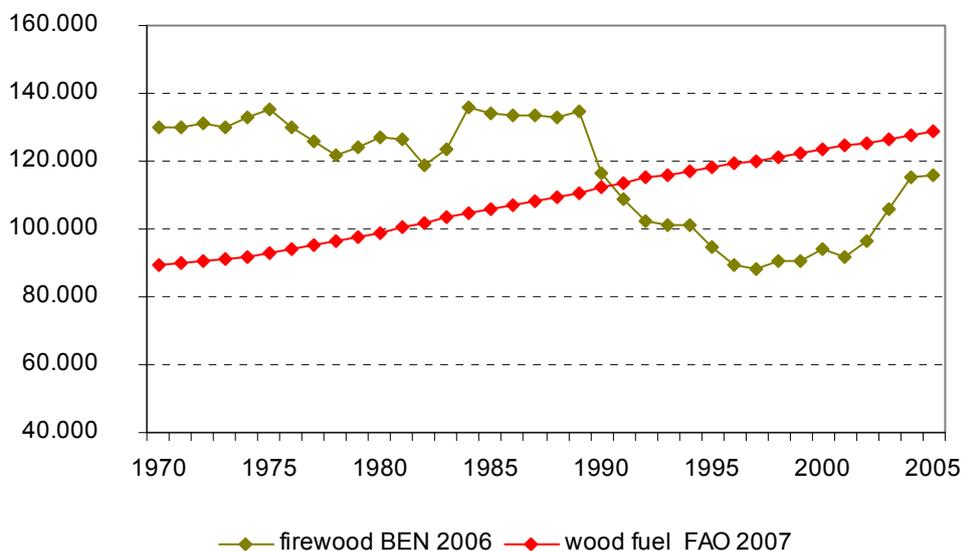
2.2.1. Datenqualität

Der Vergleich der einzelnen Datenbanken und Quellen zeigte zum Teil eklatante Unterschiede in den berichteten Daten. Die größten Unterschiede waren zwischen nationalen und internationalen Datenbanken auszumachen.

Entnahme von Feuerholz

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Datenquellen und die Gründe dafür können am Beispiel der Daten zur DE von Feuerholz und Eisenerz illustriert werden. Als Beispiel der Unterschied bei der Produktion von Feuerholz (Abb. 2).

Abbildung 2: Vergleich der Produktion von Feuerholz zwischen BEN und FAO



Legende: Darstellung in 1000 Tonnen

Quelle: eigene Darstellung, Daten aus EPE (2006); FAO (2005, 2007)

Zeigt die internationale Datenquelle (FAO 2005, 2007) eine stetig ansteigende Entnahme von Feuerholz (wood fuel), so unterscheiden sich die nationalen Daten (firewood) sowohl hinsichtlich der produzierten Gesamtmenge als auch im Trend. Die Daten der Balanço Energético Nacional (EPE 2006) zeigen ein relativ stabiles Verbrauchsniveau bis 1990, mit einem steilen Abfall bis 1997, und nach einer Konsolidierung auf einem Niveau, welches rund 40 Prozent unter den Werten bis 1990 liegt, wieder ein Anstieg bis 2005. Der Abfall in den 1990er Jahren fällt mit der allgemeinen Wirtschaftskrise und der rückläufigen Eisenproduktion zusammen, die sich ab Beginn des 21. Jahrhunderts wieder erholt und ansteigt.⁷ Eine weitere Erklärung für den Rückgang von Feuerholz ist in einer Transformation des Energiesystems zu finden. Feuerholz wird in ruralen Gebieten vorwiegend zum Kochen von Speisen verwendet. Der allmähliche Ersatz von mit Holz befeuerten Öfen durch Gasöfen spiegelt sich in diesem Rückgang wider. Für die Daten der FAO lässt sich keine Beschreibung der Erhebungsmethode finden, und auch eine Anfrage an den entsprechenden Sachbearbeiter brachte keine Antwort. Es ist jedoch

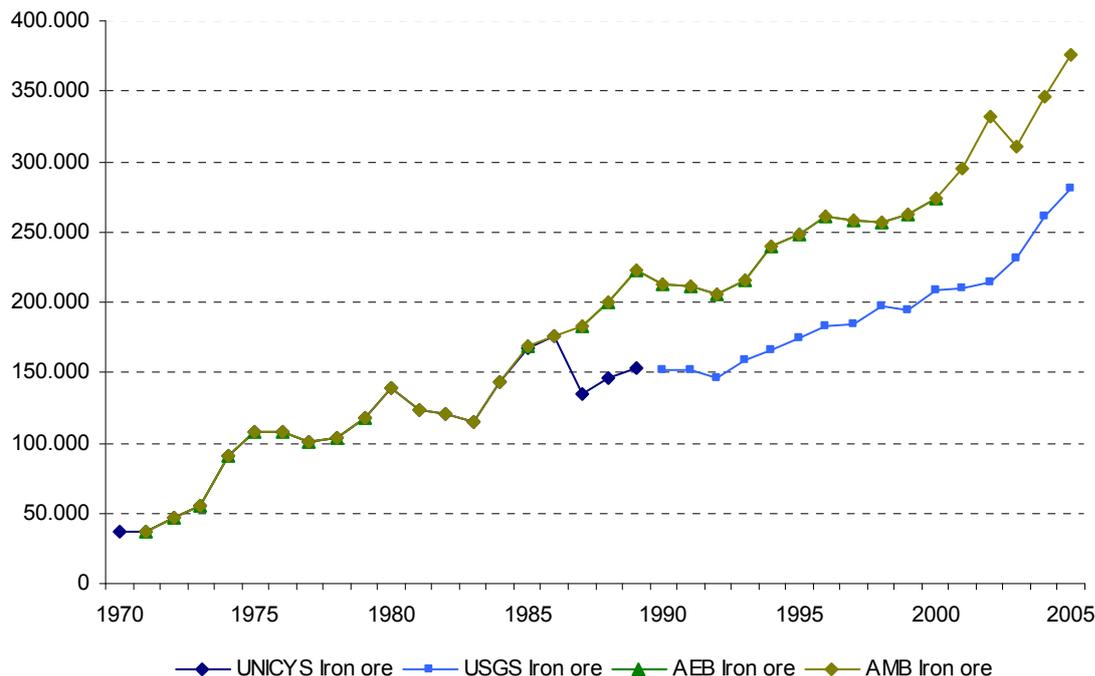
⁷ Zum engen Zusammenhang zwischen der Produktion von Roheisen und der Extraktion von Feuerholz siehe Kapitel 4.

aufgrund des stabilen Wachstumstrends anzunehmen, dass die Daten extrapoliert wurden. Neben diesen Argumenten ist auch noch Uhlig (2008) anzuführen, der eine ökonometrische Angebots-Nachfrage Bilanz für den Verbrauch von Feuerholz erstellt hat. Seine Ergebnisse zeigen zwar einen unterschiedlichen sektoralen Verbrauch (Privathaushalte, Landwirtschaft, Industrie), das Gesamtergebnis stimmt jedoch mit den Daten der BEN überein (Uhlig 2008)

Entnahme von Eisenerz

Zur Entnahme von Mineralien und Erze gab es in internationalen Datenbanken keine durchgehenden Zeitreihen ab 1970. Die Daten des USGS (2008) sind online erst ab 1990 erhältlich. Die UNICYS Datenbank der Vereinten Nationen (UN 2007) enthält Daten von 1970 bis 1999, wobei die einzelnen Materialgruppen in der Regel nicht für den gesamten Zeitraum berichtet sind. Die überlappenden Jahre (1990 bis 1999) zeigen zwischen diesen beiden Quellen eine gute Übereinstimmung. Diese Kongruenz zeigt sich jedoch nicht mit den nationalen Quellen. So gleichen sich zwar die Trends, die absoluten Zahlen liegen bei den nationalen Quellen des *Anuário Estatístico do Brasil* (IBGE 1971 - IBGE 2006) und des *Anuário Mineral Brasileiro* (DNPM 1971 - DNPM 2006a) jedoch ab 1986 um rund 30 Prozent über den internationalen Daten (Abb. 3).

Abbildung 3: Extraktion von Eisenerz



Legende: Darstellung in 1000 Tonnen, (run off mine)

Quelle: eigene Darstellung

Der Einbruch bei den Daten der UN (UN 2007) 1987 verweist auf eine Reklassifizierung der UN Daten, die Kongruenz zwischen UNICYS und USGS deutet darauf hin, dass beide Institutionen auf dieselben Primärdaten zugreifen. Das interessante Faktum ist, dass ab dem Jahr 1987 die Daten für Eisenerz der internationalen Quellen mit den Werten für Roheisen der nationalen Quellen übereinstimmen. Auch in den monetären Daten zeigt sich der Einbruch in der

Förderung von Eisenerz nicht (DNPM 1971 - DNPM 2006a). Eine ähnliche Änderung in den berichteten Daten der internationalen Datenbanken zeigt sich auch für Zinn (UN 2007, USGS 2008).

Diese beiden Beispiele zeigen die Probleme bei der Verwendung internationaler Datenquellen auf. Dies soll allerdings nicht heißen, dass die nationalen Quellen über jeden Zweifel erhaben sind. Die politischen Rahmenbedingungen bis zum Ende der Militärregimes 1985 und die darauf folgende Zeit schwerer wirtschaftlicher Turbulenzen mit der Hyperinflation bis 1995 sind nicht die besten Voraussetzungen für eine gute Qualität statistischer Daten. Eine kritische Prüfung der Datenqualität ist unabdingbar.

Quellen und Schätzverfahren

Im Folgenden wird näher auf die Quellen und Schätzverfahren der einzelnen Hauptmaterialgruppen eingegangen. Nur dort wo Annahmen und Methode von Weisz et. al (2007) abweichen, werden detaillierte Angaben zur Methode gemacht. Da der Guide für die EU Länder entwickelt wurde, sind bestimmte methodische Adaptationen erforderlich. Zusätzlich werden noch spezifische Änderungen und notwendige Berechnungsschritte beschrieben, die sich aufgrund der Struktur der Daten und deren Verfügbarkeit bzw. Qualität ergeben. Es sind dies insbesondere die Errechnung der Futterbilanz für die Nahrungsaufnahme von Weidetieren, die Kuppelproduktion bei metallischen Erzen und die Berechnung der Baumaterialien.

2.2.2. Inländische Entnahme (DE) von Biomasse

Biomasse sind sämtliche Materialien organischen, nicht-fossilen Ursprungs. Dies sind „...die gesamte von Mensch und Tier entnommene Biomasse pflanzlichen Ursprungs, Fischfang [außer jene aus Aquakulturen, eigene Anm.] sowie die Biomasse von gejagten Tieren“ (Weisz et al 2007, S. 19, eigene Übersetzung). Um eine Vereinheitlichung der Daten zu erreichen, sind eine Reihe von Konventionen einzuhalten. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Konventionen findet sich bei Weisz et al. (2007, S. 20 – 28).

Da die nationalen Daten zur inländischen Entnahme von Biomasse nur als gescannte Version der nationalen statistischen Jahrbücher (IBGE 1971 – IBGE 2006) verfügbar waren, wurden die digitalen Daten der FAO (FAO 2002; FAO 2005; FAO 2007) verwendet. Die FAO Daten zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Daten der AEB, die maximalen Abweichungen liegen innerhalb von 5%.

Haupternteprodukte

Diese Kategorie enthält sämtliche Feldfrüchte, die direkt von den Ackerflächen geerntet werden (FAO 2007). Die grundsätzliche Regel ist jene, dass Feldfrüchte mit deren Erntegewicht (und daher auch Wassergehalt – *moisture content mc*) ausgewiesen werden, mit dem sie in den Landwirtschaftsstatistiken berichtet werden (Weisz et al. 2007, S.21).

Erntenebenprodukte

Erntenebenprodukte werden häufig zur Düngung, für die Produktion von Heizenergie oder als Futter verwendet. Diese Fraktion wird in die MFA einbezogen und nach dem Prozedere von Weisz et al. (2007, S. 22f) auf der Basis der quantitativen Beziehung (Harvest Index) zwischen Haupternteprodukt (zB Getreide, Zuckerrohr) und Erntenebenprodukt (Stroh, Bagasse) berechnet. Die Faktoren für die Berechnung stammen aus Wirsenius (2000) und sind regional für Lateinamerika adaptiert (für die Jahre 1970, 1980, 1990 und 2000). Eine detaillierte Auflistung findet sich in Tabelle 4.

Tabelle 4: Harvest factors und Recovery rate für die Berechnung der Erntenebenprodukte

| | Harvest factor | | | | Recovery rate | | | |
|-----------------|----------------|------|------|------|---------------|------|------|------|
| | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 |
| Weizen | 1,89 | 1,79 | 1,66 | 1,50 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Gerste | 1,89 | 1,79 | 1,66 | 1,50 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Hafer | 1,89 | 1,79 | 1,66 | 1,50 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Roggen | 1,89 | 1,79 | 1,66 | 1,50 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Mais | 4,48 | 4,06 | 3,55 | 3,00 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Reis | 1,50 | 1,43 | 1,34 | 1,22 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Andere Getreide | 1,89 | 1,79 | 1,66 | 1,50 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Raps | 3,22 | 2,98 | 2,68 | 2,33 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| Sojabohnen | 1,50 | 1,79 | 1,66 | 1,50 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Zuckerrohr | 0,77 | 0,75 | 0,71 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 |

Quelle: Wirsenius (2000, S. 91ff), eigene Übersetzung

Die Nebenprodukte von sämtlichen Getreidearten werden in den MFA Tabellen als Stroh für Einstreu klassifiziert (Weizen, Gerste, Hafer, Roggen, Mais, Reis, andere Getreidesorten). Die Nebenprodukte von Raps, Sojabohnen und Zuckerrohr werden zur Düngung und als Futter, jene von Zuckerrohr auch zur Energiebereitstellung bei der Weiterverarbeitung zu Ethanol verwendet.

Futterpflanzen und Grünfutter

Der Futterbedarf für die Lebewesen kann über die *Commodity Balances* der FAO Datenbank eruiert werden (FAO 2005; FAO 2007). Den Großteil dieser Biomasse stellt Futtermais dar, gefolgt von Sojamehl, Cassava und anderen Feldfrüchten bzw. Produkten aus selbigen. Mais und Soja werden als Eiweißquelle an Schweine und Hühner verfüttert. Die Anteile der an den Nutztierbestand verfütterten Biomasse wurden in den MFA Tabellen von den Feldfrüchten subtrahiert und in die Kategorie der Futterpflanzen und Grünfutter eingefügt. Die Ergebnisse zeigen, dass zwischen 50% und 60% der gesamten Mais- und Getreideernte für die Ernährung von Schweinen, Hühnern und anderem Geflügel verwendet werden (FAO 2006, S. 39).

Weidebiomasse

Den MFA Konventionen entsprechend wird die von Nutztieren geweidete Biomasse in die MFA miteinbezogen. Da Brasilien weltweit den größten Bestand an Nutztieren aufweist (Demarchi et al. 2003), war davon auszugehen, dass große Mengen and

Futterpflanzen und Weidebiomasse entnommen werden und diese Flüsse einen signifikanten Einfluss auf die gesamte inländische Entnahme haben werden. Die Berechnungen zeigen dann auch, dass die Futteraufnahme durch Weidetiere im Jahre 2005 rund ein Viertel des Gesamtverbrauchs an Biomasse ausmacht.

Die indirekte Berechnung des Futterbedarfes von Weidetieren erfolgt durch die Erstellung einer Futterbilanz und die Berechnung der so genannten Weidelücke. Hierbei gibt es zwei unterschiedliche Berechnungsmethoden, eine angebots- und eine nachfrageseitige (Weisz et. al 2007, S. 24 – 26). Für die angebotsseitige Futterbilanz wurde der Bestand an Großvieh (Rinder, Stiere, Büffel), Schafen und Ziegen, Pferden, Eseln und Maultieren mit deren regional-spezifischem Futterbedarf multipliziert. Die Faktoren für den Raufutterbedarf finden sich in Tabelle 5.

Tabelle 5: Futterbedarf von Raufutterverzehrnern

| | Jährlicher (t/cap/yr) | Futterbedarf |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------|
| Großvieh (Rinder, Stiere, Büffel) | 1,944 | |
| Schafe und Ziegen | 0,365 | |
| Pferde | 2,92 | |
| Esel und Maultiere | 1,825 | |

Legende: Futterbedarf in (15% mc)

Quelle: adaptiert für Brasilien auf Basis von Weisz et al. (2007), S. 25; Demarchi et al. (2003)

Die einzelnen Werte für den Futterbedarf variieren je nach unterschiedlicher Rasse, Zweck der Aufzucht sowie klimatischen Bedingungen und Futterangebot beträchtlich. In Brasilien werden, wie in nahezu allen tropischen und subtropischen Gebieten, bei den Großvieharten vorwiegend Zebu-Rinder (*Nelore cattle*) gehalten. Diese Rinder sind besonders gut an Trockenheit und längere Perioden ohne regelmäßige Nahrungsaufnahme angepasst, weiters schützt sie deren Haut vor Hitze und Insektenstichen. Für die Errechnung des Weidebedarfs ist es ausschlaggebend, dass sich diese Rinderart im Vergleich mit dem in Europa dominanten Fleckvieh durch einen effizienteren Stoffwechsel auszeichnet (Oklahoma State University 2008). Es liegt daher nahe, dass der gesamte Futterbedarf des Großviehs in Brasilien weitaus niedriger liegt, als jener für die in Europa gehaltenen Rassen. Demarchi et. al (2003), ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei Aroeira et al. (1999), stellten in einer Studie zu Methanemissionen durch Zebu Rinder einen durchschnittlichen Futterbedarf von 1,944 Tonnen Raufutter (15% mc) pro Rind und Jahr fest. Dieser Wert liegt um 70% unter dem durchschnittlichen Wert für Europa (Weisz et. al 2007, S. 25). Deswegen wurde auch der Futterbedarf für die anderen Raufutter verzehrenden Nutztiere (Schafe, Ziegen, Pferde und Esel) nach unten revidiert und die minimalen europäischen Durchschnittswerte verwendet.

Vergleich man den Futterbedarf der Raufutterverzehrer, der zu 98% durch Weideflächen gedeckt wird (Demarchi et al. 2003) mit der aktuellen Weidefläche (Angebotsseitige Berechnung des Futterbedarfs), so zeigen sich folgende

Ergebnisse. Bei durchschnittlichen Hektarerträgen von 2 t pro Jahr (15% mc) mit einer Spannweite zwischen 1,5 t und 2,5 t (Aroeira et al. 1999) liegt das Angebot an Weideflächen im gesamten Erhebungszeitraum über dem errechneten Futterbedarf. Aufgrund des starken Vordringens der Weidewirtschaft in periphere Gebiete der Amazonasregion ab den 1990er Jahren und der damit verbundenen Unsicherheit bei den Daten zur Weidefläche werden die Ergebnisse der angebotsseitigen Futterbilanz verwendet.

Holzbrennstoffe:

Aufgrund der oben gezeigten Inkonsistenzen bei den Holzbrennstoffen (Feuerholz, Holz zur Gewinnung von Holzkohle) war eine Anpassung der berichteten Daten notwendig. Es wurden dazu die Daten der *Balanço Energético Nacional* (EPE 2006) verwendet, die aber in NCV TOE Trockenwert (spezifischer Heizwert⁸, in Tonnen Erdölequivalent) berichtet waren und somit eine Umrechnung in 1000t erforderlich machten (Formel 1). Die Faktoren für die Umrechnung befinden sich in Tabelle 6.

Formel 1: Berechnung von Holzbrennstoffen in 1000t

Holzbrennstoffe (1000t) = Holzbrennstoffe (NCV TOE) * (Terrajoule pro TOE) * (Tj/kcal) / (kcal/kg) * (Faktor für Baumrinde) * (Wassergehalt)

Tabelle 6: Faktoren für die Umrechnung von Holzbrennstoffen in 1000t

| | | |
|--|---|---|
| 1 ktoe | = | 41,868 TJ (SIMETRIC) |
| 1 TJ | = | 238.902.957,619 kcal (SIMETRIC) |
| 1 kg Holz (Trockenmasse, spezifischer Heizwert) | = | 3100 kcal (EPE 2006, S. 153) |
| Holz inklusive Baumrinde | = | Holz ohne Baumrinde * 1,1 (Weisz et. al. 2007, S. 27) |
| Wassergehalt | = | Trockenmasse * 1,15 (Weisz et. al. 2007, S. 27) |

2.2.3. Inländische Entnahme (DE) von Metallischen Erzen

Diese Materialgruppe beinhaltet sämtliche metallischen Erze, wobei eine Unterscheidung zwischen eisenhaltigen und anderen Metallen vorgenommen wird. Brasilien ist nach China der zweitgrößte Eisenerzproduzent (18,8% der gesamten Weltproduktion 2005) und auch bei Mangan, Bauxit und Titanium am Weltmarkt führend (DNPM 2008). Diese Materialgruppe trägt wesentlich zum Bild der physischen Ökonomie Brasiliens bei. Metallische Erze sind hinsichtlich deren Verwendung als Rohmaterial für Infrastruktur (Gebäude, industrielle Maschinen etc.) und zahlreicher weiterer Produkte von zentraler wirtschaftlicher Bedeutung.

⁸ Im Gegensatz zum spezifischen Heizwert (*net calorific value*) wird der spezifische Brennwert (*gross calorific value*) unterschieden, der auch die Energie des bei der Verbrennung verdampften Wassers berücksichtigt – und somit höher ist. (Vgl. Haberl 2001a, S. 19)

Datenquellen

Der hohe Stellenwert dieser Materialgruppe zeigt sich auch in der Qualität und Verfügbarkeit von statistischen Daten: Neben den Statistiken einzelner Sparten der Bergbauindustrie (Associação Brasileira do Alumínio - ABAL, Instituto Brasileiro de Siderurgia - IBS) veröffentlicht das DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) seit 1971 jährlich ein Jahrbuch mit Daten zu allen in Brasilien abgebauten Mineralien und Erzen. Der *Anuário Mineral Brasileiro* (DNPM 2008) ist seit 1997 online auf der Homepage des DNPM abrufbar, die Jahrbücher früherer Jahre liegen nicht in elektronischer Form vor, sondern nur als gedruckte Version. Aufgrund der oben genannten Auswahlkriterien wurden die Jahrbücher *Anuário Mineral Brasileiro* (DNPM 1971 – DNPM 2006a) als primäre Datenquelle verwendet. Die zweite nationale Quelle, die jährlichen statistischen Jahrbücher und die internationalen Quellen von UNICYS und USGS wurden für Crosschecks herangezogen. Informationen zu Metallgehalten der einzelnen Erze und Struktur der extrahierenden / produzierenden Industriezweige finden sich auf der Homepage des DNPM (www.dnmp.gov.br, 15.08.2009).

Klassifikation der Daten

Nationale und internationale Bergbaustatistiken verwenden in der Regel unterschiedliche Klassifikationssysteme – und so weist auch die brasilianische Statistik eine eigene Kategorisierung auf. Insgesamt werden in Brasilien rund 420 verschiedene Mineralien abgebaut, die zu 40 Materialklassen zusammengefügt werden (DNPM 2002). Diese Klassifizierung variiert zwischen 1970 und 2005 beträchtlich, wodurch die Erstellung einer konsistenten Zeitreihe erschwert wird. Um eine einheitliche Klassifikation der Daten zu erreichen, müssen im Rahmen einer MFA verschiedene Konventionen eingehalten werden. Grundsätzlich werden von der „verwendeten Entnahme“ die „nicht verwendete Entnahme“, der Abraum, unterschieden, der nicht in die MFA mit einberechnet wird (Weisz. et. al 2007, S. 33). Die verwendete Entnahme - in der Folge Bruttoerz genannt - ist jene Masse die weiterverarbeitet und in der MFA erfasst wird. Aus diesen Erzen (auch als *gross ore*, *crude ore*, *run off mine* oder portugiesisch: *Produção bruta* bezeichnet) wird in der Folge das reine Metall gewonnen. Beide Werte sind in der Regel in den AMB gesondert (in t oder 1000t) berichtet.

Bruttoerz und Metallgehalte

Der Metallgehalt eines Erzes ist das reine Metall, zum Beispiel der spezifische Gehalt an Eisen bei Eisenerz. Der Bergbausektor in Brasilien ist bei den quantitativ dominanten Erzen wie Eisen und Aluminium stark konzentriert, wenige große Minen extrahieren einen Großteil der gewonnenen Erze. Diese Minen weisen verglichen mit den zahlreichen kleinen Minen sehr hohe Metallgehalte auf, jene der geprüften Eisenreserven in den großen Minen liegen innerhalb einer Schwankungsbreite von 55% - 65%. Für die Mine mit den größten Eisenreserven in der Serra do Carajás wird ein Metallgehalt von 65,4% berichtet (DNPM 1999, S. 244). Allerdings können die Metallgehalte der Erze je nach Mine und Vorkommen stark schwanken, vor allem Erze die in mittleren oder kleinen Minen extrahiert werden, weisen hohe Schwankungsbreiten auf. Die Metallgehalte bei Kupfer liegen zwischen 0,43% und 4%, bei Zinn zwischen 487 und 6513 g Sn/m³ (DNPM 1999). Im Rahmen dieser Arbeit wurden bei fehlenden Werten für Bruttoerze nationale Durchschnittswerte der geprüften Reserven für die Hochrechnung verwendet, wie sie in den Jahrbüchern

des *Anuário Mineral Brasileiro* (DNPM 1971 – 2006a) berichtet werden. Bei fehlenden Werten für Reserven wurden die Metallgehalte vorangehender oder nachfolgender Jahre extrapoliert, war die Bruttoabbaumenge in abweichenden Einheiten (Volumen, Karat) angegeben, wurden die Werte mit folgenden Metallgehalten errechnet (Tab. 7, sowie die Metallgehalte der wichtigsten Erze).

Tabelle 7: Spezifische Metallgehalte und Berechnungsmethoden

| Metall | Metallgehalt | Fehlende Jahre | Quelle bzw. Methode |
|-----------|-----------------|----------------|---|
| Kupfer | 0,82 % | 1991 - 1995 | AMB 1997, S. 53 |
| Zink | 11,23 %, 9,68 % | 1996, 1997 | Lineare Trendfortschreibung |
| Zinn | 0,16 % - 0,08 % | 1991 - 2000 | Verwendung des Metallgehalts bei den geprüften Reserven (AMB 1992 – 2001) |
| Gold | 0,000029 % | 1970 - 1975 | Wert von 1976 (AMB 1977) |
| Mangan | 34,78 % | 2000 | AMB 1997, S. 115 |
| Chrom | 31,85 % | 2000 - 2005 | AMB 1997, S. 53 |
| Silber | 0,02 g/t | 1970 - 2005 | AMB 2006, S. 308 |
| | | | |
| Metall | Metallgehalt | Periode | Quelle |
| Eisen | 68,0% - 60,9% | 1970 – 2005 | AMB 1971 – 2006 |
| Kupfer | 1,19% - 0,82% | 1970 – 2005 | AMB 1971, AMB 1997 |
| Aluminium | 49,47% | 1970 – 2005 | 35 yr. avg |
| Mangan | 32,6% - 42,3% | 1970 – 2005 | AMB 1971 – AMB 2006 |

Legende: AMB = *Anuário Mineral Brasileiro*. Die Werte für Metallgehalte sind min. und max. Werte im Erhebungszeitraum

Quelle: siehe oben

Kuppelproduktion

Verschiedene mineralische Reserven enthalten mehr als nur ein bestimmtes Metall. Diese so genannte Kuppelproduktion muss für die Berechnung der Bruttoerz mengen, wie sie in die MFA einfließen, berücksichtigt werden. Spezifische Informationen dazu finden sich in den mineralischen Jahrbüchern Brasiliens. So wird Silber in Brasilien immer als Nebenprodukt von Kupfer, Gold, Blei und Zink abgebaut. In den AMB wird daher für Silber kein run off mine (ROM) Wert angegeben, bzw. finden sich keine Werte für den spezifischen Metallgehalt in den unterschiedlichen Mineralien. Die theoretische Menge an Bruttoerzen wurde nach dem Prozedere von Weisz et. al (2007, S. 34 - 35) berechnet. Im Fall von Gold wurde in den AMB (DNPM 1971 – 2006a) nur derjenige Teil auf den ROM-Wert hochgerechnet, wo Gold nicht als Nebenprodukt von Blei und Kupfer gewonnen wurde. Weisz et. al (2007, S. 34) weist auf eine weitere, häufig auftretende Kuppelproduktion hin – jene von Zinn und Kupfer. Brasilien bildet hier eine Ausnahme, da Zinn aus Kasseritgestein und Kupfer aus verschiedenen anderen Mineralien extrahiert wird. Weiters werden Gold und

andere wertvolle Edelsteine in eine Kategorie *Garimpeiros*⁹ untergliedert und in der Berechnung der Bruttoerz mengen gesondert ausgewiesen. Detaillierte Beschreibungen zu den Erhebungsmethoden bzw. Schätzverfahren der einzelnen in den AMB berichteten Mineralien finden sich jeweils im Anhang der einzelnen Jahrbücher unter *Apêndice A3 - Produção e Valor (Production and Value) (DNPM 1971 – 2006a)*.

2.2.4. Inländische Entnahme (DE) von nicht-metallischen Mineralien

In der MFA Klassifikation werden von den metallischen die nicht-metallischen Mineralien unterschieden. Neben Salz, chemischen bzw. Düngemineralien und diversen Edelsteinen enthält diese Kategorie alle nicht-metallischen Materialien, die vorwiegend für Bau und Aufrechterhaltung von Infrastruktur (Hoch- und Tiefbau, Straßennetz) verwendet werden. Dies sind absteigender Größenordnung: Sande und Schotter, Gips und Kalk, Ton und Kaolingesteine sowie Dekorsteine wie Marmor oder Basalt.

Baumaterialien stellen in den physischen Bilanzen von einzelnen Ländern zumeist einen erheblichen Bestandteil dar und sind eng an den Industrialisierungsgrad einer Ökonomie gebunden. Durch deren niedrigen ökonomischen Wert musste auf der Vollständigkeit der Erfassung der Entnahme von Baumaterialien besonderes Augenmerk gelegt werden. Baumaterialien werden oftmals nach der Extraktion gleich verarbeitet, ohne vorher auf Märkten gehandelt zu werden. So wird beispielsweise der Abraum beim Straßenbau häufig als Unterbau für die Straßen aufgeschüttet und daher in offiziellen Produktionsstatistiken nicht erfasst. Neves und da Silva (2007) weisen zudem auf die große Anzahl von Baumaterialien extrahierenden Minen und daraus resultierenden Schwierigkeiten bei der Datenerfassung hin. Im Jahr 2005 wurden 53 große, 492 mittelgroße und 1.679 kleine Minen¹⁰ registriert.

Ein weiterer Aspekt ist der hohe Anteil des informellen Sektors. So sind die in großen Städten zahlreichen Armensiedlungen, die *Favelas*, nicht in die amtliche Statistik eingebunden, wodurch auch die Bautätigkeit nicht erfasst wird. Bei Gestein zu Dekorationszwecken schätzt das DNPM einen landesweiten Anteil des informellen Sektors zwischen 60% und 70% (DNPM 2006b).

Datenquellen

Nicht-metallische Mineralien werden in der Regel von den gleichen statistischen Stellen erhoben, wie die metallischen Mineralien. Diese Quellen sind UNICYS und USGS (als internationale Quellen) bzw. AMB und AEB (als nationale Quellen). Im Rahmen dieser Arbeit wurden die nationalen Quellen des *Anuário Mineral Brasileiro* (DNPM 1971 - DNPM 2006a) verwendet, da diese als einzige für den gesamten Zeitraum verfügbar waren. Im AMB werden die unterschiedlichen Mineralien nicht übereinstimmend mit international standardisierten Kategorisierungen (International

⁹ *Garimpeiros* sind (häufig illegale) Goldsucher im Amazonasgebiet. Der brasilianische Fotograf Sebastião Salgado hat deren Arbeitsbedingungen in einem Fotoband eindrucksvoll porträtiert.

¹⁰ Unterscheidung anhand jährlich extrahierten Mineralien (ROM). 10.000 t – 100.000 t Pequenas (kleine Minen), 100.000 t – 1.000.000 t Médias (mittelgroße Minen), mehr als 1.000.000 t Grandes (große Minen).

Standard Industrial Classification - ISIC) kategorisiert. Da alle Quellen unterschiedliche Klassifikationen verwenden, waren aufgrund unzureichender Disaggregation Crosschecks zwischen den einzelnen Quellen schwierig bis nicht möglich. Um dennoch die Datenqualität ausreichend zu sichern, wurden die Daten des AMB mit Werten aus Schätzverfahren von Weisz et. al (2007) verglichen.

Datenkategorisierung

Bei den im AMB (DNPM 1971 – 2006a) berichteten Daten ergibt sich die Schwierigkeit, dass die häufige Änderung in der Klassifikation der Materialgruppen und Neueinführungen bzw. Entfernungen von Materialkategorien selten auf einer so disaggregierten Ebene beschrieben werden, dass diese Änderungen in die MFA Klassifikation übertragen werden kann. Beispielsweise wurde 2001 der bis dahin mit Sand gemeinsam berichtete Schotter (wegen Vorkommen in gemeinsamen Lagerstätten) mit gebrochenen Mineralien (wegen Bedienung des gleichen Marktsegments) gruppiert (DNPM 2002, Apêndice A1). Eine Kompilation der Daten auf der Ebene einzelner Materialien war dadurch nicht mehr möglich und ab dem Jahr 2002 werden Sand, Schotter und gebrochene Mineralien als eine gemeinsame Kategorie in der MFA ausgewiesen. Ein weiterer Punkt ist, dass die Grenzen zwischen Dekorations- und Mauersteinen (Kat. A.3.1. gemäß MFA) und Sand und Schotter (Kat. A.3.4. gemäß MFA) in den Daten des AMB (DNPM 1971 – 2006a) häufig wechseln. Marmor und Gneis werden über den gesamten Zeitraum zu den Dekorations- und Mauersteinen, Sand, Schotter,¹¹ gebrochene Mineralien und Granit zur Kategorie Sand und Schotter gerechnet. 85% der gesamten Materialien die zu Schotter verarbeitet werden sind Granit, weswegen der gesamte Granit in den MFA Tabellen zur Kategorie Sand und Schotter zugerechnet wurde (DNPM 2006b, S. 36). Die Gruppe der Industriesande ist ab 1993 berichtet und ebenfalls unter Sand und Schotter gruppiert. Für die Jahre 1970 – 1992 wurden die Industriesande aufgrund der geringen Menge (< 0,5% des gesamten Sandverbrauchs) nicht extrapoliert.

Erhebungsmethode und Modellierung des Baumaterialverbrauchs im Anuário Mineral Brasileiro

DNPM und ANEPAC (Associação Nacional de Entidades de Produtores de Produtores de Agregados Pará Construção Civil) sind die staatlichen Behörden, welche die Daten zu Bausektor und Baumaterialien erheben und publizieren. Dabei werden unterschiedliche Erhebungs- und Schätzverfahren verwendet, die jenen in Weisz et al. (2007) diskutierten, recht ähnlich sind:

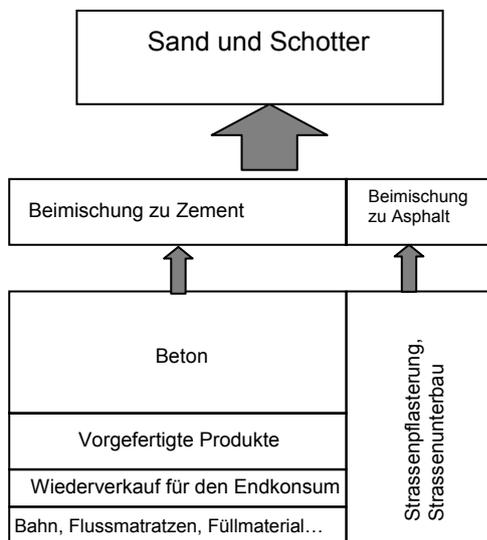
- 1) Errechnung des Materialverbrauchs via Beschäftigungsstatistiken in den entsprechenden Branchen (für jeden Bundesstaat)
- 2) Direkte Konsultation der extrahierenden Betriebe
- 3) Schätzung via Zementverbrauch:¹² Diese Schätzung ist in den Gründzügen jener von Weisz et al. 2007) sehr ähnlich. Es wird der Zementverbrauch als Basis für die Berechnung des Verbrauchs an Sand und Schotter verwendet.

¹¹ Der Unterschied in der Klassifizierung zwischen Sand und Schotter liegt in deren Größe, im deutschen Sprachraum regelt dies die DIN 4022. In den MFA Tabellen wird die in der Statistik des DNPM getroffene Unterscheidung zwischen rochas britadas (eng. crushed stone) und cascalho (eng. gravel) nicht vorgenommen. In dieser Arbeit wird crushed stone mit dem Begriff *gebrochene Mineralien*, und gravel mit *Schotter* übersetzt.

¹² Daten der SNIC (Sindicato Nacional da Indústria de Cimento) und ANEPAC

Der Unterschied liegt darin, dass der Straßenbau an die Tätigkeit im Hochbau gekoppelt ist, und beim Sand- und Schotterverbrauch folgende Verhältnisse zur Anwendung kommen (Abb. 4).

Abbildung 4: Erhebungsmethode für Sand und Schotter des DNPM



Legende: Die Größe der einzelnen Felder spiegelt die relativen Anteile der einzelnen Verbrauchskategorien wider.

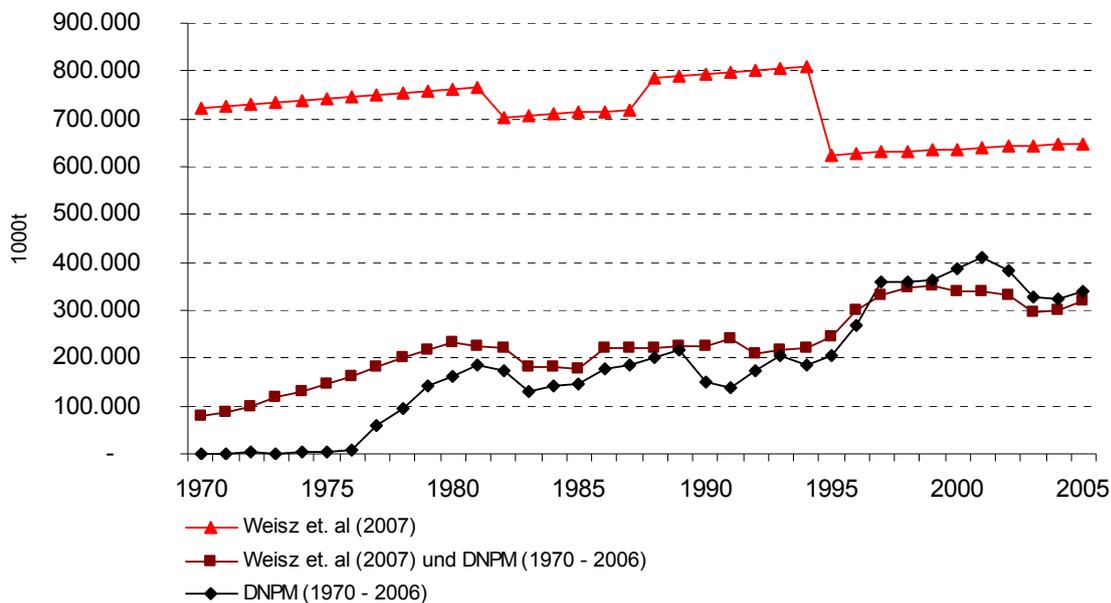
Quelle: Eigene Darstellung nach DNPM 2006, S. 39.

70% der gesamten Extraktion an Sand und Schotter wird Zement beigemischt, 30% wird für den Straßenbau verwendet. Eine detaillierte Verwendung von Sand und Schotter findet sich oben stehend in Abbildung 4.

Schätzverfahren der Baumaterialien nach Weisz et. al (2007)

Der wesentliche Unterschied in den Verfahren, die Weisz et. al. (2007) für die Schätzung des Verbrauchs an Baumaterial diskutieren, liegt im Materialverbrauch des Straßenbaus. Der Sand- und Schotterverbrauch wird über die Materialanforderungen pro Kilometer Straße berechnet. Dies kann auf Basis von Informationen zum Ausmaß neu gebauter und vorhandener (Erhaltung) Straßen und dem Materialverbrauch pro Kilometer für Neubau und Erhaltung geschätzt werden. Daten dazu finden sich in den statistischen Jahrbüchern des IBGE: Jedoch ist die Datenqualität für diesen Zeitraum ungenügend (Schaeffer, persönliche Kommunikation August 2008), wie auch Abbildung 5 zeigt.

Abbildung 5: Sand- und Schotterverbrauch - unterschiedliche Datenquellen und Berechnungsmethoden



Quelle: Eigene Darstellung nach DNPM (1971 – 2006a), Weisz et. al (2007)

Die Anwendung der Methode nach Weisz et. al (2007) zeigt aufgrund der mangelhaften Datenverfügbarkeit eine Kurve, die einen zwei bis dreimal so hohen Baumaterialverbrauch ausweist als die im DNPM (1971 – 2006a) angegebenen Daten. Weiters zeigen sich die drei Anstiege bzw. Einbrüche weder in den Daten des DNPM noch in jenen, die mit einer Kombination der Verfahren aus Weisz et. al (2007) und des DNPM (1971 – 2006a) geschätzt wurden. Letztere beide Kurven stimmen im Wesentlichen gut überein, nur von 1990 – 1993 und 2001 – 2003 zeigen sich Abweichungen.

Kombinierte Schätzmethode nach Weisz et. al (2004) und DNPM (2006a).

Aufgrund der guten Übereinstimmung beider Kurven wurden für die MFA die Daten des DNPM (1971 – 2006a) verwendet. Allein für die frühen 1970er Jahre sind die berichteten Daten sehr gering (unter 0,5 Tonnen / Kopf / Jahr) und wurde eine deutsche Untererfassung angenommen. Der Schätzzeitraum wurde von 1970 bis inklusive 1979 definiert und durch Schätzungen nach Weisz. et. al (2007) in der Zeitreihe ergänzt. Diese Schätzung wurde über den Zementverbrauch gerechnet, da diese berichteten Daten im Allgemeinen als sehr verlässlich eingeschätzt werden (Weisz et. al 2007). Untenstehende Verhältnisse kommen in der Berechnung zur Anwendung (Tab. 8).

Tabelle 8: Zusammensetzung von Beton

6 % Luft
11 % Portland Zement
41 % Schotter und gebrochene Mineralien
26 % Sand
16 % Wasser

Quelle: Weisz et al. (2007, S. 42-45)

Nach Tabelle 8 machen Sand, Schotter und gebrochene Mineralien 67 % von Beton aus, der Rest entfällt auf Luft, Wasser und Zement. Aus der Menge des verbrauchten Zements lässt sich so der Bedarf an Sand, Schotter und gebrochenen Mineralien berechnen (siehe unten). Sand, Schotter und gebrochene Mineralien werden aber zudem für Straßenbau verwendet.

Daher wurde ein Schätzverfahren gewählt, welches auf Angaben des DNPM im *Mineral Summary (2006b, S. 39)* zur Verwendung von Baumineralien beruht. Demnach werden 70% des Verbrauches an Sand, Schotter und gebrochenen Mineralien in der Betonproduktion und somit im Hoch- und Tiefbau verwendet, die restlichen 30 Prozent kommen im Straßenbau zum Einsatz. Der gesamte Verbrauch von Sand, Schotter und gebrochenen Mineralien wird wie folgt errechnet:

Formel 2: Berechnung von Sand, Schotter und Mineralien

Gesamtverbrauch an Sand, Schotter und gebrochene Mineralien = Bedarf für Betonproduktion / 0,7

2.2.5. Inländische Entnahme (DE) von fossilen Energieträgern

Kategorie A.4. der MFA Tabellen enthält sämtliche fossile Energieträger, diese sind Erdöl, Erdgas, Kohle (Stein- und Braunkohle) und Torf. Der Großteil dieser Rohstoffe wird, wie die Bezeichnung „Energieträger“ schon suggeriert, zur Bereitstellung von Energie verwendet. Dies zeigt sich auch darin, dass diese Materialien vorwiegend in energetischen Einheiten berichtet werden. Vor allem aus Erdöl wird in der petrochemischen Industrie eine Vielzahl weiterer Produkte hergestellt, die von synthetischen Materialien bis zu Produkten in der Pharmaindustrie reichen. Allerdings erscheint der Verbrauch von fossilen Energieträgern in Brasilien im Vergleich mit anderen Schwellenländern äußerst niedrig. Fossile Energieträger stellen nur rund 5% des inländischen Gesamtverbrauchs (DMC) dar, der Verbrauch an Kohle liegt im gesamten Zeitraum unter 20% des DMC an fossilen Energieträgern. Dies erklärt sich unter anderem dadurch, dass in Brasilien Ethanol als Substitut für Benzin, und Holzkohle anstatt Stein- und Braunkohle als Reduktionsmittel in der Stahlerzeugung verwendet werden.

Die Daten für die Entnahme von fossilen Energieträgern wurden aus der Datenbank der International Energy Agency entnommen (IEA 2007). Für Crosschecks wurden die Jahrbücher von AEB (IBGE 1971 - 2006), AMB (DNPM 1971 – 2006a) und die BEN (EPE 2006) als nationale, die Datenbank der UNICYS (UN 2007) als internationale Quelle verwendet. Bei den Vergleichen war besonders auf die unterschiedlichen Maßeinheiten und Erhebungszeitpunkte zu achten. Fossile Energieträger werden meist in *Tonnen Erdölequivalent, Joule* bzw. *Kalorien, Volumina* oder *BTU* berichtet. Bei Angaben in energetischen Einheiten ist darauf zu achten, ob Brutto- oder Nettobrennwerte berichtet werden. Für die Umrechnung in Tonnen wurden die Faktoren aus Tabelle 9 verwendet.¹³.

Tabelle 9: Umrechnungsfaktoren in metrische Tonnen

| Energieträger | Maßeinheit | Umrechnungsfaktor | Quelle |
|---------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Erdöl | Barrel | 1 Barrel = 0,136 Tonnen Rohöl | SIMETRIC |
| | Kubikmeter (m ³) | 1 m ³ = 0,89 toe | EPE (2006, S. 154) |
| | Kubikmeter (m ³) | 1 m ³ = 0,874 Tonnen | EPE (2006, S. 153) |
| | Tonnen Erdölequivalent (toe) | 1 toe = 1,02 t | EPE (2006, S. 153) |
| Erdgas | Terrajoule (TJ) | GCV: 38,753 MJ/kg | IEA, persönliche Kommunikation |

Eine sehr detaillierte Auflistung von Umrechnungsfaktoren findet sich in bei EPE (2006 S. 148 – 154). Die Umrechnungsfaktoren von Nettowerten (NCV) in Bruttobrennwerte (GCV) sind Haberl et al. (2006) entnommen (Tab. 10).

Tabelle 10: Umrechnungsfaktoren von NCV in GCV

| Energieträger | NCV | GCV |
|-------------------|-----|------|
| Erdöl | 1 | 1,06 |
| Erdgas | 1 | 1,11 |
| Steinkohle | 1 | 1,04 |
| Braunkohle | 1 | 1,19 |

Quelle: Haberl et al. (2006, S. 154)

Wie oben erwähnt, muss auch die Entnahme von fossilen Energieträgern den Systemgrenzen der MFA-Systematik entsprechen. Daher wird der Abraum nicht

¹³ Umrechnungsfaktoren zwischen Maßeinheiten variieren mit sich verändernden Energiegehalten der einzelnen fossilen Energieträger. Wo Faktoren vorhanden waren, wurde dies auch berücksichtigt. In allen anderen Fällen wurde ein konstanter Energiegehalt angenommen.

mitberechnet. Öle oder Gase, die nach der Gewinnung verbrannt oder wieder in die Lagerstätten zurückgeführt werden, werden ebenfalls von der Zählung ausgeschlossen. Dies war insbesondere bei den Daten von AEB und AMB ein Problem, da diese Flüsse in den berichteten Daten miteinbezogen, aber nicht separat ausgewiesen wurden. Die in der *Balanço Energético Nacional (EPE 2006)* berichteten Daten stimmten allerdings exakt mit jenen der IEA ein.

2.2.6. Außenhandel

Die Daten für den Außenhandel wurden aus der COMTRADE Datenbank der Vereinten Nationen (United Nations Statistical Division 2004 für die Jahre 1970 – 2003 und United Nations Statistical Division 2008 für die Jahre 2004 – 2005, Klassifikation nach SITC Rev. 1) entnommen. Diese enthält neben physischen auch monetäre Daten, wodurch eine Möglichkeit zur Plausibilitätsprüfung gegeben ist. Als eine weitere Quelle zur Überprüfung der Datenqualität wurde die statistische Datenbank der FAO verwendet (FAO 2005, 2007). Die monetären Daten der COMTRADE DB waren nahezu vollständig berichtet. Die physischen Daten wiesen teilweise Lücken in den berichteten Jahren auf, waren in abweichenden Einheiten berichtet (Karat, Stück) oder zeigten Auffälligkeiten in der Trendanalyse. Sofern bei fehlenden Daten Übereinstimmung in den Kategorien zu anderen Datenbanken gegeben war, wurden diese Daten in den Zeitreihen ergänzt. War dies nicht möglich, wurden die Daten durch Berechnung des durchschnittlichen Preises pro Tonne extrapoliert (jeweils 2 Jahre vor und nach den zu ergänzenden Jahren). Die Aggregation auf die Materialgruppen der MFA wurde nach Korrespondenztabelle des *Annex 3* im Weisz et. al (2007) beiliegenden *EW MFA Questionnaire* durchgeführt. Höher verarbeitete Produkte, die häufig aus unterschiedlichen Rohstoffen bestehen und daher nicht eindeutig einer MFA Materialgruppe zugerechnet werden konnten, wurden in einer eigenen Kategorie „andere Produkte“ klassifiziert.

2.3. EFA

Gesellschaftlicher Stoffwechsel besteht aus Material- und Energieflüssen, deren gemeinsame Analyse für ein klares Verständnis biophysischer Aspekte einer Gesellschaft notwendig ist (Haberl 2001a). Methodische Grundlage für diese Arbeit sind Arbeiten von Helmut Haberl, die 2001 beginnend im *journal of industrial ecology* veröffentlicht wurden, und sowohl eine methodische Anleitung als auch empirische Fallbeispiele beinhalten (Haberl 2001a, 2001b, 2002 und Haberl et al. 2006).

Material- und Energieflussanalysen

Energie wird für Extraktion und Transport von Materialien benötigt, kann aber auch dazu verwendet werden, mehr Material gesellschaftlich verfügbar zu machen. Der Einsatz von fossilen Energieträgern zur Steigerung von landwirtschaftlichen Erträgen ist ein Beispiel dafür. Andererseits kann ein erhöhter Materialeinsatz (Wärmedämmung) zu einer Verringerung des Durchsatzes an Energie benützt werden (Haberl 2001a).

Haberl (2001a) unterscheidet zwei unterschiedliche Materialgruppen, eine Gruppe wird zur Konstruktion und Aufrechterhaltung gesellschaftlicher Bestände (Gebäude,

Maschinen, Strassen etc.), die zweite aus energiereichen Materialien bestehende Gruppe wird zur Bereitstellung von Energie (Antriebskraft, Licht, Wärme, Ernährung etc.) verwendet.¹⁴ Diese Flüsse werden sowohl in Material- als auch Energieflussanalysen miteinbezogen. Andererseits gibt es Energieflüsse, die nur im Rahmen der EFA erhoben werden. Dies sind nukleare Energie, Außenhandel mit Strom, Energie aus erneuerbaren Energiequellen und Energie aus Wasserkraft.

Im Gegensatz zu MFA, die das physische Gewicht sämtlicher Materialflüsse in Tonnen aggregieren, erhebt EFA die Energiegehalte von sämtlichen Flüssen mit deren Bruttobrennwerten (Krausmann et al. 2004). Dadurch schlagen sich Materialien mit einer hohen Energiedichte in der EFA stärker nieder als in der MFA. Die Erhebung dieser Flüsse ermöglicht Zusammenhänge zwischen Energieversorgung, der Extraktion von energiereichen Materialien und deren Auswirkungen auf Landnutzung zu denken. Verringerungen des Energiedurchsatzes bzw. Veränderungen in der Energiematrix eines Landes zeigen in MFA und EFA unter Umständen andere Ergebnisse. Werden so beispielsweise fossile Energieträger (Benzin) durch biomassebasierte Energieträger (Ethanol aus Zuckerrohr) ersetzt, verschieben sich die relativen Anteile unterschiedlicher Energieträger in der EFA, die absolute Menge wird aber nicht erhöht. Der physische Durchsatz jedoch wird durch die geringere energetische Dichte von Zuckerrohr im Vergleich mit Erdöl erhöht und der Druck auf terrestrische Ökosysteme nimmt zu. Andererseits schlägt sich eine Veränderung des Verbrauchs an Mineralien und Erzen nur in der MFA, nicht jedoch in der EFA nieder.¹⁵

Systemgrenzen

Energieflussanalysen erfassen das gesamte Primärenergieaufkommen einer Gesellschaft (Haberl 2001a) und somit auch jene Flüsse, die in konventionellen Energiestatistiken nicht berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass die gesamte Biomasse mit einbezogen wird. Zusätzlich also zu Biomasse, die für die Bereitstellung von Antriebskraft oder Wärme verwendet wird (zB. Ethanol oder Brennholz), wird auch Biomasse für die Aufrechterhaltung des Viehbestandes und die menschliche Ernährung erhoben. Diese traditionellen Energieträger stellen in Brasilien vor allem aufgrund des hohen Viehbestandes einen beträchtlichen Anteil am Gesamtenergieinput dar. Zudem wird noch die nicht energetisch genutzte Biomasse in der EFA mit einbezogen. Die sind zum Beispiel Bauholz oder Faserstoffe wie Baumwolle. Jute oder Sisalhanf.

Für EFA gelten dieselben Systemgrenzen wie für die MFA; d.h. Flüsse wie zum Beispiel die Energie aus Sonneinstrahlung¹⁶ oder die Energiegehalte von Milch und

¹⁴ Diese Unterscheidung ist nicht trennscharf, da energiereiche Materialien auch für die Aufrechterhaltung gesellschaftlicher Bestände verwendet werden (Holz für Hoch- und Tiefbau oder Möbel).

¹⁵ Allerdings können sich Veränderungen im Verbrauch an mineralischen Rohstoffen indirekt in der EFA niederschlagen, da die Entnahme und Verarbeitung von Mineralien und Erzen im Inland mit erheblichem Energieverbrauch verbunden sein kann.

¹⁶ ... zur Produktion von Biomasse durch Photosynthese. Diese energetischen Flüsse werden adäquat mit dem Konzept HANPP (human appropriation of net primary production) umschrieben. Vergleiche dazu die Arbeiten von Haberl (Haberl et al. 2004; Haberl et al. 2007)

Fleisch werden nicht in die EFA miteinbezogen, da sie außerhalb der Systemgrenzen liegen.

Datenquellen

Die einzelnen Daten für die EFA wurden, soweit bereits in der MFA erhoben, von dieser entnommen und in energetische Einheiten umgerechnet. Jene energetischen Flüsse, die für eine MFA keine Relevanz haben, wurden zusätzlich erhoben. Tabelle 11 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Energieträger die in der EFA Berücksichtigung finden und die dafür verwendeten Quellen.

Tabelle 11: Datenkategorien und Quellen für die EFA

| Kategorie | Unterkategorie | Datenquelle |
|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| Biomasse | Haupternteprodukte | MFA |
| | Erntenebenprodukte | MFA |
| | Futter für Nutztiere | MFA |
| | Holz | MFA, EPE (2006) |
| | Fisch und Meeresfrüchte | MFA |
| | Technisch genutzte Biomasse | IEA (2007), EPE (2006) |
| Fossile Energieträger | | IEA (2007) |
| HRE | Hydro | IEA (2007) |
| | Geothermal | IEA (2007) |
| | Solar / Wind / Other | IEA (2007) |
| Nuklear | | IEA (2007) |

Die Daten der IEA Datenbank (2007) wurden mit jenen der BEN (EPE 2006) verglichen, und zeigten eine hervorragende Übereinstimmung. Abweichungen bewegten sich im Bereich von maximal +/- 1 Prozent. Es wurden somit aufgrund der digitalen Verfügbarkeit der IEA Datenbank diese Daten gegenüber jenen der BEN bevorzugt (Letztere liegen nur in gedruckter Form vor). Eine detaillierte Beschreibung von Konversionsverfahren und verwendeten Faktoren findet sich gegliedert nach Hauptenergieträgern im folgenden Abschnitt.

2.3.1. HRE und Nuklearenergie

Die Kategorie HRE (Hydropower, noncombustible renewable energy, and imported/exported electricity) setzt sich aus Flüssen zusammen, die in der MFA nicht erfasst werden. Für Brasilien beinhaltet diese Kategorie Wind- und Solarenergie, Wasserkraft, geothermische Energie und Elektrizität. Gesetzt dem Fall dass die Primärenergie zur Produktion von Elektrizität verwendet wird, wird eine Konversionseffizienz von 100% angenommen. Für geothermische Energie wurde eine niedrigere Konversionseffizienz von 10% berechnet (Haberl et. al 2006, S. 155).

Daten für die Produktion von Nuklearenergie wurden aus der IEA Datenbank (IEA 2007) verwendet. Hierbei wird übereinstimmend mit den Umrechnungsfaktoren von UN und IEA eine Konversionseffizienz von 33% angenommen (Haberl et. al 2006, S. 155).

2.3.2. Biomasse

Die Daten für Biomasse wurden aus der Kategorie A.1. Biomasse der MFA Tabelle übernommen. Diese Daten sind in Tonnen pro Jahr berichtet und müssen durch Multiplikation mit geeigneten Faktoren in energetische Einheiten (hierfür wurden Megajoule / Kilogramm verwendet) umgerechnet werden. Der EFA-Methodologie entsprechend werden die Bruttobrennwerte verwendet, bei der Kategorie Biomasse wird ein Umrechnungsfaktor von 1 : 1,10 (NCV in GCV) verwendet (Haberl et. al 2006, S. 154).

Umrechnung von Frischgewicht in GCV

Bei der Umrechnung von Masse- in Energieeinheiten muss beachtet werden, dass der Energiegehalt pro Masseinheit unter anderem vom Wassergehalt abhängig ist. Gemäß MFA Konventionen werden die Erntefrüchte mit dem Frischgewicht erhoben, woraus jeweils ein spezifischer Energiegehalt resultiert. Die unterschiedlichen Wassergehalte der Haupternteerzeugnisse wie sie von der FAO Datenbank in die MFA übernommen wurden, müssen zuerst auf die Trockengewichte gerechnet werden, um sie anschließend in Energieeinheiten konvertieren zu können. Die Angaben zum Wassergehalt von Biomasseprodukten und ihrem Bruttobrennwert stammen aus Haberl (1994, 1995). Trotz des sehr detaillierten Faktorensatzes waren keine Faktoren für die Kategorien *other cereals, canola und soy beans* angegeben. Hier wurde ein Wassergehalt von 14 %, 10 % und 10 % Wassergehalt angenommen. Für die Konversion von Tonnen in TJ kam folgende Formel zur Anwendung (Formel 3):

Formel 3: Konversion von Megatonnen (1000t) in Terrajoule (TJ)

$$\text{Biomasse (TJ)} = \text{Biomasse (1000t)} * \left(\frac{100 - \text{Wassergehalt in \%}}{100} \right) * (\text{MJ/kg (dry matter)})$$

Datenkategorisierung

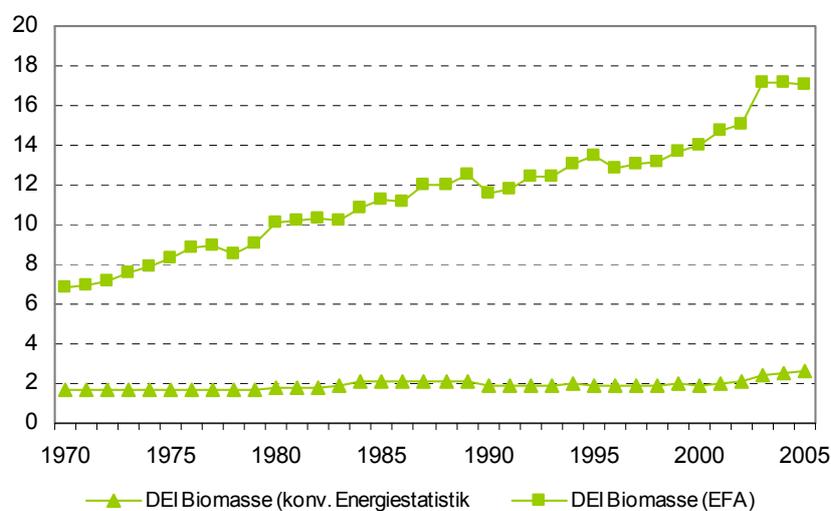
Grundsätzlich wurden die Biomassedaten nach deren Kategorisierung in den MFA Tabellen übernommen. Da die technisch genutzte Biomasse (Feuerholz und Zuckerrohr zur Ethanolproduktion) in der EFA in einer separaten Kategorie ausgewiesen wird, muss dieser Anteil von den Feldfrüchten (Zuckerrohr) und Holz (Feuerholz) subtrahiert werden. Die Balanço Energético Nacional (EPE 2006) weist die Anteile von Zuckerrohr zur Ethanolproduktion sowie Feuerholz separat aus, wodurch diese den entsprechenden Datenkategorien zugeordnet werden können.

2.3.3. Energieflussrechnung und konventionelle Energiestatistik am Beispiel Biomasse

Der wesentliche Unterschied zwischen den Systemgrenzen von konventioneller Energiestatistik und jenen der Energieflussrechnung wie sie im Rahmen dieser Arbeit

verwendet wurde (Haberl 2001a; 2001b; 2002 und Haberl et. al 2006) liegt darin, dass im Zuge einer EFA sämtliche direkt für sozioökonomische Prozesse verwendete Energie berücksichtigt wird (Haberl et. al 2004). Dies sind neben der Biomasse für technische Zwecke (Zur Erzeugung von Wärme oder mechanischer Energie), auch alle anderen Materialien biologischen Ursprungs, die für die Aufrechterhaltung von Viehbestand und menschlicher Population genutzt werden (Ernährung, Futter, Bauholz...). Abbildung 6 zeigt den Unterschied des jährlichen Inputs an Biomasse in die Ökonomie Brasiliens zwischen konventioneller Energiestatistik und EFA.

Abbildung 6: Vergleich DEI Biomasse zwischen konventioneller Energieflussrechnung und EFA von 1970 – 2005



Legende: Daten in EJ / Jahr GCV

Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus IEA (2007) und MFA

Der Anteil von Biomasse am gesamten Primärenergieinput (DEI) in der konventionellen Energiestatistik, welcher sich im Wesentlichen aus Feuerholz und Zuckerrohrprodukten zusammensetzt, zeigt über den gesamten Zeitverlauf hindurch einen relativ stabilen Wachstumstrend von 1.8 auf 2.2 EJ / Jahr (GCV), wobei in den letzten fünf Jahren des Erhebungszeitraums die Wachstumsraten auf ca. 10% pro Jahr ansteigen. Der Trend über den gesamten Zeitraum ist Ergebnis eines stetig sinkenden Anteils von Feuerholz (von rund 90% auf 47%) und eines starken Anstiegs des Anteils von Zuckerrohrprodukten (von 10% auf 52%) am gesamten Primärenergieaufkommen aus Biomasse.

Die Kurve für die Biomasse nach EFA Berechnungen weist gegenüber der konventionellen Energiestatistik einen stärker ausgeprägten Aufwärtstrend aus. So erhöhte sich hier der Wert von 6,8 EJ (1970) auf 17 EJ (2005) um das 2,5fache und liegt am Ende des Erhebungszeitraums um das 8fache höher als der Wert der konventionellen Energiestatistik. Eine genaue Analyse dieser Entwicklung sowie ein Vergleich mit anderen Ländern befinden sich im Ergebnisteil.

2.3.4. Fossile Energieträger

Fossile Energieträger sind in industrialisierten Ländern die primäre Ressource zur Bereitstellung technischer Energie. Die Internationale Energiebehörde (IEA) erhebt den Verbrauch von Kohle, Öl, Gas und Torf jährlich, und berichtet diese Daten in Tonnen Erdölequivalent (NCV). Die Faktoren zur Umrechnung von NCV in GCV finden sich in Tabelle 10. Weiters wurde für die Konversion von Tonnen Erdölequivalent in Terrajoule (TJ) ein Faktor von 1 toe = 41,868 TJ verwendet (EPE 2006, S. 153).

2.3.5. Außenhandel

Die Daten für den Außenhandel wurden aus den gleichen Quellen wie für MFA verwendet, entnommen. Außenhandel mit fossilen Energieträgern und Elektrizität aus der IEA Datenbank (IEA 2007), Biomasse aus der MFA auf Basis von UN COMTRADE Daten (United Nations Statistical Division 2004, 2008). Um die Vergleichbarkeit der Außenhandelsdaten zwischen einer Darstellung in deren Gewicht bzw. Energiegehalt zu bewahren, wurden trotz fehlender Angaben zu den Wassergehalten die COMTRADE Daten verwendet. Diese Wassergehalte stammen aus der FAO Datenbank (FAO 2007). Die Kategorisierungen zwischen diesen beiden Datenbanken stimmen jedoch in der Regel gut überein, in nicht eindeutigen Kategorien wurden Durchschnittswerte aus mehreren Kategorien der FAO Datenbank verwendet. Nach der Berechnung des Trockengewichts auf Basis dieser Faktoren wurde oben stehende Formel für die Konversion in energetische Einheiten herangezogen. Diese Faktoren für den Energiegehalt stammen aus Haberl (1994, 1995).

3. Ergebnisse

In diesem Teil der Arbeit werden die Ergebnisse von Material- und Energieflussrechnung anhand von extensiven und intensiven Indikatoren präsentiert. Extensiv bedeutet, dass diese Indikatoren die absolute Größe einzelner Flüsse messen, das Ausmaß dieser Indikatoren variiert mit der Größe des betrachteten Systems (Weisz et al. 2007). Intensive Indikatoren sind hingegen unabhängig von der Größe eines Systems und eignen sich für Vergleiche zwischen verschiedenen Systemen, etwa unterschiedlichen Ländern. Extensive MEFA-Indikatoren (etwa DMC oder DEC) können mittels Division durch Bevölkerung, BIP oder Landesfläche so standardisiert werden, dass sie international verglichen werden können. Dieser Abschnitt der Arbeit ist deskriptiv gehalten und verschafft einen Überblick über die Ergebnisse nach Material- und Energieflussrechnung getrennt. Beide Kapitel beginnen mit einer kurzen Beschreibung der verwendeten Indikatoren. Anschließend werden DMI und DMC bzw. DEI und DEC, sowie die Indikatoren für den Außenhandel dargestellt.

3.1. Materialflussanalyse - MFA

Der stoffliche Metabolismus der Ökonomie Brasiliens wird in der Folge mit vier standardisierten Indikatoren beschrieben (González 2008, S. 62):

Inländische Entnahme (Domestic Extraction -DE): Alle auf dem eigenen Territorium entnommenen Rohmaterialien

Physische Außenhandelsbilanz (physical trade balance – PTB): $PTB = \text{Importe} - \text{Exporte}$; diese zeigt, ob ein Land ein physischer Netto-Importeur oder Netto-Exporteur von physischen Ressourcen ist.

Direkter Materialinput (Direct Material Input – DMI): $DMI = DE + \text{Importe}$; alle Rohstoffe, Halb- und Fertigwaren die eine Ökonomie zum weiteren Gebrauch verwendet

Inländischer Materialverbrauch (Domestic Material Consumption – DMC): $DMC = DMI - \text{Exporte}$; Apparent Consumption, alle Materialien, die in einem Land verbraucht werden. Der DMC entspricht dem inländischen Abfallpotential (Weisz et al. 2006)

3.1.1. Inländische Entnahme von Materialien

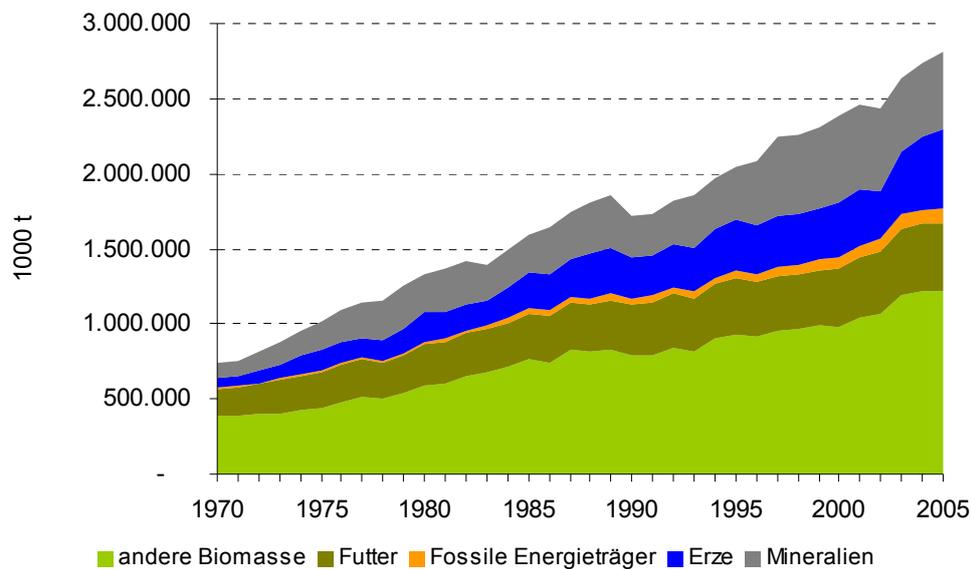
Die Inländische Entnahme (DE) beschreibt das Ausmaß der stofflich-materiellen Entnahmen vom nationalstaatlichen Territorium. Die Höhe der DE hängt mit der Größe eines Landes, der Ausstattung mit natürlichen Ressourcen und der Bevölkerungsdichte zusammen. Brasilien verfügt aufgrund der großen Landesfläche und der geringen Bevölkerungsdichte über ein hohes Extraktionspotential an erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen.

Trotz der seit 1970 häufig auftretenden ökonomisch-politischen Turbulenzen hat sich die inländische Entnahme im beobachteten Zeitraum von 35 Jahren von 733 Millionen Tonnen (1970) auf 2.838 Millionen Tonnen (2005) rund vervierfacht. Pro Kopf und Jahr stieg die DE von 7,6 auf 15,2 Tonnen, sie hat sich also verdoppelt. Dies bedeutet, dass die Hälfte des Wachstums der inländischen Entnahme durch Bevölkerungswachstum erklärt werden kann. Vergleicht man die DE von Brasilien mit anderen lateinamerikanischen Ländern, so ist sie in etwa so hoch wie jene Argentiniens (16,3t) und Perus (15,6t), im Vergleich mit den EU-15 liegt die inländische Entnahme etwas höher (Weisz 2004). Die inländische Entnahme bezogen auf die Gesamtfläche lag 1970 bei 0,8t/ha und Jahr und hat sich bis 2005 auf 3,3t/ha und Jahr erhöht.

Die Zusammensetzung der DE aus den einzelnen Kategorien Biomasse, fossile Energieträger, metallische Erze und nicht-metallische Mineralien zeigt eine relative Zunahme der drei letztgenannten Kategorien (Abb. 7). Obwohl Biomasse den gesamten Zeitraum hindurch absolut die größte Fraktion darstellt, so verliert sie dennoch im Verhältnis zu fossilen Energieträgern, metallischen Erzen und nicht-metallischen Mineralien an Bedeutung. Waren 1970 noch 79,9% der gesamten DE Biomasse, so schrumpfte deren Anteil 2005 auf 58,9% (Tab. 12). Im Vergleich mit

anderen Schwellenländern ist dies dennoch ein sehr hoher Anteil. Grund dafür sind im Wesentlichen die große Bedeutung der Landwirtschaft und insbesondere der Viehwirtschaft in Brasilien, deren Futterbedarf zwischen einem Drittel (1970) bzw. einem Viertel (2005) der gesamten inländischen Biomasseextraktion ausmacht. Dieser relative Rückgang liegt am stärker ausgeprägtem Wachstum der Feldfruchternte, die sich im Erhebungszeitraum um den Faktor Vier erhöhte. Bei der Feldfruchternte dominiert der Anteil von so genannten „cash crops“, zum Export bestimmte Feldfrüchte wie z.B. Soja, Zuckerrohr und Orangen. Die Nebenprodukte wie Stroh oder Bagasse dienen als Einstreu oder finden in der Energieerzeugung (bei der Verarbeitung von Zuckerrohr zu Ethanol) Verwendung. Holz wird zu einem großen Teil für die Energiegewinnung im landwirtschaftlichen Sektor und in der Eisen verarbeitenden Industrie verwendet (Eine graphische Darstellung für die Extraktion von Holz zur Produktion von Holzkohle und Feuerholz findet sich bei Uhlig 2008, S. 19).

Abbildung 7: Inländische Entnahme (DE) von 1970 – 2005



Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 12: Veränderung in der Zusammensetzung der inländischen Materialentnahme (DE)

| | | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2005 |
|--------------------------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Biomasse | [Mio t] | 567 | 867 | 1129 | 1366 | 1672 |
| <i>Feldfrüchte</i> | | 26,75 % | 27,92% | 33,06 % | 34,33 % | 35,84 % |
| <i>Erntenebenprodukte</i> | | 21,01 % | 22,52% | 21,13 % | 21,74 % | 22,67 % |
| <i>Futter</i> | | 32,40 % | 31,65% | 29,87 % | 27,97 % | 27,35 % |
| <i>Holz</i> | | 19,74 % | 17,82% | 15,89 % | 15,91 % | 14,09 % |
| Mineralische Erze | [Mio t] | 66 | 194 | 273 | 363 | 526 |
| <i>eisenhaltige Erze</i> | | 55,1 % | 72,0 % | 78,0 % | 75,5 % | 71,5 % |
| <i>nicht-eisenhaltige Erze</i> | | 44,9 % | 28,0 % | 22,0 % | 24,5 % | 28,5 % |
| Mineralien | [Mio t] | 100 | 250 | 281 | 572 | 511 |
| <i>Baumaterialien</i> | | 97,3 % | 90,7 % | 88,7 % | 92,5 % | 89,8 % |
| <i>Industriemineralien</i> | | 2,7 % | 9,3 % | 11,3 % | 7,5 % | 10,2 % |
| Fossile Energieträger | [Mio t] | 11 | 16 | 41 | 78 | 103 |
| <i>Kohle</i> | | 21,5 % | 33,8 % | 11,2 % | 8,6 % | 6,1 % |
| <i>Öl</i> | | 77,1 % | 59,8 % | 79,2 % | 82,2 % | 83,1 % |
| <i>Gas</i> | | 1,4 % | 6,4 % | 9,5 % | 9,2 % | 10,8 % |

Legende: die Prozentanteile beziehen sich auf die entsprechende Materialgruppe (Biomasse, Mineralische Erze, Mineralien, Fossile Energieträger)

Quelle: eigene Berechnungen

Neben dem Reichtum an Biomasse ist Brasilien ein wichtiger Produzent (und Exporteur) von metallischen und nicht-metallischen Mineralien: In Brasilien werden weltweit der größte Anteil von Niobium und der zweitgrößte Anteil von Eisen, Aluminium, Mangan und Tantalum produziert (DNPM 2006b, S. 23). Die Extraktion von mineralischen Erzen hat sich im Erhebungszeitraum nahezu verzehnfacht und liegt im Jahr 2005 bei knapp 20% der gesamten DE (Tab. 12). Dieses Wachstum ist überwiegend durch den Anstieg der Extraktion von Eisenerzen bedingt, welche von 36 Millionen Tonnen (1970) auf 376 Millionen Tonnen (2005) erhöht wurde. Rund zwei Drittel davon werden in Mienen der *Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)*, eines der größten Bergbauunternehmen der Welt, extrahiert und weiterverarbeitet. Die Extraktion von Bauxit, das den größten Anteil bei nicht-eisenhaltigen Mineral ausmacht, stieg im Erhebungszeitraum sogar um das 60fache an, von einer halben Million auf 31 Millionen Tonnen. Rund 82 % der gesamten Extraktion konzentrieren sich in einem Zusammenschluss weniger Minen, wobei der größte Anteil (40%) oben genannter *CVRD* gehört.

Die Entnahme von nicht metallischen Mineralien fällt für Brasilien nicht sosehr ins Gewicht, wie aufgrund vergleichbarer Zahlen für andere Schwellenländer zu erwarten gewesen wäre. Der Anteil an der gesamten DE liegt im Erhebungszeitraum um 20%, wobei Massenmineralien für den Bausektor über 90% ausmachen. In absoluten Zahlen wurde die Extraktion im Erhebungszeitraum von 96 Millionen Tonnen (1970) auf 453 Millionen Tonnen (2005) erhöht. Dies bedeutet einen pro Kopf Wert von 2,5t für 2005 und liegt im selben Jahr damit etwas höher als der Wert

in Argentinien (1,9t), jedoch weit unter dem Verbrauch von Mexiko (6,1t für das Jahr 2003) oder dem europäischen Durchschnitt von 6,6t (Daten für Argentinien und EU-15 aus socec Database, Mexiko aus Gonzalez-Martinez und Schandl 2008). Dies liegt zum Teil daran, dass ein Großteil der Verkehrsinfrastruktur aus wenig befestigten und nicht (oder nur sehr dünn) asphaltierten Strassen besteht. Aber auch eine gewisse Unterschätzung der Entnahme von Baumaterialien aufgrund des bereits erwähnten hohen Anteils informeller Tätigkeit im Bausektor trägt dazu bei.

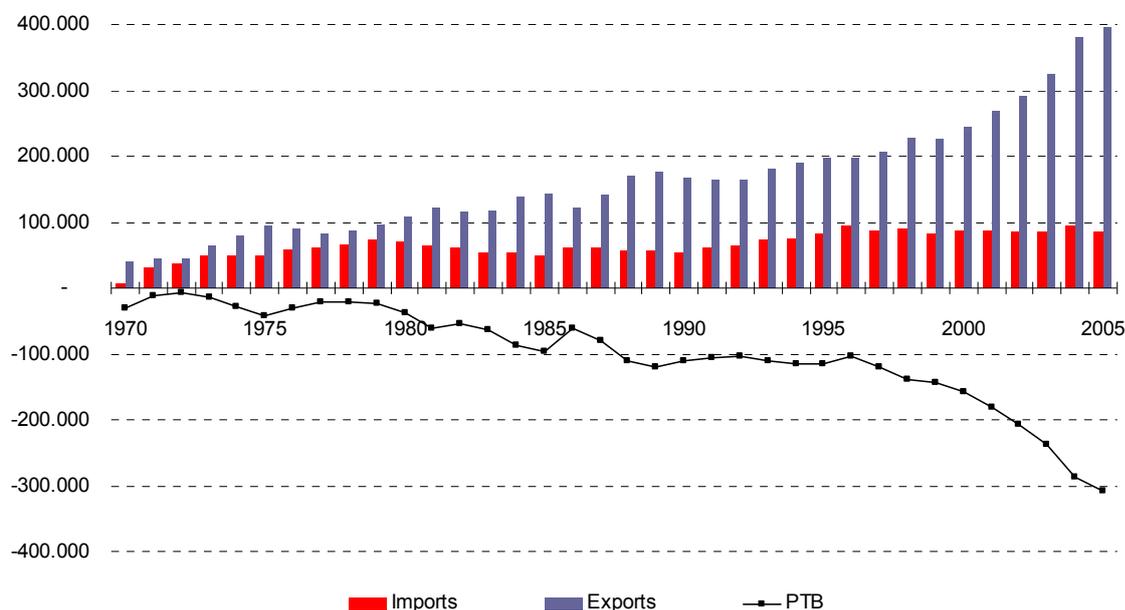
Der Anteil fossiler Energieträger an der inländischen Extraktion erhöhte sich von 1,5% auf 3,7%, wobei ein relativer Rückgang von Kohle und ein Anstieg von Öl und Gasextraktion festzustellen ist. Dieser Übergang auf höherwertige fossile Energieträger zeigt sich auch auf globaler Ebene und ist eng mit Industrialisierungsprozessen gekoppelt (Krausmann et al. 2009). Die niedrige Rate bei der DE von fossilen Energieträgern hat zur Folge, dass Öl und Gas importiert werden müssen. Der Außenhandel wird im folgenden Abschnitt diskutiert.

3.1.2. Der physische Außenhandel Brasiliens

Bevor nun ergänzend zur inländischen Entnahme auch der Verbrauch von Materialien beschrieben wird, ist es notwendig auf den Außenhandel Brasiliens näher einzugehen (Abb. 8). Die Exporte stiegen im Erhebungszeitraum zwischen 1970 und 2005 von 44 Millionen Tonnen auf 394 Millionen Tonnen. Mitte der 1970er, 1980er und am Beginn der 1990er Jahre zeigen sich Stagnationsphasen bzw. Einbrüche in den Exporten, welche im Wesentlichen auf die Exportdynamik von Eisen(produkten) zurückzuführen sind. Seit 1992 erhöhen sich die Exporte mit jährlichen Wachstumsraten von durchschnittlich 7%.

Die Dynamik bei den Importen ist weniger ausgeprägt als bei den Exporten. Die Importe stiegen im Erhebungszeitraum zwischen 1971 und 2005 von 31 Millionen Tonnen auf 85 Millionen Tonnen, wobei kein stetiger Wachstumstrend festzustellen ist. Einer Phase raschen Wachstums in den 1970er Jahren folgte eine Verringerung der Gesamtimporte bzw. Stagnation in den 1980er Jahren. Ab den 1990er Jahren nahmen die Importe wieder zu und stabilisierten sich ab 1996 auf einem Niveau von ca. 90 Millionen Tonnen.

Abbildung 8: Physische Importe und Exporte von 1970 – 2005



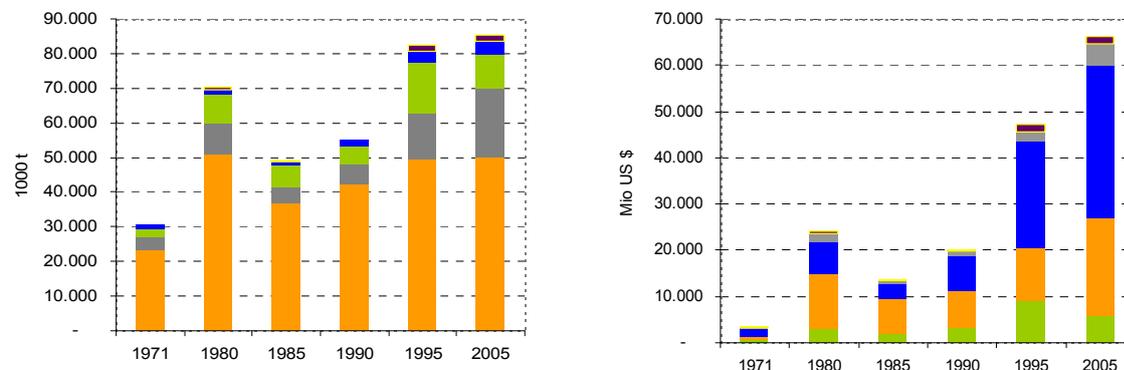
Legende: Darstellung in 1000 t, PTB = Importe - Exporte
Quelle: eigene Berechnungen

Durch den gesamten Zeitraum hindurch wurde in Masseinheiten mehr exportiert als importiert. Zudem weitete sich der Unterschied zwischen Im- und Exporten im Erhebungszeitraum aus, das Verhältnis von importierter zu exportierter Masse stieg von 1:1,42 (1971) auf 1:4,63 (2005). Dieses Verhältnis von Importen zu Exporten zeigt sich in der physischen Handelsbilanz (Weisz et al. 2007). Ist die Bilanz negativ, so exportiert ein Land mehr als es importiert. Brasilien ist im gesamten Erhebungszeitraum ein Netto-Exporteur von Rohstoffen, Halb- und Fertigwaren. Dieses Muster des physischen Außenhandels entspricht auch jenen von Australien, Kanada, Argentinien oder Venezuela, die allesamt Exporteure von natürlichen Ressourcen sind (Eisenmenger 2008). Eine ausführliche Analyse der mit dem Außenhandel verbundenen Politiken, sowie ein Vergleich zwischen materiellen, energetischen und monetären Bilanzen befinden sich im anschließenden Diskussionsteil dieser Arbeit.

3.1.3. Importe

Betrachtet man die Importe hinsichtlich ihrer Zusammensetzung aus den verschiedenen Materialkategorien, so zeigt sich den gesamten Zeitraum hindurch eine Dominanz fossiler Energieträger (Abb. 9 und Tab. 13). Diese Materialkategorie überwiegt in Masseinheiten sowohl absolut als auch relativ (als größte Einzelkategorie) bei den Importen, wobei der relative Anteil von 78,6% (1975) auf 58,9% (2005) fällt. Insgesamt zeigt sich eine Diversifizierung der Importe bis 2005.

Abbildung 9: Zusammensetzung der (a) physischen und (b) monetären Importe Brasiliens



(a) (b)
 ■ Fossile Energieträger ■ Mineralien ■ Biomasse ■ Erze ■ andere Produkte
 Legende: Darstellung 1000 t (physische Importe) und Mio US \$ konstante 1990 Preise (monetäre Importe)
 Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 13: Veränderung in der Zusammensetzung der physischen Importe

| | | 1971 | 1980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2005 |
|---------------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Importe (Gesamt) | [1000 t] | 31.001 | 70.165 | 48.984 | 55.272 | 82.413 | 85.176 |
| | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Biomasse | [1000 t] | 2.665 | 8.404 | 6.021 | 5.142 | 14.647 | 9.582 |
| <i>Feldfrüchte</i> | | 7% | 11% | 11% | 8% | 16% | 10% |
| <i>andere Biomasse</i> | | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 1% |
| Erze | [1000 t] | 1.211 | 1.560 | 1.328 | 1.701 | 3.458 | 3.938 |
| <i>Erze</i> | | 4% | 2% | 3% | 3% | 4% | 5% |
| Mineralien | [1000 t] | 3.642 | 8.973 | 4.407 | 6.037 | 13.239 | 19.859 |
| <i>Düngemineralien</i> | | 9% | 9% | 7% | 7% | 8% | 17% |
| <i>andere Mineralien</i> | | 3% | 4% | 2% | 3% | 8% | 6% |
| Fossile Energieträger | [1000 t] | 23.241 | 50.770 | 37.092 | 42.163 | 49.429 | 50.168 |
| <i>Öl und Gas und andere Produkte</i> | | 70% | 66% | 59% | 58% | 46% | 43% |
| <i>Kohle</i> | | 5% | 6% | 16% | 18% | 14% | 16% |
| Andere Produkte | [1000 t] | 242 | 458 | 136 | 228 | 1.640 | 1.629 |
| <i>Andere Produkte</i> | | 1% | 1% | 0% | 0% | 2% | 2% |

Legende: Die Prozentanteile beziehen sich auf die gesamten Importe
 Quelle: eigene Berechnungen

Der Importanteil von Öl, Gas und Produkten aus fossilen Energieträgern prägt über den gesamten Erhebungszeitraum Ausmaß und Struktur der gesamten Importe. Abbildung 9a zeigt eine Verdoppelung dieser Materialgruppe zwischen 1971 und 1980. Bis 1985 fällt dieser Anteil aufgrund implementierter Politiken zur Reduktion der Abhängigkeit von ausländischen Öl- und Gasimporten. Ab 1985 steigen diese

Importe wieder, wobei die Wachstumsdynamik ab 1995 zum Erliegen kommt. Grund für den stagnierenden Trend (bei einem Anstieg des nationalen Verbrauchs) ist u.a. die Ausweitung der inländischen Öl- und Gasförderung durch den semistaatlichen Ölkonzern PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S.A).

Die Importe von Mineralien stiegen von 1975 bis 2005 rund um das Fünffache an. Dieser Trend liegt an der Zunahme von Chemikalien- und Düngematerialienimporten, die im gesamten Zeitraum rund drei Viertel der gesamten Mineralimporte ausmachen. Düngematerialien werden vor allem für die intensive Produktion von Monokulturen (zum Beispiel Soja) auf den nährstoffarmen Böden des Cerrado benötigt. Diese Inputs sind Kalk, Phosphor und Stickstoff (Grenz et al. 2007). 2005 wurden pro Hektar Agrarfläche 36 Kg Reinnährstoff an Phosphor und Stickstoff importiert (Eigene Berechnung auf Basis von FAO 2007 und IBGE 2006).

Weiters fällt das interessante Faktum auf, dass ein dünn besiedeltes Land wie Brasilien mit einem großen, exportorientierten Agrarsektor und riesigen Waldflächen, zwischen 1975 und 2005 immerhin 2 Mio t respektive 10 Mio t Biomasse importiert. Dies sind vor allem Importe von ungemahlten Weizensorten. Bedingt durch die klimatischen Verhältnisse in Brasilien kann der im Vergleich zum Sommerweizen¹⁷ weitaus ertragreichere Winterweizen nicht angebaut werden, da er für die Vernalisation Temperaturen unter null Grad Celsius braucht.

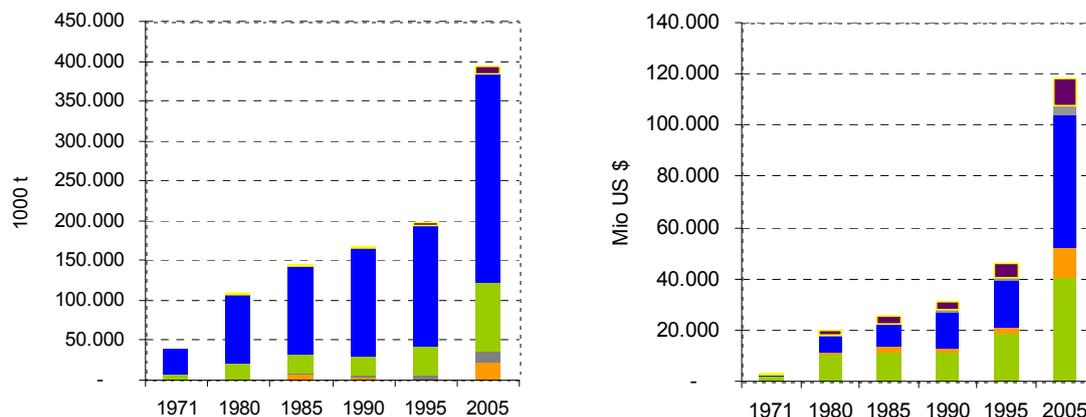
Abbildung 9b zeigt die Importe in US Dollar (1990 konstante Preise). Von 1970 bis 1990 wurden die meisten Devisen für Importe an fossilen Energieträgern bzw. Raffinerieprodukten benötigt, die letzten fünfzehn Jahre wurde zunehmend mehr Kapital für Importe an metallischen Erzen und deren Derivate verbraucht. Dies waren und sind vor allem technologieintensive Produkte wie unterschiedliche Maschinen und Kraftfahrzeuge.

¹⁷ Sommerweizen wird in geringen Mengen in den ländlichen Regionen des Nordostens gepflanzt.

3.1.4. Exporte

Die Zusammensetzung der Exporte unterscheidet sich sehr grundsätzlich von jener der Importe (Abb. 10 und Tab. 14).

Abbildung 10: Zusammensetzung der (a) physischen und (b) monetären Exporte Brasiliens



(a) (b)
■ Fossile Energieträger ■ Mineralien ■ Biomasse ■ Erze ■ andere Produkte

Legende: 1000 t (physische Exporte) und Mio US \$ konstante 1990 Preise (monetäre Exporte)

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 14: Veränderung in der Zusammensetzung der physischen Exporte

| | | 1971 | 1.980 | 1985 | 1990 | 1995 | 2005 |
|--------------------------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Exporte (Gesamt) | [1000t] | 43.726 | 108.837 | 144.452 | 166.720 | 198.303 | 394.277 |
| | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Biomasse | [1000 t] | 8.501 | 18.497 | 24.175 | 23.804 | 35.411 | 87.734 |
| <i>Zucker- und ölhältige</i> | | | | | | | |
| <i>Feldfrüchte, Tierfutter</i> | | 8% | 12% | 12% | 10% | 12% | 14% |
| <i>andere Biomasse</i> | | 12% | 6% | 5% | 5% | 65 | 8% |
| Erze | [1000 t] | 33.310 | 86.369 | 109.711 | 134.954 | 152.035 | 260.113 |
| <i>Eisenerze, Konzentrate</i> | | | | | | | |
| <i>Eisen und Stahl</i> | | 72% | 75% | 72% | 76% | 72% | 62% |
| <i>andere Erze</i> | | 4% | 4% | 4% | 5% | 5% | 4% |
| Mineralien | [1000 t] | 175 | 1.269 | 1.356 | 2.119 | 3.624 | 12.126 |
| <i>Mineralien</i> | | 0% | 1% | 1% | 1% | 2% | 3% |
| Fossile Energieträger | [1000 t] | 926 | 1.244 | 7.119 | 3.982 | 2.796 | 23.296 |
| <i>Öl und Gas und</i> | | | | | | | |
| <i>andere Produkte</i> | | 2% | 1% | 5% | 2% | 1% | 6% |
| <i>Kohle</i> | | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Andere Produkte | [1000 t] | 814 | 1.458 | 2.091 | 1.861 | 4.437 | 11.008 |
| <i>Andere Produkte</i> | | 2% | 1% | 1% | 1% | 2% | 3% |

Legende: Die Prozentanteile beziehen sich auf die gesamten Exporte

Quelle: eigene Berechnungen

Abbildung 10a zeigt über den gesamten Erhebungszeitraum einen stabilen Wachstumstrend der Exporte in Masseeinheiten, mit den höchsten Wachstumsraten in den ersten und letzten zehn Jahren. Die ökonomischen Krisenjahre zwischen 1980 und 1995 (Novy 2001) weisen zwar auch eine Zunahme der Exporte auf, jedoch in geringeren Raten. Ähnlich den Importen dominiert auch bei den Exporten eine Materialgruppe Struktur und Entwicklung – die metallischen Erze - wenngleich auch die Exportstruktur einen Trend zur Diversifizierung zeigt. Der relative Anteil dieser Materialkategorie an den Exporten liegt 1971 bei 76%, und fällt bis 2005 auf 66% (Tabelle 14).

Innerhalb der Erze zeigt sich, dass den gesamten Zeitraum hindurch eisenhaltige Erze bzw. Halb- und Fertigprodukte der Eisen- und Stahlindustrie wie Eisenpellets oder Stahl mehr als 90% der Exporte dieser Materialgruppe ausmachen. Die Hauptabnahmeländer für diese Produkte sind China, gefolgt von der Europäischen Union und den USA. Die Eisen- und Stahlindustrie ist einer der wichtigsten industriellen Sektoren Brasiliens (DNPM 2008).

Exporte von Biomasse stellen in biophysischen Einheiten die zweitgrößte Kategorie dar. Der relative Anteil an den Gesamtexporten stieg zwischen 1971 und 2005 von 20% auf 23%, absolut verzehnfachte sich die exportierte Biomasse. Dieser Anstieg geht vor allem auf die Zunahme der Exporte von Soja- bzw. Sojaprodukten, Zuckerpflanzen bzw. deren Derivate und Futtermittel zurück. Diese drei Materialgruppen stellen 2005 zwei Drittel der gesamten Exportbiomasse dar. Die weltweit steigende Nachfrage nach Biotreibstoffen sowie der ansteigende Fleischkonsum eröffnet der brasilianischen Soja- und Zuckerrohrindustrie ein enormes Wachstumspotential – allerdings mit negativen ökologischen und sozialen Folgen, die im Diskussionsteil genauer behandelt werden.

Die Exporte an fossilen Energieträgern sind zwar sehr gering (nur 6% der Gesamtexporte im Jahr 2005), weisen aber im Beobachtungszeitraum eine enorme Wachstumsdynamik auf (Tabelle 14). 90% dieser Exporte sind rohes bzw. teilraffiniertes Öl, Gas sowie Produkte von Raffinerien und petrochemischer Industrie. Der Export nicht-metallischer Mineralien beläuft sich den gesamten Zeitraum hindurch auf einem sehr niedrigen Niveau (weniger als 3% der Gesamtexporte).

Die Exporte an Halb- und Fertigwaren, die nicht eindeutig einer Materialkategorie zugerechnet werden können (Kategorie andere Produkte in Tab. 14), stiegen zwischen 1971 und 2005 um das Vierzehnfache. Ein Hinweis darauf, dass Brasilien eine längere Wertschöpfungskette innerhalb des Landes durchführt, wodurch in der Produktion mehr Wissen und technologische Fähigkeiten Anwendung finden.¹⁸

¹⁸ Siehe dazu die Charakterisierung von Produktionsprozessen in den ökonomischen Zentren und Peripherie in der Weltsystem- bzw. Dependenztheorie Wallerstein (1979), Shannon (1996), sowie die 1950 publizierte Schrift „The Economic Development of Latin America and its Principal Problems“ von R. Prebisch (1950) und Paul Singers “Postwar Price Relation Between Underdeveloped and Industrialized Countries” (Novy 2001). Eine ökologische Interpretation der Prebisch-These findet sich unter anderem bei Giljum und Eisenmenger (2004) und Perez-Rincon (2006).

Abbildung 10b zeigt die monetären Daten für die einzelnen Materialkategorien. Metallische Mineralien bzw. deren Derivate waren über den gesamten Erhebungszeitraum hindurch ein wichtiger Devisenbringer für die Ökonomie Brasiliens und stiegen von 19% (1971) auf fast 44% im Jahre 2005. Vor allem in den letzten zehn Jahren bis 2005 stiegen die Devisen aus dieser Exportkategorie um das Dreifache an. Biomasseexporte sind zwischen 1970 und 2005 ein weiterer wichtiger Posten. Seit 1990 hat sich die ökonomische Wertschöpfung vervierfacht, die wichtigsten Handelsgüter sind 2005 Fleischprodukte, ölhältige Feldfrüchte (= Soja), Zucker und Kaffee. Zucker und Kaffee waren über den gesamten Zeitraum wichtige Exportprodukte. Soja und Fleischprodukte spielten bis 1990 (Soja) bzw. Mitte der 1990er (Fleisch) eine noch untergeordnete Rolle, der starke Anstieg seit diesen Zeitpunkten ist unter anderem in den geänderten Ernährungsmustern wichtiger Handelspartner Brasiliens begründet.

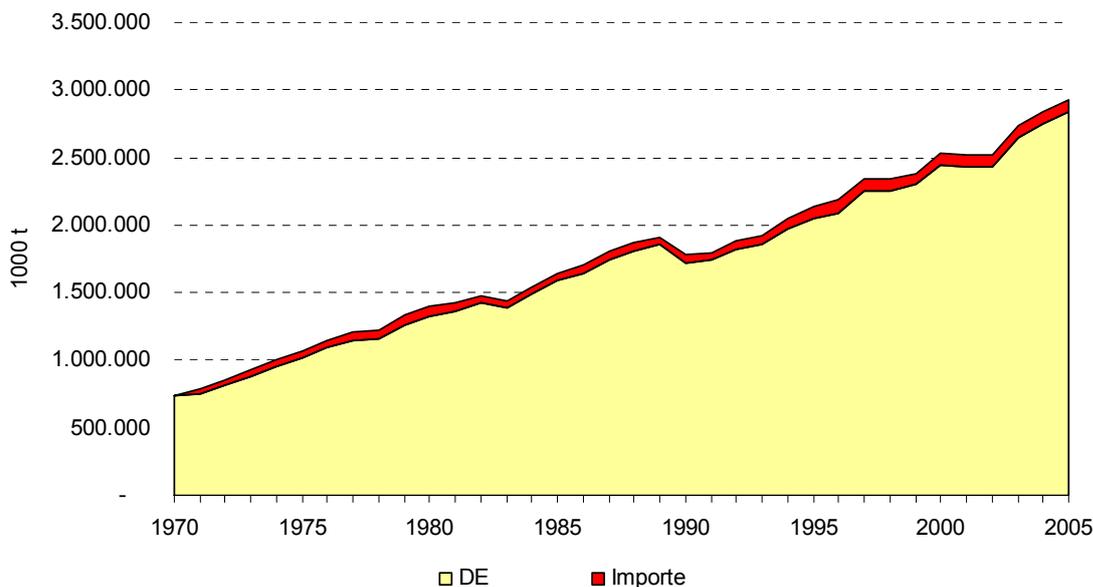
3.1.5. Inländischer Materialinput und Materialverbrauch (DMI und DMC)

Direct Material Input - DMI

Betrachten DE und PTB einzelne Aspekte der physischen Ökonomie eines Landes, so beinhaltet der Indikator Inländischer Materialinput (DMI), der als Summe von DE und Importen gebildet wird, die Gesamtheit aller physischen Inputs eines Jahres, gleich ob diese als Inputs für weitere Produktionsprozesse, für den Endkonsum oder die Produktion von Exportgütern genutzt werden (Abb. 11). Der DMI Brasiliens vervierfachte sich zwischen 1970 bis 2005, was in erster Linie auf die Zunahme der DE zurückzuführen ist. In Zahlen bedeutet dies eine Erhöhung von 751 Mio t (1970) auf 2.896 Mio t (2005), pro Kopf sind dies 7,8 t respektive 15,5 t pro Jahr. Auch hier zeigt sich wieder, dass rund die Hälfte der gesamten Zunahme mit dem Bevölkerungswachstum erklärt werden kann.

Dieser lineare Wachstumstrend über die gesamte Periode von 1970 bis 2005 wurde nur am Beginn der 1980er, 1990er und von 2000 – 2003 kurzfristig unterbrochen. Diese wiederkehrenden Wirtschaftseinbrüche sind eng mit den politischen und gesellschaftlichen Grundstrukturen Brasiliens verknüpft, die einem dauerhaft stabilen ökonomischen Wachstum entgegenstehen (Meyer-Stamer 2000). Die Stabilisierungsstrategien einer Krise beinhalten bereits die Vorzeichen für die nächste Krise (Meyer-Stamer 2000). Die Einbrüche im DMI dauerten nicht länger als drei Jahre, anschließend steigt der DMI wieder. Ein Beleg für die kurzfristig wirkungsvollen, jedoch nicht-nachhaltigen Maßnahmen für ökonomisches Wachstum.

Abbildung 11: Direkter Materialinput von 1970 – 2005



Quelle: eigene Berechnungen

Der Anteil der Importe am gesamten DMI bewegt sich insgesamt auf einem sehr geringen Niveau, wobei sich über den gesamten Zeitraum ein Absinken zeigt. In den 1970er Jahren waren es rund 5% am DMI, die bis Anfang der 1990er auf 3% gesunken sind, um dann nach einem kurzzeitigen Anstieg wiederum bis 2005 kontinuierlich auf 3% gefallen sind. Die physische Ökonomie Brasiliens basiert also den gesamten Zeitraum hindurch zu mehr als 95% auf Materialinputs aus dem eigenen Territorium. Wie in Abbildung 9 zu sehen, ist Brasilien im Wesentlichen nur von Ölimporten abhängig, wobei ab Mitte der 1970er Jahre politische Programme zur Verringerung dieser Abhängigkeit implementiert wurden.¹⁹

Domestic Material Consumption - DMC

Im Gegensatz zum DMI zeigt der Indikator DMC den inländischen Verbrauch von Materialien, dh. er beinhaltet alle Materialien die innerhalb des nationalen Territoriums verbleiben. Bei der Interpretation des DMC ist wichtig zu beachten, dass nicht nur der End- sondern auch der Intermediärkonsum mit einfließt. Wenn also der extrahierende Sektor in einem Land von großer Bedeutung ist, schlägt sich dies auch in einem höheren DMC nieder (Gonzalez-Martinez und Schandl 2008, S. 34).

¹⁹ Diese sind im Wesentlichen die Ausweitung der inländischen Ölproduktion (Hester und Prates 2006) sowie das PROALCOOL Programm zur Substitution von Benzin durch Ethanol (siehe den Diskussionsteil dieser Arbeit).

Abbildung 12: DMC von 1970 – 2005

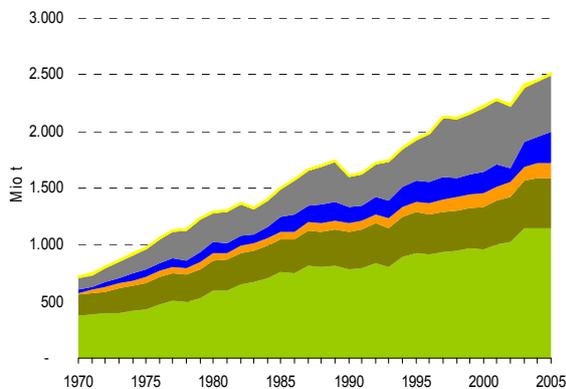
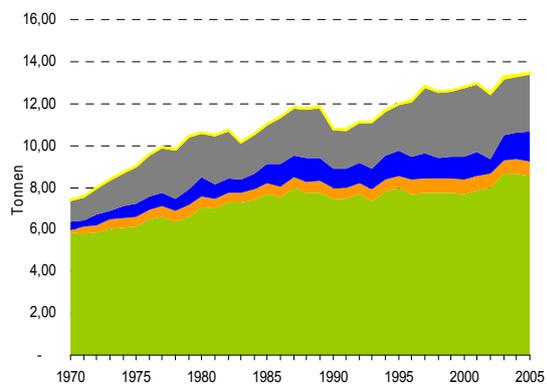


Abbildung 13: DMC pro Kopf von 1970 – 2005



■ andere Biomasse ■ Futter ■ Fossile Energieträger ■ Erze ■ Mineralien ■ andere Produkte

Legende: DMC in Mio t, pro Kopf Werte in t
Quelle: eigene Berechnungen

Der inländische Materialverbrauch vervierfachte sich nahezu zwischen 1970 und 2005 von 712 Mio t auf 2.502 Mio t (Abbildung 12). Dies bedeutet einen pro Kopf Zuwachs von 7,4 t auf 13,4 t pro Jahr (Abbildung 13), der durchschnittliche Materialverbrauch pro Einwohner hat sich in den letzten 35 Jahren somit verdoppelt und liegt deutlich über dem globalem Durchschnitt von 2005 mit 10,3 Tonnen pro Kopf (Krausmann et. al 2009). Der Anstieg des DMC ist im Wesentlichen auf das hohe Wachstum von Biomasse und nicht-metallischen Mineralien zurückzuführen. Der DMC letzterer stieg im Erhebungszeitraum um 530%, pro Kopf bedeutet dies einen Zuwachs von 1 t auf knapp 3 t pro Jahr.²⁰ Einen Großteil des DMC nimmt der Verbrauch an Biomasse ein, der sich im Erhebungszeitraum stetig und ohne wesentliche Einbrüche von 562 Mio t auf 1.594 Mio t, pro Kopf von 5,9 auf 8,6 t erhöhte. Trotz dieser absoluten Zunahme der gesamten Biomasse bedeutet dies im Verhältnis zu den anderen Kategorien einen Rückgang von 80% auf 63%, ein Prozess, der für Länder deren ökonomische Struktur sich industrialisiert, charakteristisch ist²¹. Allein am Beginn der 1980er Jahre zeigt sich ein gegenläufiger Trend und der Anteil der Biomasse am gesamten DMC steigt an. Grund dafür ist die massive Ausweitung des Anbaus von Zuckerrohr (es zeigt sich ein Anstieg der Zuckerrohrernte zwischen 1980 und 1985 von 149 Mio t auf 247 Mio t - eine Steigerung von rund zwei Drittel) für das PROÁLCOOL Programm (siehe Kapitel 4.7.).

3.2. Energieflussanalyse -EFA

Dieser Abschnitt widmet sich der energetischen Ökonomie Brasiliens. In der Energieflussanalyse (EFA) werden alle energiereichen Materialien sowie genutzte Wasser- und Windkraft, Kernenergie (Wärme aus Kernspaltung) und Solarenergie erfasst. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Joule. Die wichtigsten Indikatoren

²⁰ Auf die Probleme bei der Erhebung der nicht-metallischen Mineralien (insbesondere Baumaterialien) wurde bereits an anderer Stelle hingewiesen.

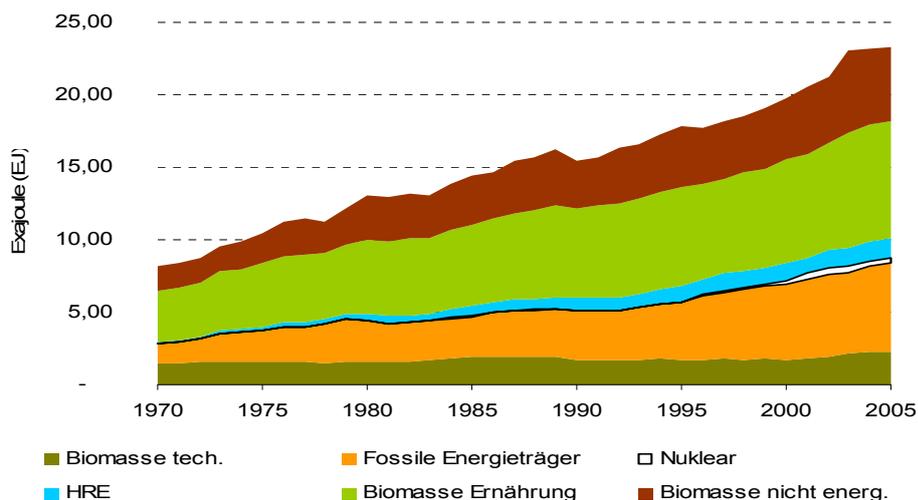
²¹ dazu ausführlicher im Diskussionskapitel.

der EFA sind analog zur MFA der DEC (inländischer Energieverbrauch) und die energetische Außenhandelsbilanz. Letztere wird analog der PTB berechnet, ein positives Ergebnis bedeutet höhere Energieimporte als Exporte, eine negative Bilanz das Gegenteil.

3.2.1. Inländischer Energieverbrauch - DEC

Der inländische Energieverbrauch (DEC) zeigt ähnlich dem DMC einen stabilen Wachstumstrend und stieg im Erhebungszeitraum von 8,2 EJ (1970) auf 23,3 EJ (2005) an (Abb. 14). Die Einbrüche am Beginn der 1980er Jahre (Stagnationsphase) und der Rückgang zwischen 1989 und 1991 sind nur kurzfristige Unterbrechungsphasen dieses Wachstums. Die knappe Verdreifachung des Verbrauchs entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 8,3 %, also einem Verdoppelungszeitraum von etwa 9 Jahren. Der Anstieg im Gesamtverbrauch zeigt sich auch im Verbrauch pro Kopf. So stieg der individuelle Energiekonsum von 85 GJ / cap / yr auf 125 GJ / cap / yr an, und liegt im Vergleich mit den EU 15 rund 40 % unter dem Wert von 210 GJ / Kopf / Jahr (Haberl et. al. 2006, Daten für 2000).

Abbildung 14: Inländischer Energieverbrauch (DEC) von 1970 – 2005



Legende: Die Kategorie Ernährung enthält die gesamte Feldfruchternte (inkl. Faserstoffe) ohne den Zuckerrohranteil, der zur Produktion von Ethanol verwendet wird, plus Fischfang. Der Außenhandel wurde in Energie für Ernährung und Energie für andere Zwecke unterteilt und von den entsprechenden Kategorien für die inländische Entnahme (Biomasse Ernährung bzw. nicht energetisch genutzte Biomasse) addiert (Importe) bzw. subtrahiert (Exporte)

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 15: Zusammensetzung des DEC nach Materialgruppen

| | | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2005 |
|--|----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| DEC gesamt | [EJ/yr] | 8,16 | 13,04 | 15,40 | 19,81 | 23,28 |
| Technisch genutzte Biomasse | [EJ/yr] | 1,49 | 1,62 | 1,76 | 1,74 | 2,32 |
| <i>Feuerholz</i> | | 89,8% | 77,0% | 60,7% | 48,4% | 47,8% |
| <i>Zuckerrohrprodukte</i> | | 10,2% | 23,0% | 39,3% | 51,6% | 52,2% |
| Biomasse Ernährung + Futter | [EJ/yr] | 3,50 | 5,17 | 6,15 | 7,12 | 8,00 |
| <i>Ernährung</i> | | 23,3% | 23,1% | 22,4% | 24,5% | 25,5% |
| <i>Futter</i> | | 76,7% | 76,9% | 77,6% | 75,5% | 74,5% |
| Nicht energetisch genutzte Biomasse | [EJ/yr] | 1,69 | 3,03 | 3,25 | 4,27 | 5,14 |
| <i>Bauholz</i> | | 21,7% | 30,3% | 33,8% | 35,4% | 33,0% |
| <i>Erntenebenprodukte</i> | | 78,3% | 69,7% | 66,2% | 64,6% | 67,0% |
| Fossile Energieträger | [EJ/yr] | 1,33 | 2,76 | 3,33 | 5,21 | 6,13 |
| <i>Öl, Gas und Produkte</i> | | 91,0% | 92,6% | 93,0% | 94,7% | 94,0% |
| <i>Kohle und Produkte</i> | | 9,0% | 7,4% | 7,0% | 5,3% | 6,0% |
| Nuklear | [EJ/yr] | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,20 | 0,33 |
| HRE | [EJ/yr] | 0,14 | 0,46 | 0,84 | 1,26 | 1,36 |

Legende:

Die Prozentanteile beziehen sich auf die jeweilige Materialkategorie (technisch genutzte Biomasse, Biomasse für Ernährung und Futter, Nicht energetisch genutzte Biomasse, Fossile Energieträger, Nuklear und HRE).

Die Kategorie Ernährung enthält die gesamte Feldfruchternte (inkl. Faserstoffe) ohne den Zuckerrohranteil, der zur Produktion von Ethanol verwendet wird, plus Fischfang. Die relativen Anteile innerhalb der Kategorien *Biomasse Ernährung + Futter* und *Nicht energetisch genutzte Biomasse* zeigen die Anteile der DE ohne Außenhandel (keine ausreichende Disaggregation in den UN COMTRADE Daten (United Nations Statistical Division 2004 für die Jahre 1970 – 2003 und United Nations Statistical Division 2008 für 2004 - 2005)).

Quelle: eigene Berechnungen

Betrachtet man die relativen Anteile der unterschiedlichen Energieträger, so zeigt sich über den gesamten Zeitraum folgender Trend: Biomasse wird in der relativen Bedeutung an den gesamten sozioökonomischen Energieinputs zunehmend durch andere Energieträger, vor allem fossile Energieträger, verdrängt. Am Beginn der 1970er Jahre machte Biomasse rund 80 % – 90 % des gesamten sozioökonomischen Energieinputs aus, der Anteil fiel stetig auf rund 70 % in den letzten 10 Jahren des Erhebungszeitraums. In absoluten Zahlen stieg der Biomasse DEC jedoch von 6,7 EJ / Jahr auf 15,5 EJ / Jahr, durch zunehmende Industrialisierung und Bevölkerungswachstum wird in Brasilien nicht weniger, sondern mehr Biomasse für sozioökonomische Zwecke verbraucht (ähnliche Ergebnisse siehe auch Krausmann und Haberl 2002).

Teilt man die Biomasse nach ihrer Verwendung, so ergeben sich drei Kategorien (Tabelle 15). Biomasse zur Gewinnung von technischer Energie, dies sind im Wesentlichen Zuckerrohr für die Produktion von Treibstoffen (Ethanol) und Feuerholz (Brennholz und Holzkohle). Die technische Biomasse steigt über den gesamten Zeitraum von 1,5 EJ auf 2,3 EJ, was aber dennoch eine Verringerung des pro Kopf Durchsatzes bedeutet. Insgesamt verringert sich der Durchsatz an Feuerholz stetig, wogegen der Anteil von Zuckerrohrprodukten ansteigt und 2005 bei 52% der technisch genutzten Biomasse liegt.

Biomasse für die Ernährung von Menschen und Nutztieren steigt von 3,5 EJ auf 8 EJ, wobei die tierische Ernährung über den gesamten Zeitraum rund drei Viertel dieser Kategorie darstellt. Die nicht energetisch genutzte Biomasse - Bauholz und Erntenebenprodukte²² - steigt im Erhebungszeitraum von 1,7 EJ auf 5,1 EJ. Damit ist der Anteil, der in EFA Berechnungen zusätzlich erhoben wird, um das das drei- (1970) bis sechsfache (2005) höher als die in konventionellen Energiestatistiken berichtete Energie aus Biomasse.

Studien zu anderen Ländern Lateinamerikas weisen einen deutlicheren Rückgang des Biomasseanteils im stofflichen Metabolismus im gleichen Erhebungszeitraum aus.²³ Russi et. al (2008) zeigen in einer vergleichenden Studie des biophysischen Metabolismus von Chile, Mexiko, Peru und Ecuador für die ersten drei Länder beträchtliche Rückgänge des Biomasseanteils zwischen 1980 und 2000, lediglich bei Ecuador zeigt sich ein relativ stabiler Anteil von rund 40 % (des DMC) über den gesamten Erhebungszeitraum. Die Tschechische Republik, Ungarn und Polen als Beispiel für europäische Länder weisen für die Jahre von 1990 bis 2002 einen sowohl absoluten als auch relativen (außer die tschechische Republik, hier ist der DMC insgesamt stärker als der Biomasseanteil gesunken) Rückgang des Biomasseanteils am DMC auf (Kovanda und Hak 2008).

Im Vergleich zu Europa oder den USA ist der Anteil der Biomasse dennoch sehr hoch. Daten für die USA und die EU 15 zeigen, dass die EFA-Biomasse lediglich um ein Fünftel respektive Viertel höher liegt als der Anteil der technisch genutzten Biomasse in der konventionellen Energiestatistik (Haberl et al. 2006). Einen wesentlichen Erklärungsmoment liefert eine Aufschlüsselung auf Länderebene, wo sich zeigt dass dünn besiedelte Länder auch in der Studie von Haberl et. al (2006) die höchsten Werte für den Biomasseverbrauch pro Kopf aufweisen.

Fossile Energieträger gewinnen in der Energiematrix Brasiliens zunehmend an Bedeutung und stellen 2005 rund ein Viertel des gesamten sozioökonomischen Energieinputs dar. Die weitaus wichtigsten Energieträger sind Öl, Gas und deren Derivate, welche zwischen 91% und 94% der gesamten fossilen Energieinputs ausmachen. Der Anteil von Energie aus Wasserkraft, erneuerbaren Energieträgern und Strom (Hydro, Renewable and Electricity - HRE) stieg im Erhebungszeitraum um

²² inklusive Bagasse, die für die Energieerzeugung während der Ethanolverarbeitung verwendet wird.

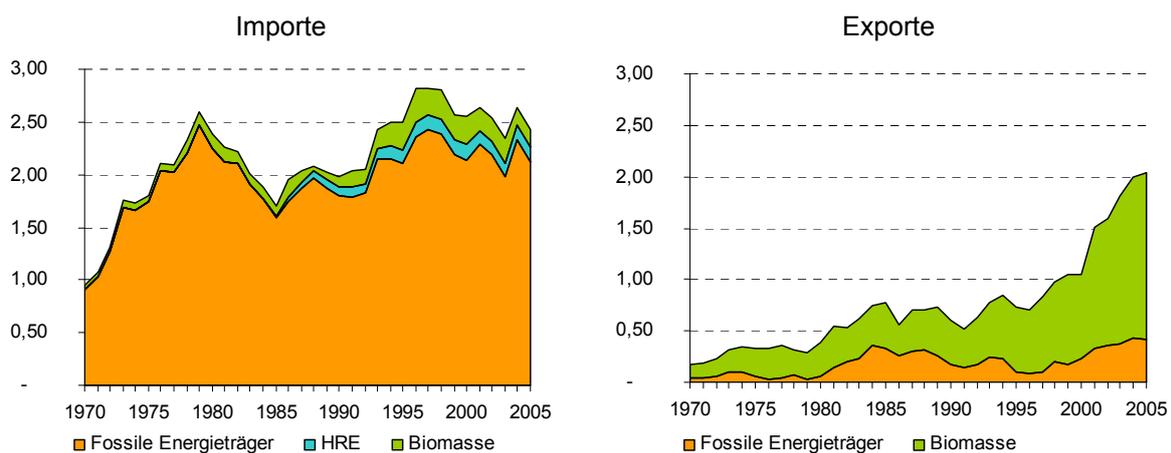
²³ Daten für den Materialumsatz in Tonnen und nicht in Joule, wodurch keine exakte Vergleichbarkeit gegeben ist. Die langfristigen Trends sind im Wesentlichen ähnlich, unabhängig ob man Tonnen oder Joule als Maßeinheit verwendet.

den Faktor 10 (6% des gesamten Energieinputs). Strom aus Wasserkraft stellt mit knapp 95% (über den gesamten Erhebungszeitraum) den bedeutendsten Anteil dieser Kategorie dar, die großen Kraftwerke liegen an den Flüssen Amazonas, Tocantins, Paraná und São Francisco. Brasilien ist nach Kanada und den USA der größte Produzent von Strom aus Wasserkraft, allein das Kraftwerk in Itaipu im Süden Brasiliens deckt 25 % des gesamten Strombedarfs (Tomasek 2005). Nuklearenergie tritt in der Energiematrix Brasiliens erst ab 1984 mit der Eröffnung des ersten Reaktors in Angra dos Reis (*Angra I*, Eröffnung 1982) im Bundesstaat Rio de Janeiro auf und wurde im Jahr 2001 durch *Angra II* ergänzt.²⁴ 2005 stammen 2,2% des gesamten Stromaufkommens aus Atomkraftwerken (EPE 2006, S. 14).

3.2.2. Der energetische Außenhandel

Der Außenhandel mit energiereichen Materialien besteht bei den Importen größtenteils aus Rohöl, bei den Exporten aus Schweröl und Biomasse. Abbildungen 15 und 16 zeigen die Energieflüsse der Importe und Exporte in Exajoule (EJ).

Abbildung 15 und 16: Materialzusammensetzung des Außenhandels



Legende: Darstellung in EJ
Quelle: eigene Berechnungen

Importe

Die Importe an energiereichen Materialien bestehen im Wesentlichen aus fossilen Energieträgern. Rund die Hälfte davon sind Rohöl und Mineralölprodukte, je ein Viertel besteht aus Kohle und Kohleprodukten sowie aus Erdgas. Stromimporte und Biomasse gewinnen über den gesamten Zeitverlauf an Bedeutung, ab 1995 beginnt aufgrund der Verringerung der Weizenimporte ein leichter Abwärtstrend bei Biomasse. Insgesamt zeigen sich für die Importe zwei unterschiedliche Phasen, welche die Anstrengungen der politischen Administration Brasiliens zur Verringerung der Importe von fossilen Energieträgern widerspiegeln. Nach dem raschen Anstieg in den 1970er Jahren sinken diese Importe bis Mitte 1985 ab, Folge des PROÁLCOOL

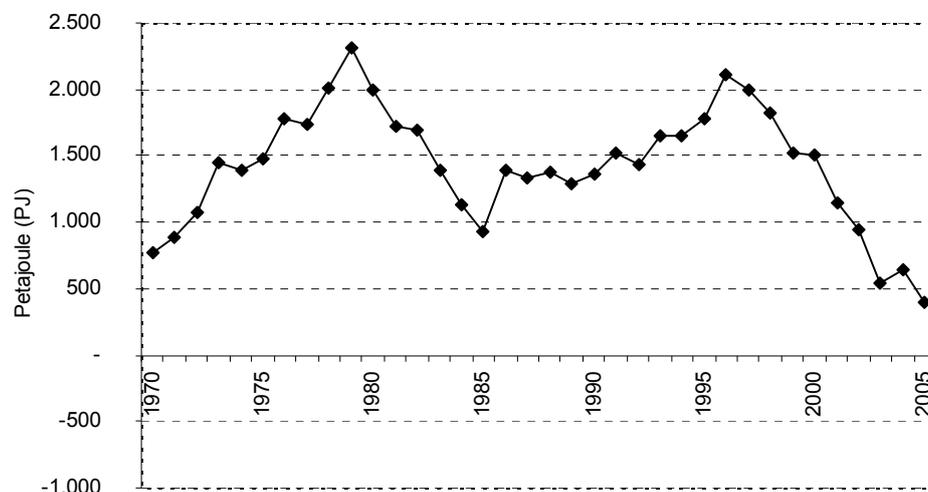
²⁴ Bislang spielt Nuklearenergie eine untergeordnete Rolle in der Energieversorgung Brasiliens, die derzeitige Regierung unter Staatspräsident Lula da Silva plant aufgrund befürchteter Versorgungsengpässe neue Atomkraftwerke, wie die Wiederaufnahme des in den 1980er Jahren abgebrochenen Baus des *Angra III* Reaktors.

Programms und der Schuldenkrise 1982, aufgrund derer Importzölle eingehoben und die Importe reduziert wurden (Prutsch 2003). Der erneute Anstieg, sowie der Rückgang ab 1995 reflektieren ein Zusammenspiel zwischen politischen Programmen zur Bekämpfung der negativen Handelsbilanz und der Ausweitung der inländischen Extraktion von Rohöl. Die Importabhängigkeit an fossilen Energieträgern – das Verhältnis von Importen zum DEC – sank im Erhebungszeitraum von 80% (1975 bis 1980) auf rund 40% (1995 bis 2005).

Exporte

Die Exporte an energiereichen Materialien setzen sich größtenteils aus Biomasse und fossilen Energieträgern zusammen. Biomasse stellt über den gesamten Erhebungszeitraum einen relativen Anteil von rund 80 % dar, wobei sich in den 1980er Jahren eine Verringerung auf ca. 60 % zeigt. Ab dem Jahr 2000 steigen die Exporte mit jährlichen Wachstumsraten von ca. 20% an, ein Grund dafür liegt in den stark gestiegenen Weltmarktpreisen für Soja und der dadurch gegebenen Möglichkeit, die latente Auslandsverschuldung zu verringern (Schmalz 2008). Brasilien ist im gesamten Zeitraum hindurch Netto-Importeur von fossilen Energieträgern, mit einer Range zwischen 0,8 und 1,8 EJ pro Jahr, und Netto-Exporteur von Biomasse, mit einem stark ansteigenden Volumen von 0,1 EJ auf ca. 1,5 EJ pro Jahr. Vergleicht man Importe und Exporte in deren Gesamtausmaß, so zeigt sich über den gesamten Zeitverlauf eine positive energetische Handelsbilanz (Abb. 17).

Abbildung 17: Energetische Außenhandelsbilanz



Legende: Darstellung in Petajoule (PJ), PTB = Importe - Exporte

Quelle: eigene Berechnungen

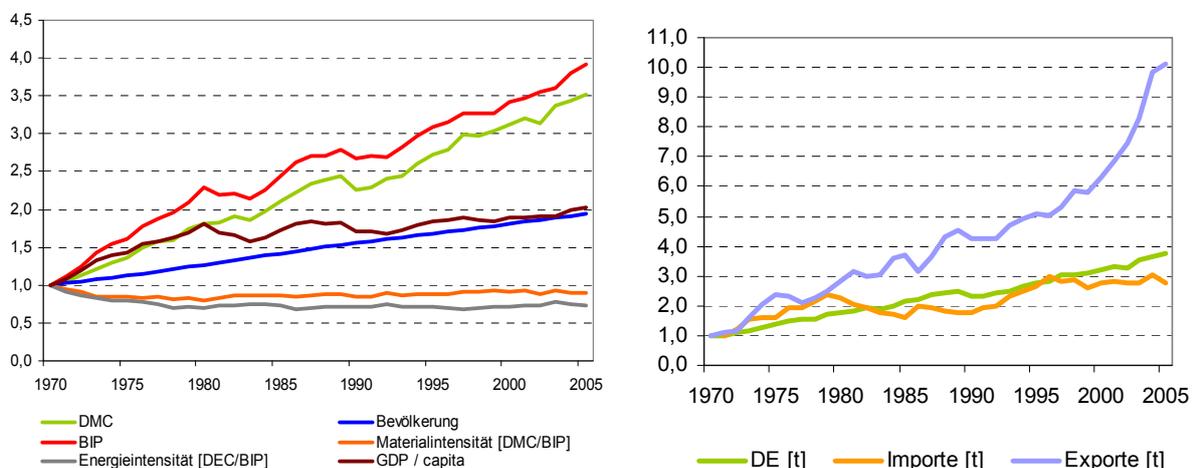
Brasilien importiert zwischen 1970 und 2005 mehr Energie als es exportiert, wobei sich ein langfristiger Trend des Absinkens in diesem Verhältnis zeigt. 2005 liegen die über den gesamten Zeitraum hindurch steigenden Exporte mit 2,0 EJ nur mehr knapp unter den seit Mitte der 1990er Jahr sinkenden Importen von 2,4 EJ.

4. Diskussion

Im folgenden Diskussionskapitel werden die relevanten biophysischen Flüsse hinsichtlich ihrer ökonomischen, politischen, sozialen und ökologischen Implikationen genauer untersucht. Dabei werden die eingangs gestellten Fragen wieder aufgegriffen, und es wird versucht, sie mithilfe biophysischer, monetärer und sozialer Indikatoren zu beantworten. Nach einer integrierten Analyse ausgewählter Entwicklungen zwischen 1970 und 2005 werden die Trends von Material- und Energieintensitäten sowie die Importpolitik Brasiliens näher beschrieben. Anschließend wird der biomassebasierte und flächenintensive Weg der ökonomischen Entwicklung anhand von Eisenproduktion, Viehwirtschaft, Sojakomplex und Zuckerindustrie bzw. PROALCOOL Programm beschrieben. Der Diskussionsteil wird mit den Auswirkungen dieser entwicklungspolitischen Strategien enden.

Im Ergebnisteil der Arbeit wurde gezeigt, dass alle materiellen und energetischen Flüsse einem mehr oder weniger stark ansteigenden Trend folgen. Abbildungen 18 und 19 fassen die Entwicklung wichtiger biophysischer und ökonomischer Parameter zusammen. Die Reihen von Bruttoinlandsprodukt (sowie BIP / Kopf), Bevölkerung, DMC, Material- und Energieintensität sowie DE, Importe und Exporte sind indexiert (Wert des Jahres 1970 wurde 1 gesetzt) dargestellt, um die Entwicklungen miteinander vergleichen zu können.

Abbildung 18 und 19 :Entwicklung zentraler Indikatoren der Ökonomie Brasiliens



Legende: Daten indexiert, 1970 = 1, Importe: 1971 = 1
Quelle: eigene Berechnungen, FAO 2007, IPEA 2009

Abbildungen 18 und 19 bestätigen die unterschiedlichen Wachstumstrends aus dem vorangehenden Kapitel. Die Exporte zeigen unter den gesamten Parametern die stärkste Wachstumsdynamik, ein Hinweis auf deren zunehmende Bedeutung für die Ökonomie Brasiliens. In der Folge werden diese Trends, getrennt in die Zeit während und nach der Militärdiktatur, diskutiert.

Die Phase rapiden ökonomischen Wachstums bis 1980

Der auffälligste Trend in Abbildung 18 sind die ähnlichen Verlaufskurven von gesamtem Materialeinsatz und monetärer Wertschöpfung (DMC und BIP zu konstanten Preisen von 2005). Beide Kurven steigen in den ersten Jahren steil an und zeigen am Beginn der 1980er und 1990er Jahre Phasen der Stagnation. In den 1970er Jahren weist die Entwicklung von monetärer Wertschöpfung und Ressourcenverbrauch auf eine Entkoppelung dieser beiden Größen hin. Als Folge davon zeigen sich Effizienzsteigerungen beim Material- und Energiebedarf pro monetäre Wertschöpfungseinheit. Da der Ressourcenverbrauch aber in absoluten Größen wächst, ist diese Entkoppelung zwar relativ, aber nicht absolut. Das hohe ökonomische Wachstum in den 1970ern mit jährlichen Wachstumsraten von durchschnittlich 8,5 % wurde durch ein Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren erreicht. 1964 wurde die linksgerichtete Administration unter João Goulart durch das Militär gestürzt und es folgte eine Phase raschen ökonomischen Wachstums (IPEA 2009). Dieses Wachstum wurde finanziert durch regelmäßige Abwertungen zur Förderung der Exporte (dass dadurch die Importe an Hochtechnologie für die Modernisierung der nationalen Industrie verteuert wurden, wurde in Kauf genommen) und Verschuldung bei ausländischem Kapital. Mit Hilfe dieses Kapitals wurde versucht, die nationale Eisen-, Stahl-, Aluminiumindustrie auszubauen, was jedoch das Defizit in der Außenhandelsbilanz weiter erhöhte. Es waren vor allem Regionen im Südosten und Süden des Landes, die von dieser Strategie profitierten. Im Nordosten kam es zu einer Verschärfung der Ungleichheit an Macht und Besitz (Novy 2001). Ein wesentlicher Faktor für die Steigerung des BIP in dieser Phase war der Beginn der radikalen Inwertsetzung von natürlichen Ressourcen im Norden des Landes. Es wurden massive Investitionen in Infrastruktur und Ausbau des Zugangs zu peripheren Gebieten wie dem Amazonasgebiet getätigt. 1970 wurde mit dem Bau der Transamazonica - Strasse, einer 5000 km langen Trasse von Osten nach Westen zur Erschließung des Amazonasgebiets, begonnen, begleitet von einem Wachstumspol-Programm mit dem Namen Palomazonia. Primäres Ziel war die weitere Erschließung des Amazonasgebietes durch Weidewirtschaft und Landwirtschaft, die Ausbeutung der reichhaltigen Vorkommen an Mineralien und Metallen und der Ausbau der Wasserkraft um die Energieversorgung sicherzustellen. Die dramatischen ökologischen und sozialen Auswirkungen (Vertreibung der indigenen Bevölkerung, Landkonflikte) wurden heftig diskutiert, was allerdings nicht dazu führte, den weiteren Ausbau abzubremsen (Prutsch 2003, Walker und Homma 1996, generell zu Straßenbau und Entwaldung siehe Geist und Lambin 2001). Das Risiko, dass diese großteils bei ausländischen Banken aufgenommenen Kredite das Außenhandelsdefizit in Zukunft noch mehr ins Ungleichgewicht bringen könnten, wurde ignoriert und schlug sich erstmals 1980 in steigenden Zinsraten für ausländisches Kapital nieder. Diese Wachstumsstrategie führte zu einer schnell steigenden Auslandsverschuldung; Inflationsraten im dreistelligen Bereich waren nur eine der Folgen.

Die internationale Schuldenkrise von 1982 verstärkte in Brasilien die fragile ökonomische Basis (Prutsch 2003) und führte zu einem Einbruch der ökonomischen Leistung. Aufkeimender Widerstand unterschiedlicher Akteure wie zivilgesellschaftlichen Bewegungen und der Opposition führten zum Ende der Militärdiktatur. Die Abschwächung im ökonomischen Wachstum wurden auch in den

Materialeinsatz übersetzt, seit den 1980er Jahren zeigt sich eine erstaunlich parallele Entwicklung zwischen ökonomischer Performance und Ressourcenverbrauch.

Ende und Erbe der Militärdiktatur

Durch Lohn- und Preisstopps (*Plano Cruzado*) wurde versucht, dem während der Militärdiktatur angehäuften Schuldenberg und der Folgen der internationalen Schuldenkrise von 1982 wieder Herr zu werden (Novy 2001). Abbildung 18 zeigt den Einbruch von monetärer Wertschöpfung und Materialeinsatz, gefolgt von einem starken Anstieg dieser beiden Kurven. Allerdings sank das pro Kopf Einkommen bis 1983 stark und erreichte erst 1995 wieder das Niveau von 1980.

Im Zuge der Aufbruchsstimmung nach den ersten demokratischen Wahlen im Jahr 1985 sowie der erfolgreichen politischen Programme zur Bekämpfung der hohen Inflation wurde ein Boom im Endkonsum ausgelöst. Dieser Boom kurbelte wiederum die Inflationsraten an und resultierte in einer weiteren Phase von rigider Budgetpolitik Anfang der 1990er Jahre. Die Regierung Cardoso führte mit dem Ziel der Entlastung des staatlichen Budgets neoliberale Reformen durch und privatisierte zahlreiche unter der Militärdiktatur verstaatlichte Unternehmen. Im Ausbau einer exportorientierten Agrarindustrie sah die politische Führung Brasiliens eine Möglichkeit, Devisen für die Begleichung der hohen Auslandsverschuldung zu generieren. Jedoch verschärfte die Finanzierung durch ausländische Investoren die Lage noch zusätzlich. Erst unter der Regierung von Lula da Silva konnte das Außenhandelsdefizit (u.a. durch Wachstum Exportwirtschaft) wesentlich verringert werden: Es sank von 14,3 % im Jahr 2002 auf 2,6 % im Jahr 2005, und die Schulden beim Internationalen Währungsfonds wurden beglichen (dies zeigt sich auch im enormen Anstieg der physischen Handelsbilanz in Abb. 8). Ein Effekt davon ist, dass der Trend beim pro Kopf Einkommen seit 2000 wieder nach oben zeigt (Schmalz 2008). Seit 1980 ist der Anstieg des BIP von einem stärker steigenden DMC begleitet, wodurch die relative Abnahme von Material- und Energieeffizienz bis 1980 wieder kompensiert wird. Am Ende des beobachteten Zeitraums liegt die Materialintensität knapp unter dem Niveau von 1970, die Energieeffizienz bei 75% derselbigen. Die Entwicklung von Material- und Energieintensität wird im nächsten Abschnitt detailliert besprochen.

4.1. Material- und Energieintensität

Material- und Energieintensität sind beides Indikatoren, welche das Verhältnis von Ressourceneinsatz zu ökonomischer Wertschöpfung messen ($t \text{ DMC} / 1000 \$ \text{ BIP}$ bzw. $GJ \text{ DEC} / 1000 \$ \text{ BIP}$). Zahlreiche MEFA Studien zu hoch industrialisierten Staaten wie den USA, den EU 15 oder Japan zeigen ein langfristiges Absinken der Material- und Energieintensität in den letzten drei Dekaden des zwanzigsten Jahrhunderts (Haberl et al. 2006 für die Energieeffizienz in USA und EU, Eurostat 2007 für die Materialeffizienz in den EU 15 Ländern). Es wurde gezeigt, dass hoch industrialisierte Länder in der Regel niedrigere Materialintensitäten aufweisen als Entwicklungs- oder Schwellenländer (Schandl und Eisenmenger 2006). Ein Grund dafür ist, dass mit voranschreitender Industrialisierung der Anteil von ressourcenintensiven Materialien wie Metallen und Mineralien am gesamten Materialverbrauch sinkt und der Dienstleistungssektor an Bedeutung gewinnt (Rogich, zit. nach Cleveland und Ruth 1999). Ein weiteren Grund sind Prozess, die

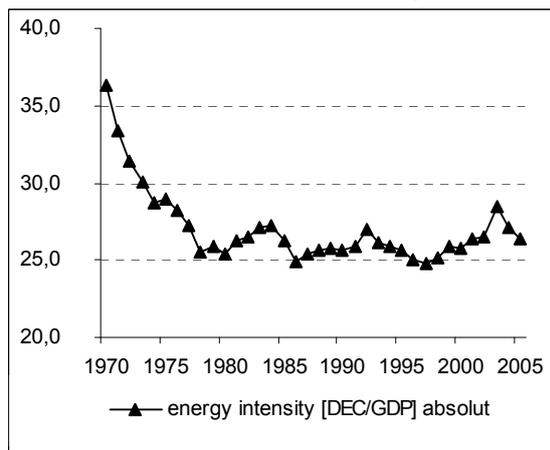
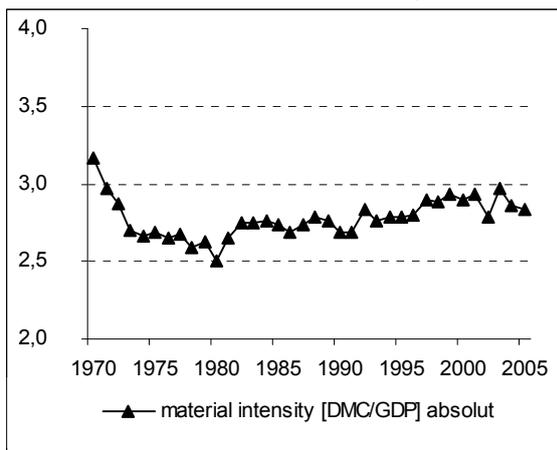
in der Literatur mit dem Begriff *internationale Arbeitsteilung* bezeichnet werden (Eisenmenger und Giljum 2007, Fischer-Kowalski und Amann 2001). In Entwicklungs- und Schwellenländern finden zumeist jene Schritte in den Produktionszyklen statt, die am Beginn selbiger stehen – also die Extraktion der Rohmaterialien und erste (zumeist ressourcenintensive) Schritte in den Verarbeitungsprozessen. Die technologieintensiven Schritte, die zumeist am Ende der Produktion angesiedelt sind und in der Regel hohe Wertschöpfungen mit sich bringen, finden in hoch industrialisierten Ländern statt, wodurch bei geringen materiellen Inputs eine höhere ökonomische Wertschöpfung erfolgt (Vergleiche hier die Argumentation der Weltsystemtheorie bei Shannon 1996).

Material- und Energieintensitäten in Brasilien sind im Wesentlichen durch zwei Teilbereiche charakterisiert. Wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, wurden in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts Grundstoff- und Agrarindustrie modernisiert, weite Landesteile sind allerdings noch immer von geringer Technologisierung geprägt. Abbildung 20 und 21 zeigen die Verläufe für Material- und Energieeinsatz pro monetäre Wertschöpfungseinheit, in Tabelle 16 findet sich eine Auflistung maßgeblicher Entwicklungstrends für Material- und Energieintensität.

Abbildung 20 und 21: Material und Energieintensität von 1970 - 2005

Materialintensität (Tonnen / 1000 US Dollar, 2005 konstante Preise)

Energieintensität (GJ / 1000 US Dollar, 2005 konstante Preise)



Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 16: Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von BIP, sektoraler Inlandsproduktion (value added - VA), DMC, DEC, Material- und Energieeffizienz in Brasilien (10-Jahresdurchschnitt)

| Decade | | | 1960 - 1970 | 1970 - 1980 | 1980 - 1990 | 1990 - 2000 | 2000 - 2005 |
|--|---------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| durchschnittliches jährliches Wachstum | Inlandsproduktion | Landwirtschaft % | 4,04 | 4,90 | 3,27 | 3,06 | 7,20 |
| | | Bergbau | 12,47 | 8,25 | 7,73 | 2,65 | 6,86 |
| | | verarbeitende Industrie | 7,37 | 9,31 | 0,86 | 0,94 | 3,40 |
| | | Bausektor | 7,81 | 10,37 | -0,03 | 0,99 | 0,47 |
| | | Handel | 6,15 | 8,51 | 1,19 | 2,44 | 2,37 |
| | Bruttoinlandprodukt | BIP % | 6,22 | 8,67 | 2,35 | 1,89 | 3,05 |
| | Materialverbrauch | DMC % | - | 6,13 | 2,15 | 2,98 | 2,51 |
| | Energieverbrauch | DEC % | - | 4,85 | 2,22 | 1,87 | 3,38 |
| | Materialintensität | DMC / BIP % | - | -2,28 | 0,24 | 0,43 | -0,48 |
| | Energieintensität | DEC / BIP % | - | -3,48 | -0,05 | 0,01 | 0,37 |

Quelle: IPEA (2009), eigene Berechnungen

Materialintensität

Die Materialintensität bewegt sich im gesamten Erhebungszeitraum zwischen 2,5 und 3,2 Tonnen pro 1000 US \$ BIP und liegt damit im Vergleich mit anderen lateinamerikanischen Ländern höher als jene von Mexiko (rund 2 Tonnen pro 1000 US \$ BIP zwischen 1980 und 2000) und Argentinien (3t 1970 – 2,5t 2005), und niedriger als Chile und Peru (Daten für Argentinien aus Sozoek Datenbank; Mexiko, Chile und Peru aus Russi et al. 2008).²⁵ Brasilien liegt in der Materialintensität weit über dem Wert der EU-15, der 1980 bei 1,2t und 2000 bei 0,8t liegt. Brasilien ist ein Land, dessen Wirtschaftsleistung zu einem wesentlichen Teil von der Extraktion von Biomasse und mineralischen Stoffen abhängt, wodurch sich das im Vergleich zu anderen lateinamerikanischen Staaten hohe Niveau der Materialintensität erklären lässt.²⁶ Zusätzlich zu diesem hohen Niveau zeigt die Verlaufskurve seit 1980 einen leicht ansteigenden Trend in der Materialintensität. Nach einem deutlichen Absinken in den ersten Jahren des Erhebungszeitraums bis rund 1980 (Tabelle 16) steigt die Materialintensität kontinuierlich bis 2005 auf rund 2,7t.²⁷ Das Absinken in dieser Dekade ist dadurch bedingt, dass die Wachstumsraten des BIP höher sind als die des DMC – auch wenn letztere Wachstumsraten die höchsten im gesamten Erhebungszeitraum sind.

²⁵ Russi et. al. 2008 verwenden für ihre Berechnung der Ressourcenintensität das BIP zu realen 2000 Preisen. Da in dieser Studie 2005 als Basisjahr für das reale BIP verwendet wird, müssen für den Vergleich die Intensitäten für die Länder aus Russi et. al. etwas nach unten revidiert werden. Die Trends bleiben allerdings gleich.

²⁶ Im Zusammenhang mit Biomasse ist noch einmal die Nahrung für die Weidetiere zu erwähnen. Die Produktion von Fleisch, welche generell sehr material- und energieintensiv ist, kommt hier voll zum Tragen.

²⁷ Generell gilt hier aber die Einschränkung, dass ein Großteil der Zeitreihen erst seit 1970 bestehen und am Beginn häufiger Schwierigkeiten bei der Datenerhebung auftreten als zu späteren Zeitpunkten.

Energieintensität

Die Energieintensität, für die noch keine vergleichbaren Daten aus anderen Ländern Lateinamerikas verfügbar sind²⁸, bewegt sich im Erhebungszeitraum zwischen 36 und 24 Gigajoule pro 1000 US \$ BIP (konstante 2005 Preise) und liegt damit über den Werten der EU-15 (17 – 12 GJ zwischen 1970 und 2000) und der USA (zwischen 1980 und 2000 von 25 auf 15 GJ sinkend) (Haberl et al. 2006). Sowohl die USA als auch die EU-15 zeigen dabei im Gegensatz zu Brasilien eine kontinuierliche Abnahme der Energieintensität in diesem Zeitraum. Ausgehend von 36 GJ/1000 US \$ verringert sich die Energieintensität in Brasilien bis 1980 um 3,5% jährlich. In den folgenden beiden Dekaden stagniert diese Entwicklung, seit 2000 steigt sie um 0,4% jährlich an. Auch bei der Energieintensität ist die starke Verringerung in den ersten Jahren auf das hohe BIP-Wachstum zurückzuführen, der DEC stieg von 1970 bis 1980 in geringerem Ausmaß (jährlich 4,9 %).

Dynamisches Wachstum in der Dekade von 1970 bis 1980

Die Periode zwischen 1970 und 1980 ist also von einer starken Wachstumsdynamik geprägt. Tabelle 16 zeigt anhand der Wachstumsraten der sektoralen Inlandsproduktion (IPEA 2009, eigene Berechnungen), welche Sektoren die höchste Dynamik zeigen. Die verarbeitende Industrie weist jährliche Wachstumsraten von durchschnittlich 9,3% (~ 33% des Value Added) auf, der Handel + 8,5% (~ 16 % VA). Die Sektoren mit einer im Vergleich geringeren Ressourcenintensität wiesen in diesem Zeitraum deutlich höhere jährliche Wachstumsraten auf als die ressourcenintensiven Sektoren wie Landwirtschaft (4,9% bei ~ 13 % des VA) oder die extrahierende Industrie 8,3 % (bei ~ 1 % des VA). Das könnte erklären, warum zwar der DMC stark anstieg, das physische dennoch hinter dem ökonomischen Wachstum zurückblieb. Das hohe Wachstum im Bausektor von jährlich 10,4% (bei ~ 7,2% VA) ist weiterhin eine Hinweis für das starke Absinken der Energieintensität im Vergleich mit der Materialintensität (Da zwar die ökonomische Wertschöpfung, nicht aber der Verbrauch von Baumaterialien in die Berechnung der Energieintensität miteinbezogen wird).

Entwicklung bis 2005

Die abnehmende Ressourcenintensität bis 1980 war Folge einer staatlichen Investitionspolitik, mit der eine hohe Auslandsverschuldung in Kauf genommen wurde. Dies zeigt sich im folgenden Jahrzehnt deutlich. Die Ölpreiskrise 1979 verteuerte schlagartig die Ölimporte, PROALCOOL war noch in der Aufbauphase und konnte noch nicht als Puffer fungieren. Ein Hinweis für den Anstieg bei der Materialintensität zwischen 1980 und 2000 Jahren liegt in der geringen Effizienz (geringe ökonomische Wertschöpfung pro Ressourceninput) des landwirtschaftlichen Sektors, dessen relativer Anteil am VA zwischen 1980 und 2000 von 11,2% auf 5,6% gesunken ist, während der Anteil der Biomasse am DMC im gleichen Zeitraum relativ stabil blieb (65,3% auf 60,3%).

²⁸ bezogen auf die gesamte Energieintensität (DEC). Daten zur Intensität des technischen Energieinput (total primary energy input - TPES) und BIP sind bei IEA (2007) verfügbar. Der globale Durchschnitt für die Energieintensität liegt 2005 nach dieser Berechnung bei 10,3 GJ/1000 US \$ (1990 konstante Preise) (Krausmann et al. 2009).

Das interessante Faktum an Abbildung 21 ist der langfristige Trend, denn auch in energetischer Hinsicht sind keine Effizienzgewinne festzustellen. Die beiden Spitzen bei Material- und Energieintensität in den Jahren 1984, 1992 und 2003 sind hier vorrangig Ausdruck von abrupten Einbrüchen der monetären Ökonomie, die sich erst verzögert in den biophysischen Daten widerspiegeln. Nach diesen Turbulenzen stieg die Ressourcenintensität allerdings wieder kontinuierlich an, Ausdruck einer Intensivierung des Ressourceninputs zur Ankurbelung des ökonomischen Wachstums. Die hohe Bedeutung materialintensiver bzw. extrahierender Sektoren (Landwirtschaft, Bergbau) und der Export von halbverarbeiteten Rohstoffen führen dazu, dass es über weite Strecken zu keiner relativen Entkoppelung von ökonomischem Wachstum und Material- bzw. Energieverbrauch kommt.

4.2. Nationale Entwicklungspfade – Import- und Exportpolitik

In den Jahren nach dem ersten Weltkrieg, und besonders in der Folge der Weltwirtschaftskrise um 1930, bildete sich eine nationale Importpolitik in Brasilien heraus.²⁹ Einhergehend mit einer schrittweisen Verstaatlichung des Produktionssystems war es die zunehmende Urbanisierung und die damit einhergehende Änderung der Lebensgewohnheiten, die letztlich den Wandel in der „Konsumnorm der Arbeitskraft“ (Novy 2001, S. 96) mit sich brachte, auf dessen Basis sich ein stabiles Akkumulationsregime herausbilden konnte. Die Verbindung zu den Staaten Westeuropas und den USA wurde durch Krisen und Kriege in diesen Staaten (unfreiwillig) abgebrochen, wodurch allerdings bis zum Ende des Koreakrieges 1953 die Schaffung eines nationalen Produktionssystems begünstigt wurde. „Dies konkretisierte sich in Brasilien als importsubstituierende Industrialisierung (ISI) und binnenorientierte Entwicklungsstrategie“ (Novy 2001, S. 97). Vorrangiges Ziel der ISI ist es, die heimische Industrie mit protektionistischen Mitteln (temporär) vor der Konkurrenz aus dem industrialisierten Norden zu schützen. Die Verschlechterung der terms of trade - dem Preisverhältnis von Export- zu Importgütern – zwang andere Länder Lateinamerikas (u.a. Argentinien, Chile, Mexiko) zwischen 1930 und 1980 zu ähnlichen Schritten (Nohlen und Nuscheler 1992). In der Folge wurde der Aufbau einer inländischen Industrie zur Produktion von Konsumgütern, einhergehend mit einer Verbesserung der Produktionstechnologien, angestrebt, um die eigene Industrie langfristig auf internationalen Wettbewerb vorzubereiten (Nohlen und Nuscheler 1992).³⁰ Als währungspolitisches Instrument wurde neben Schutzzöllen etc. die nationale Währung, der Cruzeiro, abgewertet, wodurch Importe verteuert und Exporte erleichtert wurden.

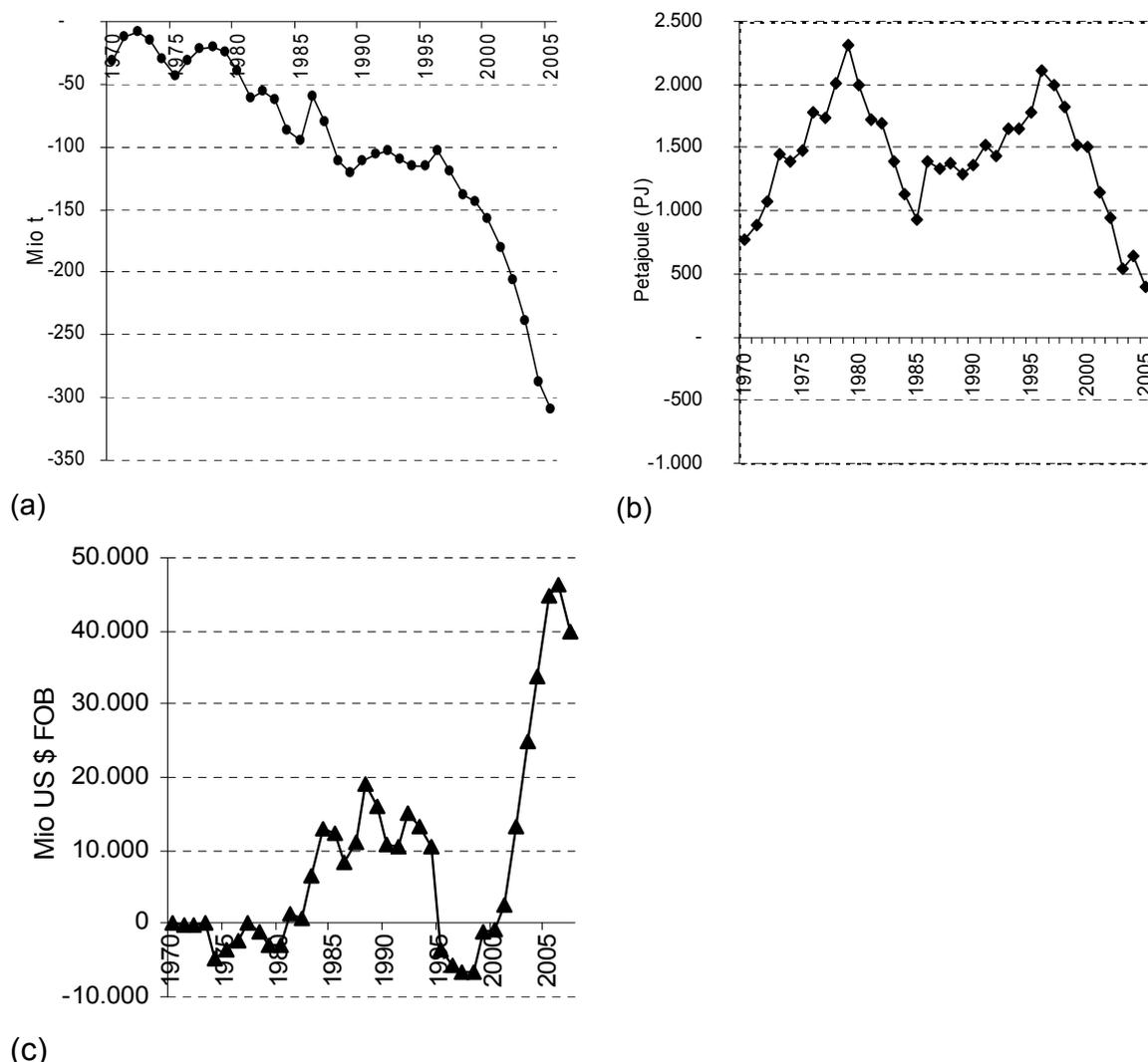
Während der Militärdiktatur von 1964 bis 1985 nahm die Zahl der verstaatlichten Betriebe im produzierenden Gewerbe massiv zu, welche in der Folge durch Investitionen im Infrastrukturbereich stark subventioniert wurden. Gleichzeitig wurden diese Industrien exportorientiert entwickelt, um den latenten Devisenmangel

²⁹ Bis zu diesem Zeitpunkt war Brasilien noch zu wenig vernetzt, um von einer nationalen Entwicklungspolitik zu sprechen. Es waren immer bestimmte Einzelregionen, die ökonomisch dominant waren (Novy 2001).

³⁰ Zur theoretischen Entwicklung (im Rahmen der Dependenztheorie sowie der Weltsystemtheorie) sowie der Etablierung in den nationalen Politiken Lateinamerikas im Rahmen des CEPALISMO durch dessen langjährigen Vorsitzenden Raúl Prebisch (siehe Nohlen und Nuscheler 1992).

(allerdings relativ erfolglos) in den Griff zu bekommen. Die Bereiche Handel und Dienstleistungen wurden durch das brasilianische Großkapital finanziert und kontrolliert. Diese nationalstaatliche zentrierte Entwicklungspolitik gipfelte in den 1970er Jahren im Zweiten Nationalen Entwicklungsplan (*II PND*) (Novy 2001, S. 100 - 106). Dieses Entwicklungsmodell wurde bis zu Beginn der 1990er Jahre verfolgt, als die Staatsschulden ein enormes Ausmaß erreichten, welches die politische Administration Brasiliens zur Aufgabe der ISI zwang. Der Erfolg dieser nationalstaatlich zentrierten Entwicklungspolitik zeigt sich (im Zeitraum von 1970 – 2005) monetär allerdings nur in der Phase von 1983 bis 1992, als die monetäre Handelsbilanz tatsächlich positiv war (Abbildung 22).

Abbildungen 22: (a) PTB (Material) in Mio t, (b) PTB (Energie) in PJ und (c) MTB (monetäre Handelsbilanz) in Mio US \$ (FOB)



Legende: PTB = Im – Ex, MTB = Ex - Im
 Quellen: Eigene Darstellung, Daten aus MFA, EFA und IPEA (2009).

Die drei Darstellungen in Abbildung 22 zeigen den Außenhandel Brasiliens von 1970 bis 2005. Obwohl gleiche Flüsse gemessen werden, unterscheiden sich die drei Handelsbilanzen in Quantität und Qualität voneinander. In der monetären

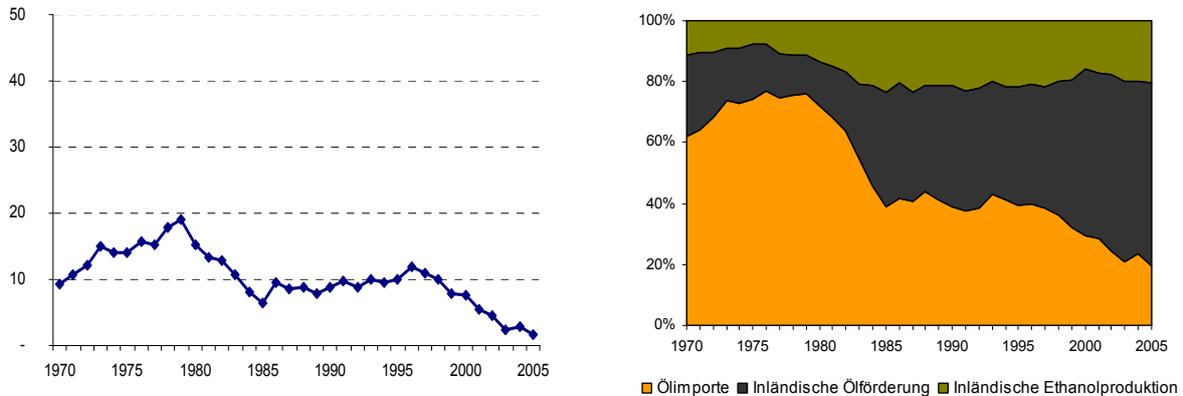
Handelsbilanz (Abb. 22c) wird deutlich, wie die Maßnahmen der ISI im Zeitraum von 1981 bis 1994 griffen. Die MTB (monetary trade balance) ist positiv und es wurden Überschüsse erwirtschaftet, die zur Deckung der Staatsschulden bei ausländischem Kapital verwendet werden konnten. Nach einem kurzen Einbruch bis 2000 steigt die MTB auf 45 Mrd. US \$ (FOB) an. Dies zeigt sich in der physischen Handelsbilanz, die über den gesamten Zeitraum negativ ist (es wird also immer mehr exportiert als importiert). Die Verdreifachung der PTB seit 1995 ist überwiegend auf eine Ausweitung der Exportmasse zurückzuführen ist (Vgl. Abb. 10). Diese Ausweitung wurde durch die Stabilisierung der inländischen Währung mit Einführung des Real (1994) erreicht, und durch die steigenden Rohstoffpreise bzw. die weitere Exportorientierung des Agrarsektors verstärkt (Schmalz 2008). Dieser Exportüberschuss gilt allerdings nicht für Energie – während des gesamten Erhebungszeitraums wurden mehr energiereiche Materialien importiert als exportiert.

Die positive Handelsbilanz (MTB) im Zeitraum zwischen 1981 und 1994 ist im Wesentlichen durch zwei Faktoren begründet. In Brasilien wurde in den 1970er Jahren bis zu 80% des gesamten Rohölbedarfs durch Importe gedeckt, das Verhältnis von Importen zur inländischen Förderung von Rohöl entwickelte sich von 2,3:1 (1970) zu 6:1 (1979)³¹. Diese zunehmende Abhängigkeit von Rohölimporten, welche die gesamten Bestrebungen hin zu mehr Autarkie kontrastieren und mit den beiden Ölpreisschocks 1973 und 1979 noch verstärkt wurden, veranlassten das Militärregime 1975 zur Implementierung von PROALCOOL. Diese staatliche Initiative zur Substitution von fossilen Treibstoffen (vor allem Benzin³²) durch Treibstoff auf Basis von Agrarprodukten schien als eine win-win Strategie zwischen Militärregime und Zuckerwirtschaft, welche durch die niedrigen Weltmarktpreisen für Zucker unter Druck geriet (Moreira und Goldemberg 1999, Rosilio-Calle und Cortez 1998). Gleichzeitig wurde die nationale Ölförderung ausgeweitet, diese hat sich zwischen 1980 und 1990 knapp vervierfacht. Diese beiden Maßnahmen auf Seiten der Energiebereitstellung hatten sehr grundlegende Auswirkungen auf die Entwicklung des Brasilianischen DEC (Abbildung 23a und 23b).

³¹ Berechnung auf Basis des Energiegehalts von Crude Oil, NGL and Feedstocks sowie Petroleum Products bei den Importen.

³² Mittels Ethanol betriebene Kraftfahrzeuge sind keineswegs eine Erfindung der 70er Jahre. Henry Ford baute bereits 1896 einen Prototyp, und das erste ausschließlich mit Ethanol betriebene Kraftfahrzeug in Brasilien wurde 1931 fertig gestellt.

Abbildung 23: (a) Netto Energieimporte 1970 und (b) Anteil von Ölimporten vs. nationaler Ölförderung vs. Ethanol



(a)

(b)

Legende: (a) Nettoenergieimporte (% DEC) und (b) prozentuelle Anteile zwischen Ölimporten, inländischer Ölförderung und inländischer Ethanolproduktion von 1970 bis 2005 in Brasilien (Berechnung nach Energiegehalt).

Quelle: eigene Berechnungen

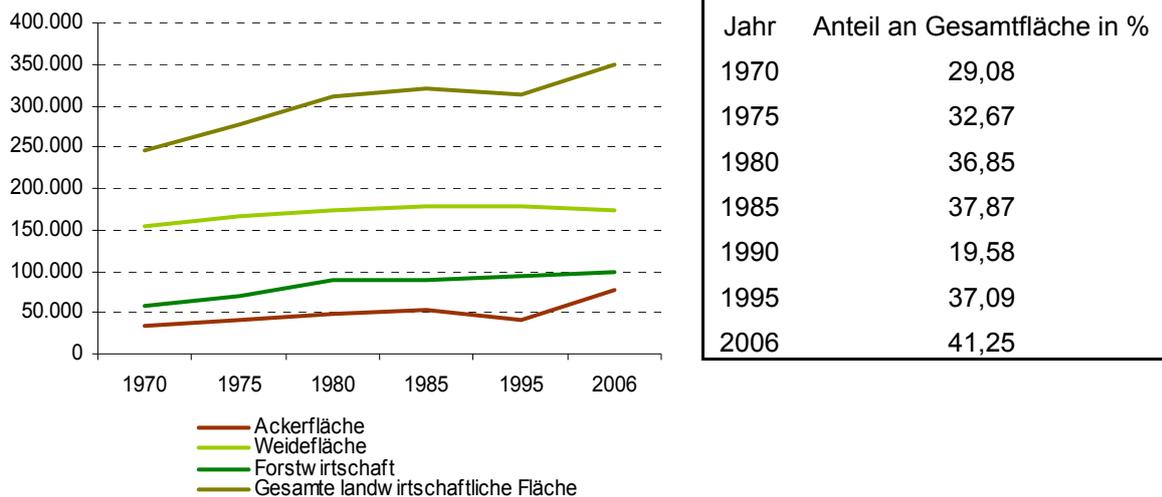
Die Verlaufskurve in Abbildung 23a zeigt seit 1978 eine stete Verringerung der Nettoenergieimporte, 2005 liegt diese Quote nur mehr bei rund 1,7 % des DEC. Sie ist das Resultat aus dem Zusammenspiel von abnehmenden Energieimporten und Ausweitung der nationalen Ethanol- sowie Rohölproduktion (Abb. 23b). Die Darstellung zeigt weiters, dass Ethanol seit Initiierung von PRALCOOL rund ein Viertel zum gesamten Verbrauch an fossilen Energieträgern und Ethanol beiträgt. Dieser – wenngleich im internationalen Vergleich außergewöhnlich hohe Wert – zeigt allerdings, dass die Ökonomie Brasiliens nach wie vor wesentlich auf den Inputs von fossilen Energieträgern basiert. Absolut ist jedoch die für Ethanol verwendete Menge an Zuckerrohr gestiegen. Die Bedingungen und Auswirkungen dieser Entwicklungsstrategie(n) auf den Naturraum Brasiliens werden im nächsten Abschnitt diskutiert.

4.3. Die zentrale Bedeutung von Biomasse im Stoffwechsel der Ökonomie Brasiliens

Vergegenwärtigt man sich die naturräumliche Ausstattung Brasiliens - fruchtbare Böden und eine geringe Bevölkerungsdichte - so spiegelt die DE, insbesondere der hohe Biomasseanteil, diese Gegebenheiten wider. Im langfristigen historischen Verlauf nahmen Biomasseprodukte einen wichtigen Stellenwert ein und prägten die Entwicklung von Stoffwechsel und Ökonomie (Schmalz 2008). Bis ins 17. Jahrhundert bestimmte der Nordosten mit Zuckergütern, bis ins 19. Jahrhundert der Südosten mit Kaffee die wirtschaftliche Entwicklung Brasiliens. Manaus, die Hauptstadt des Amazonas, wurde Ende des 19. Jahrhunderts durch Einkünfte aus dem Handel mit Kautschuk und Gummi aufgebaut, die Viehwirtschaft prägte über Jahrhunderte den Süden Brasiliens. Seit Mitte der 1990er Jahre sind Exporte von Zuckergütern und Soja ein wichtiger Devisenbringer für den Staatshaushalt Brasiliens (Ludwiczek 2009). Doch die ökologischen und sozialen Kosten sind hoch.

Zur Produktion dieser cash crops wurden und werden große Flächen von Primärwald und Steppen gerodet und für ökonomische Zwecke kolonisiert. Über den gesamten Erhebungszeitraum dieser Studie zeigen sich stetiges Wachstum der für Landwirtschaft genutzten Flächen bis 1980, anschließend eine Stagnation bis 1995 und ein starker Anstieg in den letzten zehn Jahren bis 2005 (Abbildung 24).

Abbildung 24: (a) Landwirtschaftlich genutzte Flächen und (b) Anteil an gesamter Landesfläche



(a)

(b)

Legende: Darstellung in (1000 ha)

Quelle: Eigene Berechnung, Daten aus IBGE (2008)

Insgesamt stieg der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche in Brasilien von 29 % im Jahr 1970 auf 41 % im Jahr 2006 an. In der Entwicklung von Acker-, Forstwirtschafts- und Weidefläche zeigen sich zwei unterschiedliche Trends. Bis Mitte der 1980er Jahre stiegen alle Flächen leicht an, danach verlangsamte sich der Wachstumstrend bei der Fläche für Forstwirtschaft, die Weidefläche ging etwas zurück. Addiert man aber Weide- und Forstwirtschaftsfläche - da letztere auch für die Weidewirtschaft verwendet wird - zeigt sich ein Anstieg über den gesamten Erhebungszeitraum.

Nach einem stetigen Wachstum in den ersten fünfzehn Jahren seit 1970 sinkt die Ackerfläche zwischen 1985 und 1995 um 20%. Dies liegt unter anderem am Rückgang der Anbauflächen von Mais, Weizen und Bohnen, welche sich in diesem Zeitraum von 20,5 auf 15,5 Millionen Hektar verringerten. Die Anbauflächen von Zuckerrohr erhöhten sich langsamer als in der Dekade davor, und die Sojaflächen stagnierten bei einem Wert von 9,4 Millionen Hektar (IBGE 2006; IBGE 1971). Der Verringerung bzw. Stagnation in der Expansion der Anbauflächen steht eine Erhöhung der Hektarerträge all dieser Feldfrüchte entgegen, ein Hinweis auf eine Intensivierung der Landnutzung. Eine weitere Erklärung für das Sinken der Ackerfläche in dieser Zeitspanne liegt in der Institutionalisierung und Vernetzung zahlreicher nationaler Umweltbewegungen, welche in der Phase der Demokratisierung nach 1985 mehr politisches Gewicht gewannen (Hochstetler und Keck 2007) und so ihre Forderung nach Schutz von ursprünglicher Natur besser

durchsetzen konnten.³³ Der neuerliche Anstieg bis 2006 (Wachstum von ca. 8% jährlich) liegt vorwiegend an der Ausweitung der Anbauflächen von Soja (15% jährlich), für dessen Anbau 2006 rund ein Drittel der gesamten Ackerflächen verwendet wurde.

Die sozialen Kosten dieses Wachstumsmodells zeigen sich in Konflikten mit der Bevölkerung, die auf die Nutzung dieser Ökosysteme für Subsistenzlandwirtschaft angewiesen ist, in der Ausbeutung von Arbeitskraft oder in der hohen Konzentration des Landbesitzes. Die sozialen Folgen werden im abschließenden Teil dieser Arbeit ausführlich diskutiert.

Der größte Anteil der DE (Masse und Energiegehalt) ist Biomasse. Über den gesamten Erhebungszeitraum machen vier Verwendungsbereiche von Biomasse mehr als 75% der gesamten Extraktion aus. Im folgenden Teil der Arbeit werden diese vier Bereiche ökonomischer Wertschöpfung näher beschrieben, die zentral für das biomassebasierte Entwicklungsmodell in Brasilien sind.

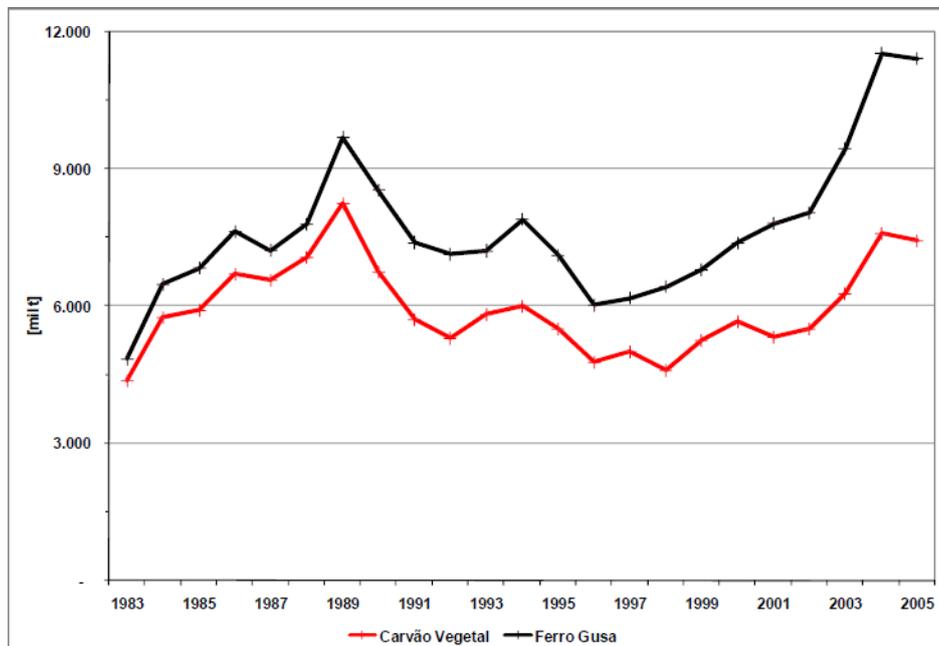
- Gewinnung und Verarbeitung von Eisen
- Viehwirtschaft und tierische Produkte
- Cash Crops – Soja
- Zuckerrohr für Ethanol und PROALCOOL

4.4. Gewinnung und Verarbeitung von Eisen

Die Verwendung von Biomasse als Energiequelle für die Bereitstellung von industrieller Prozesswärme nimmt in der eisenverarbeitenden Industrie in Brasilien einen hohen Stellenwert ein. Holzkohle wird in der Stahlindustrie zur Reduktion von Eisenerz verwendet, als größte Vorteile gegenüber Braun- und Steinkohle werden die stetige Verbrennung und die dadurch gewonnene hohe Qualität von Eisen genannt (Brito 1997, Muylaeart et al. 1999). Der Umwelthistoriker Anthony Wrigley schreibt über die Energiebereitstellung zur Zeit der industriellen Revolution in England, dass die Roheisenproduktion nur soweit ausgeweitet werden konnte, wie Brennholz zur Gewinnung von Holzkohle zur Verfügung stand. Die energetische Quelle war also Biomasse, eine flächengebundene Ressource, die im historischen England permanent knapp war, bzw. bei der die benötigten Waldflächen mit anderen bioproduktiven Flächen konkurrierten (Wrigley 1962, Wrigley 1988). Auch in Brasilien sind Roheisenproduktion und Holzkohleverbrauch eng aneinander gekoppelt, wie Uhlig (2007) und Brito (1997) zeigen (Abb. 25).

³³ Hinzu kommen noch weitere für die Umweltbewegung in Brasilien wichtige Einzelereignisse wie die Ermordung des Umweltaktivisten und führenden Gewerkschaftsmitglieds Chico Mendes (Hochstetler und Keck 2007) oder die UNCED Konferenz in Rio de Janeiro 1992 (United Nations Conference on Environment and Development 1993).

Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Roheisenproduktion und Holzkohleverbrauch



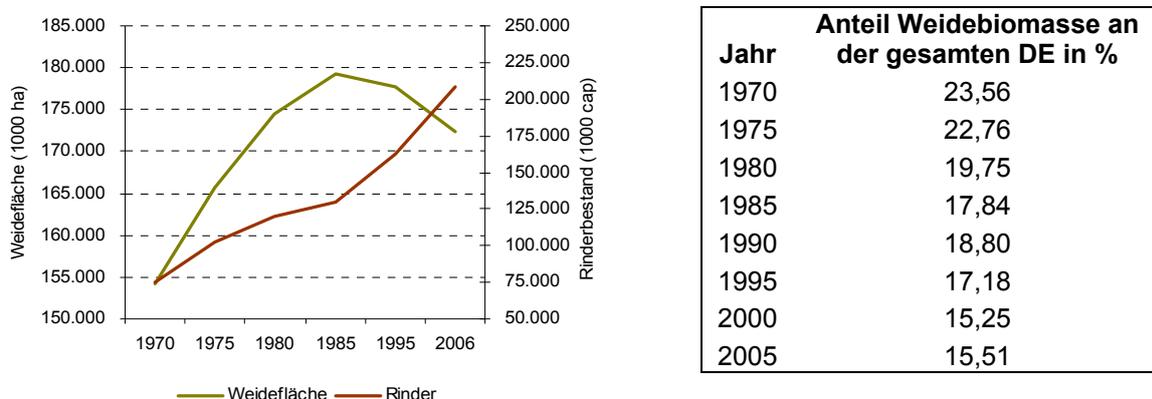
Quelle: Uhlig (2007)

Abbildung 25 zeigt die nahezu parallelen Verlaufskurven der Produktion von Holzkohle und Roheisen seit 1983. Die großen Eisenerzvorkommen liegen in Brasilien im Amazonasgebiet, die (geringen) Kohlevorkommen im mehr als 2500 Kilometer entfernten Süden des Landes. Die große räumliche Distanz zwischen Kohlevorkommen und Erzabbau sowie die lokalen Standortvorteile in Form von riesigen Reservoirs von Waldbiomasse in den Erzregionen sind neben der hohen Stahlqualität Grund für die im 20. Jahrhundert ungewöhnliche Verwendung dieses flächengebundenen Rohstoffes in der Eisen- und Stahlindustrie. Die Auswirkungen dieser Form der Energienutzung sieht Wrigley für das historische England in einer Knappheit von Energie und dem Druck zum Umstieg auf Kohle, in Brasilien zeigen sie sich in zunehmender Entwaldung. Neben der direkten Koppelung der Eisenverarbeitung mit Entwaldung zeigen sich auch unmittelbare Auswirkungen, die zu weiterer Entwaldung führen. Dies wird in erster Linie durch den Bau von Infrastruktur für die Minen hervorgerufen, in deren Einzugsgebiet Vieh- und Sojabauern die Entwaldung weiter vorantreiben (u.a. Geist und Lambin 2001, Fearnside und Hall-Beyer 2007, Bünning 1992). Dass die weltweit größte Eisenerzmine in Carajás mitten in der so genannten „Arche der Entwaldung“ im Osten des Amazonasgebietes liegt, verdeutlicht diesen Zusammenhang deutlich (Bunker und Ciccantell 2005, Bünning 1992). Bunker und Ciccantell (2005) beschreiben zudem die negativen Auswirkungen der Carajás Mine auf die lokale Bevölkerung, deren Haupteinnahmequelle der Handel mit Paránüssen war, der durch Bau und Betrieb von Mine bzw. umliegender Infrastruktur nicht mehr im gleichen Ausmaß wie vorher möglich war.

4.5. Viehwirtschaft und tierische Produkte

Die Rinderwirtschaft war und ist auch heute in Brasilien von hoher Bedeutung. Rund ein Viertel der gesamten Fläche wird für die Haltung von Rindern verwendet (FAO 2007). Auf diesen Weideflächen wurden im Jahr 2005 rund 208 Millionen Rinder gezüchtet - Brasilien weist weltweit den größten Bestand an Rindern auf - und ist zudem seit 2003 auch der größte Exporteur von Rindfleisch. Drei Viertel des Bestandes an Rindern wird für die Fleischproduktion, ein Fünftel für die Milchwirtschaft genutzt (FAO 2006). Neben der signifikanten Bedeutung bei den globalen Fleischexporten weist auch der inländische Konsum von Rindfleisch hohe Raten auf. Im Durchschnitt wurden pro Kopf im Jahr 2003 33 Kilogramm Rindfleisch verzehrt, ein Wert der nahezu doppelt so hoch ist wie der Durchschnitt der EU 15 (19 kg/cap/yr) (FAO 2007). Die Viehwirtschaft war bis Mitte des 20. Jahrhunderts vorwiegend im Südosten und Süden konzentriert, dehnt sich aber seitdem in Richtung mittlerer Westen und Norden aus. Rund 98% der gesamten Ernährung für diese Rinder stammt von Weideflächen, welche in der Regel extensiv genutzt werden. Abbildung 26 zeigt eine Darstellung des Rinderbestandes zwischen 1970 und 2005, sowie die Ausweitung der Weideflächen im gleichen Zeitraum.

Abbildung 26: (a) Bestand an Rindern und Weideflächen, (b) Anteil von Weidebiomasse an der gesamten DE.



(a)

(b)

Legende: Anteil der Weidebiomasse = Ernährung für Rinder, Büffel, Schafe und Ziegen, Pferde und Eseln und Maultiere: Rinderbestand in 1000 cap, Weideflächen in 1000 ha.

Quelle: eigene Berechnungen, IBGE (2007a)

Der Rinderbestand stieg seit 1970 stetig an, ab 1985 verstärkte sich das Wachstum noch zusätzlich. Die Weideflächen stiegen hingegen bis 1985 kontinuierlich an, sinken seit diesem Zeitpunkt und liegen 2006 bei 172 Millionen Hektar. Der Anteil der von Raufutterverzehrer geweideten Biomasse an der DE sinkt zwischen 1970 und 2005, dies liegt jedoch an der höheren Wachstumsdynamik der gesamten DE als am Bestand von Raufutterverzehrer.

Das höhere Wachstum von Weideflächen im Vergleich zum Rinderbestand bis 1985 ist ein Hinweis für die beginnende Ausweitung der Rinderwirtschaft nach Norden hin.

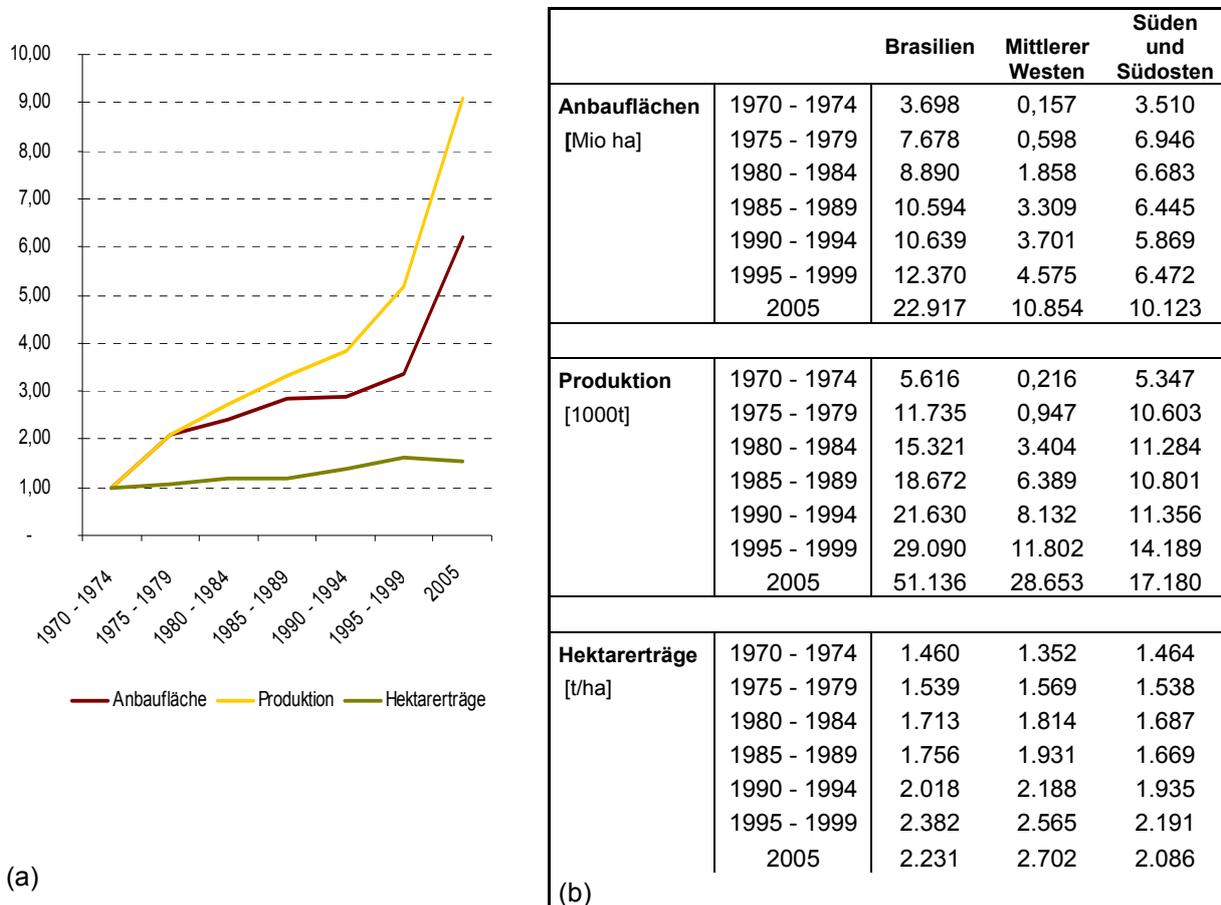
Zu Beginn wurden zuerst Wald und Savanne in Weideflächen konvertiert, um Besitz an diesen Flächen beanspruchen zu können. Primäres Ziel des unter der Militärdiktatur implementierten Palomazonia Programms war es, das Amazonasgebiet (unter anderem durch die Erschließung von neuen Weideflächen) ökonomisch nutzen zu können. Ab 1985 wurden diese Flächen zunehmend intensiver genutzt. Diese Intensivierung bewegt sich aber auf einem relativ geringen Niveau. Ein Vergleich von aktuell genutzten Weideflächen und Bestand an Rindern ergibt eine Dichte von 1,2 Rindern pro Hektar, ein im internationalen Vergleich äußerst niedriger Wert. Diese geringe Dichte ist vor allem dadurch bedingt, dass nahezu die gesamte Ernährung der Raufutterverzehrer von Weideflächen stammt, der Anteil von Marktfutter für diese Tiere bewegt sich den gesamten Zeitraum hindurch auf weniger als 2% (Molassen, Sojaschrot, stärkereiche Feldfrüchte). Der daraus resultierende hohe Flächenbedarf steht in Konkurrenz mit anderen Formen der Landnutzung. Speziell dem Zusammenhang zwischen Rinderwirtschaft und Entwaldung in Cerrado und dem Amazonasgebiet wird besondere Aufmerksamkeit gewidmet (u.a. Fearnside und Hall-Beyer 2007, Greenpeace Brazil 2009).³⁴

4.6. Cash Crops - Soja

In den 1960er Jahren begann die politische Führung Brasiliens, den Soja produzierenden und weiterverarbeitenden Sektor durch verschiedene Maßnahmen zu unterstützen und auszubauen. Mittels Mindestpreisgarantien, Ausbau von Infrastruktur, Steuererleichterungen und staatlichen Krediten wurden vor allem die von den großen Häfen des Südostens weit abgelegenen Gebiete des mittleren Westens entwickelt, da die klimatischen Bedingungen ideal für den Sojaanbau sind (Schnepf et al. 2001). Abbildung 27 zeigt die Entwicklung von Anbauflächen, Ernte und Hektarerträgen seit 1970.

³⁴ Entgegen der landläufig weit verbreiteten Annahme eines engen Zusammenhangs zwischen Rinderhaltung für den Export und Entwaldung im Amazonas bestand hier kein direkter Zusammenhang, da die USA, Europa und Japan bis 1996 wegen der in Brasilien weit verbreiteten Maul- und Klauenseuche Importverbote verhängten. Ab 1996 wurden Produzenten in São Paulo zertifiziert und die Exporte stiegen. Fearnside (Fearnside und Hall-Beyer 2007) konstatiert jedoch einen indirekten Zusammenhang, weil die Fleischprodukte aus São Paulo exportiert, dafür jene aus Pará in Brasilien konsumiert werden.

Abbildung 27: (a) Indexierte Entwicklung von Anbaufläche, Ernte und Hektarerträgen für Brasilien und (b) Anbauflächen, Ernte und Hektarerträge für Brasilien, den mittleren Westen und Süd- bzw. Südosten



Legende: Fünfjahresdurchschnitte, außer 2005; Berechnung der regionalen Hektarerträge nach Gewichtung des Produktionsanteils. Indexierte Darstellung: 1970 – 1974 = 1
Mittlerer Westen = Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goias, Distrito Federal
Süden und Südosten = Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Parana, São Paulo, Minas Gerais

Quelle: Daten aus IBGE (1971 - 2006), Schnepf et al. (2001), eigene Darstellung

Die Sojaernte hat sich zwischen 1970 und 2005 um den Faktor 9,5 erhöht, Brasilien ist nach den USA der zweitgrößte Sojaproduzent weltweit. Die höchsten Wachstumsraten in Brasilien weist der mittlere Westen auf, wo die Sojaproduktion um das Hundertfache gestiegen ist. In der letzten Periode zwischen 2000 und 2005 wurde die Ernte in dieser Region durch Expansion der Sojaflächen und Erhöhung der Hektarerträge von 11 auf 28,5 Millionen Tonnen gesteigert. In dem im mittleren Westen liegenden Bundesstaat Mato Grosso wird der Großteil des Soja gepflanzt. Der dortige Gouverneur Blairo Maggi ist Eigentümer des weltweit größten Sojaanbauers, der *Grupo Amaggi* (Wikipedia 2009).

Fast 70% oder 36 Mio t der gesamten Sojaernte Brasiliens wird 2005 in der Form von Bohnen, Mehl und Öl exportiert, die Hauptexportgebiete sind China und die Europäische Union (Daten aus FAO 2007), wo das Klima nicht oder nur zum Teil für

die Kultivierung von Soja geeignet ist. Der Anstieg der Sojaexporte liegt an sich verändernden Ernährungsgewohnheiten – i.e. an dem steigenden Konsum von Schweinefleisch und Geflügel, der erhöhten Nachfrage nach Biodiesel - und wurde durch Abwertungen des Real zur Erleichterung der Exporte zusätzlich unterstützt (Flaskerud 2003, Grenz et al. 2007).

Der Anteil von exportiertem Soja und Soja-Derivaten lag 1970 bei ca. 60 % der gesamten brasilianischen Sojaproduktion von 1,5 Mio Tonnen und stieg bis 2003 auf 70 %. Soja wird also bereits seit 35 Jahren vorwiegend als cash crop verwendet, d.h. als Devisenbringer und nicht als food crop für die Ernährung der inländischen Bevölkerung. 2005 wurden durch den Außenhandel mit Soja und dessen Derivaten rund 5 % der gesamten Deviseneinnahmen Brasiliens erwirtschaftet.

4.7. Zuckerrohr für Ethanol und PROALCOOL

Potential von Biomasse zur Verringerung des fossilen Energieträgereinsatzes
Ein Teil der extrahierten Biomasse wird für die Bereitstellung von Transportenergie verwendet. Die Substitution von fossilen Energieträgern durch Biomasse wird als eine wichtige Strategie zur Verminderung von Treibhausgasemissionen und zur Verringerung des Klimawandels erachtet. In Brasilien setzen Politik und Industrie seit mehreren Jahrzehnten auf Biodiesel aus Soja bzw. vor allem auf Ethanol aus Zuckerrohr. Dadurch eröffnen sich einerseits hohe Absatzmöglichkeiten für die Agrarindustrie im Inland, andererseits ist die seit der Administration Cardoso immer mehr in Richtung Export ausgebaute Produktion dieser Agro-fuels ein wichtiger Devisenbringer für den Staatshaushalt Brasiliens (Schmalz 2008).

Inländischer Ethanolmarkt

Der inländische Verbrauch an Treibstoffen zeigt, dass Diesel nach wie vor den größten Bestandteil ausmacht (Daten für 2005). 58% des Gesamtverbrauchs von 67,2 Mrd. Liter entfällt auf diese Kategorie, 28% auf Benzin, 8% auf anhydrous ethanol (als Beimischung zu Benzin) sowie 7% auf hydrous ethanol.³⁵ 2005 sind 95% der in Brasilien produzierten PKW mit so genannten Flex-fuel Motoren ausgestattet, welche sowohl mit Benzin als auch mit Ethanol betrieben werden können (UNICA 2009), wodurch der Ölpreis eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für die Wahl der EndverbraucherInnen zwischen Benzin oder Ethanol als Treibstoff darstellt (Schaeffer 2008d).

Ethanolexporte

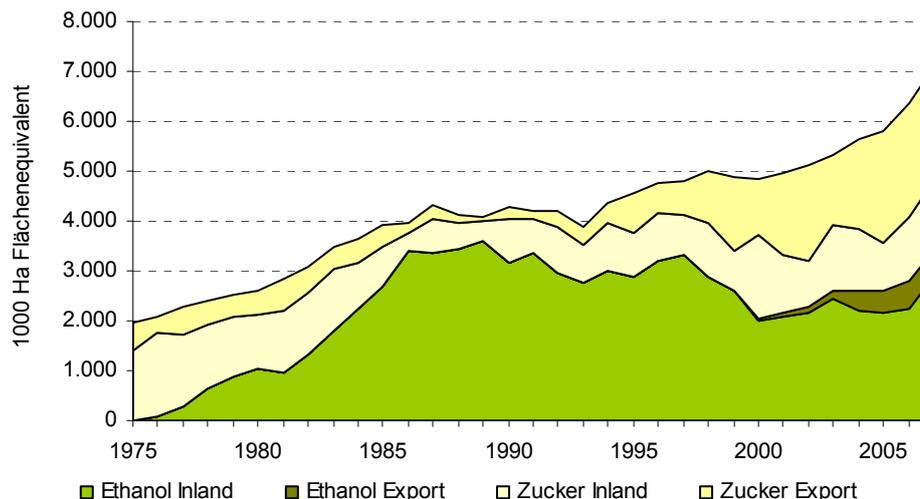
Die größten Zuwachsraten und Potentiale zeigen sich in den Exporten. 2008 stammte bereits mehr als die Hälfte (5,2 Mrd. Liter) des gesamten Welthandels an Ethanol aus Brasilien, wodurch 765 Mio US \$ (FOB) generiert werden konnten. Die Exporte weisen dabei eine hohe Dynamik auf, von 2000 bis 2008 hat sich die Exportmenge um den Faktor 25 erhöht. Da die gesamte inländische Produktion in diesem Zeitraum lediglich um das dreifache gestiegen ist, zeigt sich ein deutlicher Schwenk vom inländischen Markt hin zu Exporten.

³⁵ Der Unterschied zwischen anhydrous und hydrous Ethanol besteht in den jeweiligen Wassergehalten.

Ethanol vs. Zucker

Die Produktion von Ethanol basiert in Brasilien auf dem gleichen Rohstoff wie Zucker, wodurch Konkurrenz zwischen diesen beiden Derivaten von Zuckerrohr entstehen kann. Zucker ist ein seit dem 16. Jahrhundert wichtiges Exportgut, Ethanol wird in nennenswerten Mengen erst seit 1975 produziert und seit 1990 exportiert. Abbildung 28 zeigt die Anteile von Ethanol- und Zuckerexporten bzw. die im Land verbleibende Menge.

Abbildung 28: Zucker vs. Ethanol in Brasilien



Legende: Darstellung von Flächenäquivalenten für Zucker und Ethanol in 1000 Hektar
Quelle: Daten aus FAO (2007), UNICA (2009), Goldemberg (2008b), eigene Berechnungen

Abbildung 28 zeigt, dass bis 1985 die Ausweitung der Flächen für die Produktion von Ethanol zulasten der Flächen für Zucker von statten ging. Nach einer Angleichung bis Ende der 1990er Jahre steigen die Flächen für Zuckerproduktion wieder an. Erst im letzten Jahr, 2007, überwiegen die für Ethanol genutzten Zuckerflächen gegenüber jenen für die Zuckerproduktion wieder. Der für den Verbrauch in Brasilien produzierte Zucker blieb über den gesamten Zeitraum in etwa konstant, nur zur Hochblüte der Ethanolproduktion um 1985 sank dieser Anteil kurzfristig. Der Anstieg bei Zucker seit Mitte der 1990er liegt vor allem an der Dynamik in den Exporten, welche seit diesem Zeitraum um 300% gestiegen sind. Der pro Kopf Verbrauch in Brasilien hat sich zwischen 1970 und 2003 von 41 auf 56 Kilogramm erhöht und liegt über den gesamten Zeitraum um rund ein Drittel über dem europäischen Durchschnitt (Daten aus FAO 2007). Die Ausweitung der Exporte an Zuckerrohrprodukten führte bis dato nicht zu einer Verknappung des inländischen Zuckerangebots.

Kritik

Im wissenschaftlichen Diskurs um Nachhaltige Entwicklung werden Treibstoffe aus Biomasse (biofuels) zunehmend kritisch betrachtet, die Auswirkungen der Flächenkonkurrenz mit Grundnahrungsmitteln (i.e. die Verwendung von Feldfrüchten zur Produktion von Treibstoffen anstelle von Nahrungsmitteln) spitzen sich zu (Rathmann et al. 2009, Escobar et al. 2009, eine hervorragende Übersicht findet sich bei Fischer et al. 2009b). Weiters zeigen zahlreiche Studien auf, dass sich die erhofften CO₂ Einsparungspotentiale von so genannten *biofuels* nicht oder nur teilweise realisieren lassen. Durch Rodungen von natürlichen Wäldern sowie im

Zuge der Verarbeitung zu Ethanol oder Biodiesel wird CO₂ freigesetzt, wodurch die CO₂-Bilanzen von biofuels auch negativ sein können (Hoogwijk et al. 2005, Kavanagh 2006, und vor allem Searchinger et al. 2008). In Brasilien werden rund $\frac{3}{4}$ der jährlichen CO₂ Emissionen durch Entwaldung und so nur $\frac{1}{4}$ durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern verursacht (Fearnside und Hall-Beyer 2007). Hier drängt sich natürlich die Frage auf, ob es tatsächlich klimapolitische Überlegungen sind, die als Grund für die Ausweitung der Ethanolproduktion angeführt werden (wie beispielsweise in einer Rede des Staatspräsidenten Lula da Silva vor Mitgliedern der FAO in Rom (2008)).

Änderung der stofflich-energetischen Basis einer Ökonomie

Wie auch immer man die Klimawirksamkeit dieser Maßnahmen einschätzt, aus energetischer Perspektive kann der großflächige Einsatz von Agrartreibstoffen, ähnlich der Eisenproduktion mit Holzkohle, auch als Schritt von einer mineralischen zu einer organischen Ökonomie interpretiert werden. Denn gerade die durch den Einsatz fossiler Energieträger erreichte Loslösung von Fläche zur Bereitstellung von Energie ist das wichtigste Merkmal der Industriegesellschaft (Wrigley 1962, 1988). Durch die weitaus höhere Energiedichte von fossilen Energieträgern, sowie deren Vorkommen in konzentrierten unterirdischen Lagerstätten konnte eine Entkoppelung des Energiesystems von der Fläche erreicht und der unmittelbare Druck auf die bioproduktiven Flächen verringert werden (Sieferle et al. 2006). Am historischen Übergang vom agrarischen zum industriellen Regime zeigt sich ein Sinken des relativen Anteils von Biomasse an DEC und DMC, während der Anteil von mineralischen Energieträgern und Rohstoffen (zuerst Kohle und später Erdöl und Erdgas) zunimmt.

Wie Krausmann et al. (2008) zeigen, erfolgt durch die Industrialisierung der Landwirtschaft ein weiterer Schritt in Richtung einer Emanzipation des Energiesystems von der Fläche. Auf Basis von fossilenergiebasierten Technologien können die Flächenerträge vervielfacht und so der Drang zur Inwertsetzung von natürlichen Gebieten verringert werden. Mit einem höheren Energieinput wird der Biomasseertrag gesteigert. Allerdings hat die Intensivierung der Produktion in Brasilien nicht zu einer Verringerung des Drucks auf die Fläche geführt.

4.7.1. PROALCOOL

Implementierung

Exemplarisch für diese Strategie ist das 1975 initiierte PROALCOOL Programm. Aufgrund der Ölpreisschocks in den 70er Jahren, den damit verbundenen Preissteigerungen und dem hohen Devisenbedarf für Erdölimporte, wurde für die nationale Zuckerrohrindustrie ein neuer Absatzmarkt geschaffen. Das Bestreben, die Importabhängigkeit von Erdöl³⁶ zu verringern und dabei gleichzeitig den von fallenden Zuckerpreisen in Mitleidenschaft gezogenen Agro-industriellen Sektor zu unterstützen, führte also zur Implementierung von PROALCOOL.³⁷ Die Militärdiktatur

³⁶ Wobei erwähnt werden muss, dass für die Produktion von Ethanol fossile Treibstoffe notwendig sind, es somit keine vollständige Substitution geben kann (Macedo et al. 2004e).

³⁷ Tatsächlich arbeiteten die unterschiedlichen Regierungen Brasiliens schon seit den 1930er Jahren an der Beimischung von Ethanol zu Benzin, wodurch bereits auf eine gewisse

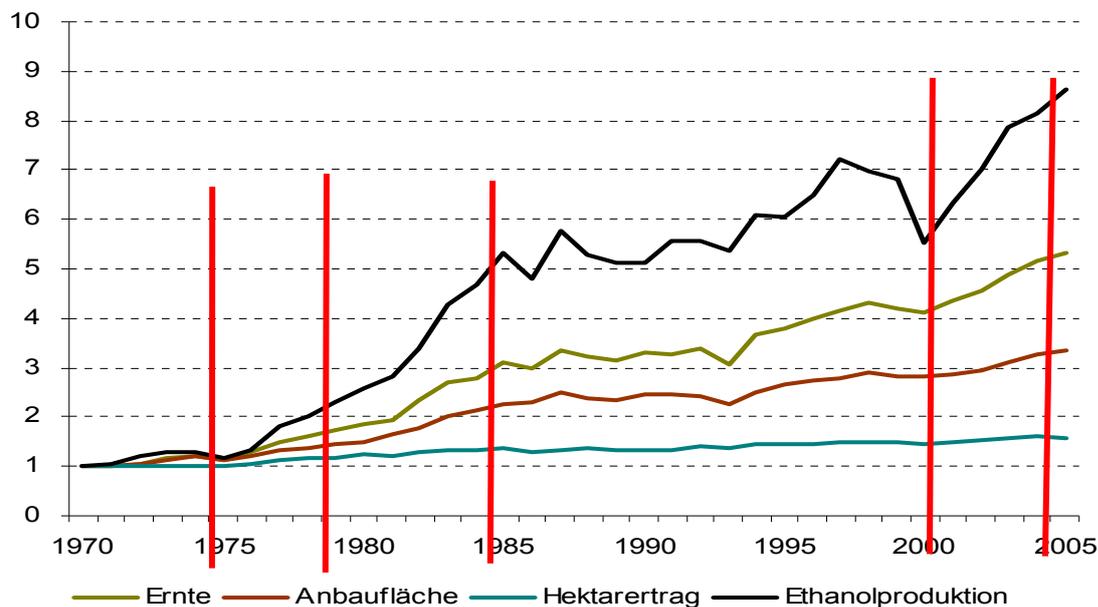
implementierte und steuerte eine Reihe von Maßnahmen. Die wichtigsten waren Preisstützungen von Ethanol und Abnahmegarantien für Ethanolproduzenten durch den staatlichen Ölkonzern PETROBRAS sowie Beimischungsverordnungen von Ethanol zu Benzin (Nass et al. 2007). Die *Banco do Brasil* vergab günstige Kredite für die notwendigen technologischen Änderungen bei der Zuckerverarbeitung, und die Infrastruktur für die Distribution von Ethanol wurde über das gesamte Land (das Monopol zur Distribution erhielt PETROBRAS) adaptiert. Zusätzlich wurde das staatliche Budget zur Forschung in diesem Bereich ausgeweitet, um durch Kostenreduktionen die Produktion zusätzlich anzutreiben (Nass et al. 2007).

Die Resultate dieses Zusammenspiels aus staatlichen Verordnungen und Unterstützungen für den Zucker- und Ethanolkomplex in Brasilien zeigt Abbildung 29. Das stoffliche Profil von Anbauflächen, Ethanolproduktion und Hektarerträgen spiegelt die wesentlichen Phasen von PROALCOOL wider (Rosilio-Calle und Cortez 1998).

PROALCOOL kann in vier Phasen unterteilt werden. In der ersten Phase von 1975 bis 1979 wurde das Programm implementiert und die Produktions- und Versorgungsinfrastruktur adaptiert. Durch oben genannte Maßnahmen wurde versucht, die aufgrund der gestiegenen Ölpreise drohende Energieknappheit abzuwehren. Nachdem beim zweiten Ölschock 1979 die Abhängigkeit von Ölimporten noch auf demselben Level war wie zur Zeit des ersten Ölschocks 1973 (Abb. 24a), wurden die Schritte der ersten Phase weiter verstärkt, um die Umstellung von der zuckerrohrproduzierenden- und weiterverarbeitenden Industrie sowie der Autoindustrie auf Ethanol zu verstärken. In den ersten beiden Phasen des Programms bis 1985 wurde durch eine gesetzliche Beimischungsverordnung von 20% Ethanol zu Benzin die Ethanolproduktion aus Zuckerrohr um rund 400% gesteigert. Der Zuwachs in diesem Zeitraum liegt in erster Linie an einer Erhöhung des Anteils der Ethanolproduktion an der gesamten Zuckerrohrernte, der von unter einem Prozent auf über 50% gesteigert wurde (Abb. 28). Bis zum Ende der zweiten Phase von PROALCOOL 1985 stieg die Ethanolproduktion in höheren Raten als Anbaufläche, Zuckerrohrernte und Hektarerträge. Zwischen 1985 und 2000 kam PROALCOOL nahezu zum Erliegen, die Zuckerrohrernte wuchs in höherem Ausmaß als die Ethanolproduktion. Seit 2000 steigt die Ethanolproduktion wieder stärker als die Zuckerrohrernte, ein Hinweis auf die zunehmende Verlagerung in der Zuckerrohrindustrie auf Ethanolproduktion (Vergleiche Abb. 28, ähnliche Ergebnisse finden sich bei Bolling und Suarez 2001).

technologische und infrastrukturelle Basis aufgesetzt werden konnte. Das *Instituto do Açúcar e do Alcool* (Institut für Zucker und Alkohol) wurde z.B. 1931 gegründet.

Abbildung 29: Die verschiedenen Phasen von PROALCOOL seit 1970



| | WR | 1975 | 1979 | 1985 | 2001 | 2005 |
|------------|-----|--------|---------|---------|---------|---------|
| Ernte | 5,3 | 91.525 | 138.899 | 247.200 | 345.942 | 423.025 |
| Fläche | 3,7 | 1.969 | 2.537 | 3.912 | 4.957 | 5.806 |
| Ertrag | 1,5 | 46.48 | 54,75 | 63,19 | 69,78 | 72,86 |
| Produktion | 6,7 | 2.148 | 4.241 | 9.819 | 11.716 | 15.978 |

Legende: Indexierte Darstellung, 1970 = 1. Anbaufläche und Hektarerträge der gesamten Zuckerrohrproduktion.

WR = Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate zwischen 1970 und 2005 in %

Ernte = jährliche Zuckerrohrernte in 1000t

Fläche = Anbaufläche von Zuckerrohr in 1000ha

Ertrag = Ertrag pro Hektar in t/ha (bezogen auf gesamte Anbaufläche)

Produktion = Ethanolproduktion in Millionen Liter

Quelle: Eigene Darstellung, Daten aus Schaeffer (2008a), FAO (2007), IBGE (2006); IBGE (1971), Martinelli und Filoso (2008)

Gleichzeitig wurden seit der Implementierung von PROALCOOL Ertragssteigerungen und Effizienzgewinne in der Ethanolproduktion erreicht. Neben einer Intensivierung in den Pflanzungspraktiken waren dies gentechnische Veränderungen (Nass et al. 2007, Rosilio-Calle und Cortez 1998). Das Ergebnis spiegelt sich in einer Verringerung der Importabhängigkeit von Ölimporten wider: Zwischen 1975 und 2005 sanken die Importe von Rohöl und Raffinerieprodukten um 25% (Vergleiche Abbildung 24b).

Die enge Koppelung der Produktion von Ethanol und Zuckerrohr zeigt sich in der Phase zwischen 1985 und 2000, in der das PROALCOOL Programm stagnierte. Sinkende Rohölpreise, steigende Preise für Zucker und die Einstellung der staatlichen Subventionen durch die demokratische Administration nach der Militärdiktatur trugen maßgeblich zu einer Stagnation des PROALCOOL Programms ab 1985 bei. In den 15 Jahren bis 2000 stieg die Zuckerrohrernte nur mehr um 40%, die Anbaufläche um ein Viertel. Die Hektarerträge stiegen zwar auch weiterhin an,

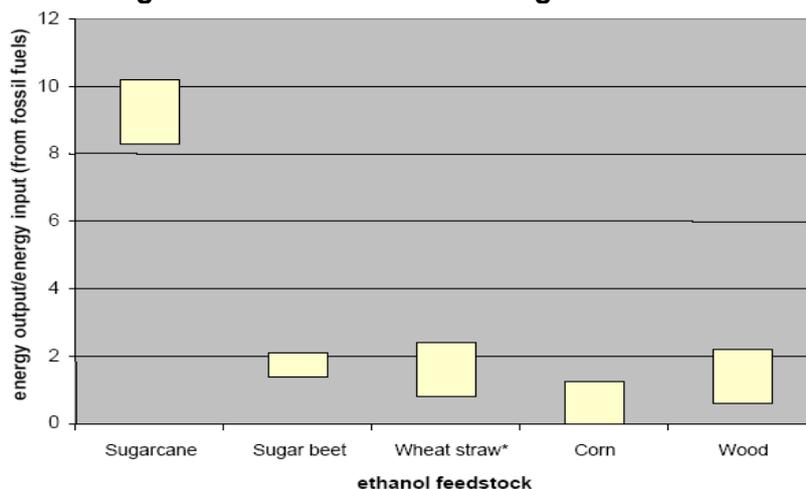
jedoch in geringerem Ausmaß als in der Phase vor 1985. 2006 wurden in Brasilien rund 55 % der Zuckerrohrernte für die Produktion von Zucker und 45 % für Ethanol verwendet (Nass et al. 2007), 2008 hat sich dieses Verhältnis bereits umgedreht (Schaeffer 2008).

4.7.2. Energetische Output / Input Raten in der Ethanolproduktion

Die Luftverschmutzung im Großraum São Paulo führte Mitte der 1990er Jahre zu einem politischen Maßnahmenpaket zur Reduktion der Schadstoffemissionen aus dem KFZ Verkehr (Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE)³⁸. Unter anderem sollte diese Reduktion durch eine Erhöhung von Kraftfahrzeugen mit Katalysatoren oder Ethanol erreicht werden. Auf der bundesstaatlichen Ebene wurden die Bemühungen um PROALCOOL seit Beginn des 21. Jahrhunderts wieder verstärkt. Besonders unter der Regierung Lula da Silva wird der Ethanolproduktion besonderer Stellenwert beigemessen. Auf internationaler Ebene besteht für die Politik und Wirtschaft Brasiliens aufgrund der Diskussion um Agrartreibstoffe und CO₂-Einsparungspotentiale eine begründete Hoffnung auf weiteren Ausbau der Ethanolexporte (Lula da Silva 2008).

Seit 2001 zeigt der Trend von Anbauflächen, Ernte und Ethanolproduktion steil nach oben, im Jahr 2008 wurden 18% der gesamten Ethanolproduktion von 22,5 Mrd. Liter exportiert (UNICA 2009). Im Fahrtwind von zahlreichen Studien zur hohen Produktivität von Ethanol aus Zuckerrohr verglichen mit Biodiesel aus Soja / Raps oder Ethanol aus Mais / Getreide versucht Brasilien sich als Vorbild auf dem Sektor alternativer Energien darzustellen (Macedo et al. 2004, Goldemberg et al. 2004, Goldemberg 2008a, Hill et al. 2006). Abbildung 30 zeigt die Netto-Energiebilanzen unterschiedlicher Agrartreibstoffe.

Abbildung 30: Netto-Energiebilanzen verschiedener Agrartreibstoffe



* second generation technology

Quelle: Goldemberg 2008a

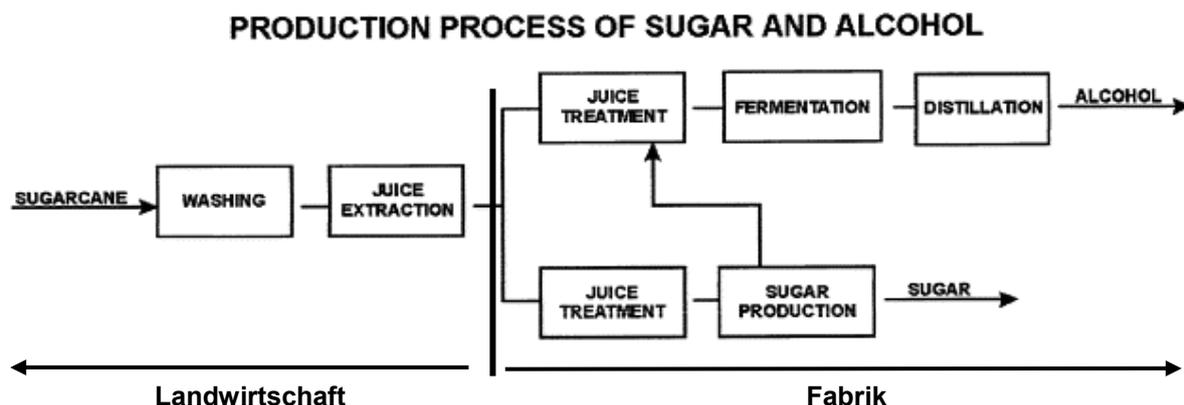
³⁸ siehe <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/proconve.asp> (13.08.2009)

Es zeigt sich, dass Ethanol aus Zuckerrohr (EZ) eine weitaus höhere energetische O/I Rate³⁹ aufweist als andere Agrartreibstoffe. Worin ist diese O/I Rate begründet, wo liegen die im Gegensatz zu den anderen Agrartreibstoffen so vorteilhaften Produktionsbedingungen?

Produktion von Zuckerrohr und Ethanol

Um diese Frage beantworten zu können, bietet es sich an, den Produktionsprozess von Zuckerrohr, von der Ernte bis zur Herstellung von Ethanol genauer anzusehen (Abb. 31). Die Daten für die energetischen Vorleistungen für die Produktion von Ethanol aus Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*) sind Macedo et al. (2004) entnommen. Für den Vergleich werden Studien von Shapouri et. al (1995), Hill (2006) und Quintero et. al (2007) herangezogen, welche den energetischen O/I von Ethanol aus Mais (EM) analysieren.⁴⁰ Um die Vergleichbarkeit beider Prozesse zu erleichtern, werden die Inputs (energetischen Vorleistungen für die Produktion des jeweiligen Treibstoffes) als % des Outputs von einer Tonne Ethanol aus Zuckerrohr oder Mais angegeben (Tab. 17).

Abbildung 31: Produktionsprozess von Zucker und Alkohol



Quelle: Moreira und Goldemberg (1999), eigene Ergänzungen

³⁹ diese wird definiert als „...the energy contained in a given volume of ethanol divided by the fossil energy required for its production (in the form of fertilizers, pesticides, diesel fuel spent in mechanized harvesting and the transportation of sugarcane to the processing mill...“ (Goldemberg 2008, S. 5).

⁴⁰ Die unterschiedlichen Jahre der beiden Studien resultieren in einer eher konservativen Schätzung der O/I Rate von Ethanol aus Getreide.

Tabelle 17: Energetische Vorleistungen für die Produktion von Ethanol aus Zuckerrohr und Mais

| | Einheit | Ethanol aus Zuckerrohr (EZ) | Ethanol aus Mais (EM) |
|---|----------|-----------------------------|-----------------------|
| Energiegehalt in einer Tonne Rohstoff ⁴¹ | [MJ / t] | 2.090 | 33.332 |
| Input Düngemittel und Pestizide | [%] | 4,38 | 10,00 ⁴² |
| Input Transport und Produktion des Rohstoffes | [%] | 9,65 | 27,44 |
| Produktion von Ethanol | [%] | 2,36 | 61,15 |

Legende: Energetische Inputs in % des Outputs von Ethanol aus einer Tonne Zuckerrohr bzw. Mais.

Quelle: Daten für Ethanol aus Zuckerrohr sind Macedo et al. (2004), für Ethanol aus Mais Shapouri et al. (1995), Hill (2006) und Quintero et. al (2007) entnommen, eigene Berechnungen.

Die Darstellung der Prozesskette in Abbildung 31 beginnt erst nach der Ernte von Zuckerrohr, der Energieaufwand für Rodungen und allfällige Vorbereitungen des Bodens für die Kultivierung von Zuckerrohr sind in den Energiebilanzen von Ethanol aus Zuckerrohr und Mais nicht enthalten. Zuckerrohr ist eine mehrjährige Pflanze, nach deren Ernte ein Stamm übrig bleibt, der wieder neu austreibt. Während des Wachstums benötigt Zuckerrohr Inputs an Stickstoff, Phosphor, Kalium und Kalk sowie Herbizide, Pestizide und Samen. Die O/I Rate liegt bei Ethanol aus Zuckerrohr (EZ) rund um die Hälfte niedriger als bei Ethanol aus Mais (EM). Die Ernte erfolgt sodann entweder durch Erntemaschinen oder – wie häufig im Nordosten oder bei mechanisch nicht bearbeitbaren Gebieten anzutreffen – per Hand.⁴³

Im Zuge der manuellen Ernte von Zuckerrohr werden zuerst die Felder angezündet und dadurch einerseits Stängel und scharfe Blätter sowie giftige Tiere vernichtet, andererseits dient die Asche zur Düngung. Bei der Ernte durch Erntemaschinen werden Bagasse und energiereiche Teile der Pflanze gleich auf den Feldern getrennt. Der Input an technischer Energie für Produktion und Transport von Zuckerrohr liegt bei 9,65% des energetischen Outputs von Ethanol aus einer Tonne Zuckerrohr (EM: 27,44 %). Die gewonnene Saccharose wird dann weiterverarbeitet und die übrig bleibende Bagasse zur Gewinnung von mechanischer Energie verbrannt. Hier liegt ein wesentliches Faktum des äußerst niedrigen Energieinputs bei der Herstellung von Ethanol aus Zuckerrohr. Es wird keine externe Energie für Elektrizität für die Fermentierung und Destillierung im Produktionsprozess von

⁴¹ Dem rund 15x höheren energetischen Output pro Tonne bei Ethanol aus Mais steht der weitaus geringere Hektarertrag (ca. 5% von Zuckerrohr) entgegen, wodurch Zuckerrohr insgesamt einen höheren energetischen Output pro Hektar aufweist.

⁴² Hill (Hill et al. 2006) geben ein energetisches I/O Verhältnis von Düngemitteln und Pestiziden zu Ethanol von 10 % an.

⁴³ Macedo (2004) nimmt eine Rate von 35/65 (mechanisch/manuell) an. Vergleicht man dies mit Daten des Ministeriums für Landwirtschaft und Viehzucht (CONAB 2008) ist dieser Anteil zu gering geschätzt, die ein Verhältnis von 25/75 für Brasilien berichtet (29/71 im Südosten, und nahezu die gesamte Ernte manuell (2/98) im Nordosten).

Ethanol verwendet. Durch die Inputs an Chemikalien, Schmiermitteln sowie die Verwendung von Gebäuden und Maschinen beläuft sich der technische Energieinput auf nur 2,36% des energetischen Outputs von Ethanol aus einer Tonne Zuckerrohr (im Gegensatz zu 61,15% bei Ethanol aus Mais). In dieser effizienteren Verarbeitung, basierend auf langjähriger Erfahrung, liegt letzten Endes auch der enorme energetische Vorteil von Ethanol aus Zuckerrohr.⁴⁴

Energieinputs von menschlicher Arbeitskraft

Die Studien von Macedo et al. (2004), Shapouri et al. (1995), Hill (2006) und Quintero et al. (2007) beziehen nicht alle energetischen Inputs für die Produktion des jeweils in ihren Studien analysierten Treibstoffs mit ein. Es finden sich in keiner Studie Hinweise darauf, dass neben dem technischen (in der Form von Diesel) auch der menschliche Energieinput mit einbezogen wird. Durch den geringen Mechanisierungsgrad der Zuckerrohrproduktion in Brasilien (im Vergleich zur Maisproduktion- und Ernte in den USA) führt dies zu einer Überschätzung der O/I Rate von EZ. Eine umfassende LCA müsste also auch den energetischen Input der ArbeiterInnen auf den Zuckerrohrfeldern und den Ethanolfabriken beinhalten!⁴⁵

4.7.3. Ökologische und soziale und Kosten der Zuckerrohrproduktion

Ökonomische und energetische Wettbewerbsvorteile von Ethanol aus Zuckerrohr lösen in Brasilien eine neue Euphorie in Politik, Industrie und Agrarwirtschaft aus. Brasilien und andere Länder des Südens erhoffen sich von den boomenden Bioenergiemärkten die Generierung von neuen Arbeitsplätzen und Einkommensmöglichkeiten in gering entwickelten Regionen, Förderung von Technologie sowie Einnahmen an Steuern und Devisen (Sawyer 2008). Doch es gibt zunehmend kritische Stimmen, die den positiven Auswirkungen die ökologischen und sozialen Kosten gegenüberstellen.

4.7.3.1. Ökologische Kosten

CO2 Emissionen durch Rodungen

Neben den bei Ethanol aus Zuckerrohr durchwegs hohen Reduktionspotentialen in Bezug auf Energieeinsatz zeigt sich, dass durch den Einsatz von Biomasse statt fossilen Energieträgern die CO₂ Emissionen oftmals nur in geringem Ausmaß reduziert werden können. So wird bereits vor der Ernte von Zuckerrohr für die Produktion von Ethanol CO₂ freigesetzt. Vor der Pflanzung ist es notwendig, Flächen zu roden. Dies wird in Brasilien vorwiegend durch Niederbrennen der ursprünglichen Vegetation erledigt, wodurch das in der vorhandenen Biomasse enthaltene CO₂ sowie die im Boden gespeicherten Kohlenstoffe freigesetzt werden (Fargione et al. 2008, Searchinger et al. 2008). Macedo et al. (2004) nimmt in seiner Studie eine

⁴⁴ Studien, die monetäre Indikatoren als Vergleichsbasis verwenden, attestieren durchwegs Ethanol aus Zuckerrohr höhere monetäre Rentabilität. Dies ist auf die niedrigen Preise für Zuckerrohr, geringe Lohnkosten sowie die generell niedrigen Energiepreisen in Brasilien zurückzuführen (Quintero et al. 2007, Goldemberg et al. 2004, Rathmann et al. 2009).

⁴⁵ Des Weiteren sind gerade die Arbeitsbedingungen der *cortadores de cana* Anlass von heftiger Kritik, die von niedrigen Löhnen, extremen Arbeitszeiten, fehlenden arbeitsrechtlichen Absicherungen bis hin zu sklavenähnlichen Zuständen auf den Zuckerrohrplantagen reichen. Dieser Punkt wird weiter unten gesondert diskutiert.

Rate von vier Jahren an, in der das durch die Rodungen frei gesetzte CO₂ durch die Photosynthese der Zuckerrohrpflanzen neutralisiert wird. Diese Schätzung basiert allerdings auf dem Anbau von Zuckerrohr auf Weideflächen. Bezieht man die Konversion von Regenwald in Anbauflächen für Zuckerrohr in die Analyse ein, steigen die CO₂ Emissionen um den Faktor 11 (Searchinger et al. 2008)!

Zuckerrohrproduktion

Die intensive Bewirtschaftung von Ackerflächen mit Zuckerrohr geht mit schwerwiegenden Umweltfolgen einher (Martinelli und Filoso 2008). Aufgrund der mit Zuckerrohr verbundenen Managementpraxen liegen die Böden häufig brach, wodurch eine hohe Erosionsrate festzustellen ist. Diese wird durch die Verdichtung der Böden aufgrund schwerer Erntemaschinen und die dadurch verringerte Fähigkeit zur Wasseraufnahme verstärkt. Im Vergleich zu Wald- und Weideflächen liegt die Erosionsrate in intensiv mit Zuckerrohr bepflanzten Gebieten mit 30 Mg (= Tonnen) Boden pro Hektar und Jahr rund 15x höher (Sparovek und Schnug 2001, zit. nach Martinelli 2008, S. 888). Durch die starke Erosion werden auch Grundwasser und umliegende Gewässer überdurchschnittlich belastet. Unterschiedliche Messungen konstatieren erhöhte Anteile an Pestiziden, Stickstoffen und verschiedenen Schwermetallen in nahe an Zuckerrohrplantagen gelegenen Gewässern. Der Großteil der unterschiedlichen in Brasilien gepflanzten Zuckerrohrarten hat einen mit rund 80– 100 kg/ha/Jahr relativ niedrigen Bedarf an Stickstoffdünger. Dies wird jedoch durch die niedrige Konversionseffizienz beeinträchtigt, rund 60-80 % des auf den Feldern ausgebrachten Stickstoffdüngers werden nicht von den Pflanzen aufgenommen und werden ausgewaschen oder gasen aus – mit negativen Effekten. Einige wenige Zuckerrohrarten sind durch Symbiose mit Stickstoff fixierenden Bakterien in der Lage atmosphärischen Stickstoff in den Wurzeln zu binden, wodurch in der weiteren Erntefolge der Düngungsbedarf an Stickstoff sinkt (Pedraza 2008). Während der Ernte stellt das Abfackeln von Zuckerrohr eine Quelle von atmosphärischer Verschmutzung dar. Durch die Erhöhung der Bodentemperatur, Verringerung des Wassergehaltes und Bodenverdichtung wird die Erosion beschleunigt. Martinelli schätzt die gesamte Fläche, auf der Zuckerrohr vor der Ernte verbrannt wird, auf rund 4,9 Millionen Hektar für das Jahr 2007 (Martinelli und Filoso 2008). Die Konzentrationen an Aerosolen übersteigen während der Erntezeit oftmals die staatlich festgelegte Obergrenze von 70 µg/m³ bei weitem. Zudem entstehen bei der Verbrennung verschiedene karzinogen wirkende Verbindungen, die hohe Risiken für die auf den Feldern arbeitenden *cortadores* sowie die BewohnerInnen der umliegenden Gegenden darstellen. Unterschiedliche politische Maßnahmen, wie ein Gesetz im Bundesstaat São Paulo aus dem Jahr 2002, legen die Einstellung des Abfackelns von Zuckerrohrfeldern bis zum Jahre 2021 fest.⁴⁶

⁴⁶ In dieselbe Kerbe schlagen auch die Prognosen von CTC, CONAB und UNICA, die die gesamte Ernte von Zuckerrohr ab dem Jahr 2015 durch Maschinen erledigt prognostizieren. Ein Problem dabei ist die Möglichkeit der Bearbeitung von Zuckerrohr auf steilen Abhängen bis zu 45 Grad, wie sie derzeit noch Gang und Gebe ist. Die dringendere Frage ist jedoch jene der Arbeitsmöglichkeiten der *cortadores*, die häufig wegen der Verdrängung von ihrem Land Jobs in der Zuckerrohrindustrie annehmen müssen. Eine nahe liegende Folge ist Migration in die urbanen Metropolen, die ihrerseits zahlreiche Probleme mit sich bringt.

Ethanolproduktion

Während der Verarbeitung von Zuckerrohr zu Ethanol entstehen entgegen zahlreichen Aussagen über die Umweltfreundlichkeit der Produktionsprozesse (Macedo 2004, Macedo 2008, Schaeffer 2008) verschiedene die Umwelt belastende Abfälle. Martinelli (Martinelli und Filoso 2008) sieht das Schmutzwasser, welches durch das Waschen der Zuckerrohrstämme anfällt, sowie die während der Destillation entstehende Winasse als die zwei schwerwiegendsten Probleme. Das heiße Schmutzwasser ist mit Nährstoffen angereichert und führt zu einer Erhöhung von Algenbildung und Wassertemperatur in den Gewässern unterhalb der Mühlen. Dies zieht eine Veränderung in der Artenzusammensetzung der Gewässer sowie der anliegenden Gebiete nach sich (Ometto 2000, zit. nach Martinelli 2008). Für einen Liter Ethanol entstehen rund 12 bis 13 Liter Winasse, die ursprünglich einfach in die Gewässer abgeleitet wurden – die Effekte sind ähnlich jenen des Schmutzwassers durch das Waschen der Zuckerrohrstämme. Gunkel et. al (2007) stellen in einer Fallstudie zur Verschmutzung des Ipjoca Flusses im Bundesstaat Pernambuco fest, dass die seit 1981 gängige Praxis der *fertigation*⁴⁷ von Zuckerrohrfeldern (mittels mit Winasse angereicherten Abwässern) die Eutrophierung von umliegenden Gewässern nur wenig verringert hat.

Biodiversität

Neben diesen direkt mit der Kultivierung und Ernte von Zuckerrohr verbundenen Risiken ist noch eine weitere Folge zu bedenken. Die Konversion von natürlichen Ökosystemen in Misch- und Monokulturen zieht unwiderrufliche Verluste an Biodiversität nach sich, die neben dem Amazonasgebiet auch *Cerrado* und *Caatinga* betreffen (Klink und Machado 2005, Sawyer 2008).

4.7.3.2. Soziale Kosten

Die Zuckerrohr- und Ethanolindustrie schafft im Gegensatz zur hoch mechanisierten Sojawirtschaft rund eine Million Arbeitsplätze in Brasilien mit einem durchwegs höheren Lohnniveau als in vergleichbaren Industriezweigen. Im Umfeld der Zuckerrohrfelder und Ethanoldestillieren wird Infrastruktur für Erntehelfer und deren Familien errichtet, und unterschiedliche Bildungsprogramme für diese Menschen werden initiiert (Rathmann et al. 2009).

Allerdings bringen intensive agrarische Praktiken, wie sie der Anbau von Monokulturen bedingt, zahlreiche gesundheitsschädliche Auswirkungen für Erntehelfer und BewohnerInnen angrenzender Gebiete mit sich. Zusätzlich zeugen unterschiedliche Berichte von Arbeitsbedingungen auf den Zuckerrohrfeldern, die an die Zeit vor der Abschaffung der Sklavenhaltung 1888 erinnern. Der gravierendste Fall dieser Art wurde am 30. Juni 2007 im Bundesstaat Pará entdeckt. Auf der Zuckerrohrfarm des brasilianischen Konzerns *Pagrisa* (Pará Pastoral e Agrícola S.A.) wurden von Arbeitsinspektoren 1.064 ArbeiterInnen gefunden und befreit, die unter sklavenähnlichen Zuständen für 10 Reais im Monat schufteten und unter zahlreichen Krankheiten litten (Biondi et al. 2009). *Pagrisa* produziert rund 50 Millionen Liter Ethanol pro Jahr.

⁴⁷ Eine Zusammensetzung der Wörter *fertilization* und *irrigation*.

Auswirkungen auf Kleinbauern

Im Bundesstaat São Paulo werden pro Ernte rund 40.000 Erntehelfer aus den armen Regionen des Nordostens angestellt. In einem auf Monokulturen fixierten agrarischen System, welches zunehmend Kleinbauern verdrängt, führt der Entzug der unmittelbaren Subsistenzgrundlage zu Migrationsbewegungen dieser Menschen. Die oftmals von Vertretern der Zuckerrohrindustrie betonte Möglichkeit neuer Absatzmärkte für Kleinbauern existiert de facto nicht, da die Investitionen in die Umstellung auf Zuckerrohr oftmals unleistbar sind. Eine staatliche Investitionspolitik, die große Produzenten bevorzugt, trägt ihr übriges dazu bei. Mendonça (2006) zufolge sind 87,3 % der ländlichen Erwerbstätigen in kleinen, 10,2% in mittleren und lediglich 2,5% in großen Produktionseinheiten beschäftigt, wobei ein Großteil der Nahrungsmittel in kleinen Produktionseinheiten geerntet werden. Andererseits überstiegen die Kredite der *Banco do Brasil*, die 10 transnationale Konzerne im Jahr 2004 erhielten, mit 4,5 Milliarden Reais die gesamten Kredite, die von PRONAF (Programa Nacional do de Fortalecimento da Agricultura Familiar - Nationales Programm zur Stärkung familiärerer Landwirtschaft) an Kleinbauern vergeben wurden.

Arbeitsbedingungen auf den Zuckerrohrfeldern

So genannte *gatos* heuern die Kleinbauern unter Vortäuschung von gutem Lohn an und bringen sie in die Erntegebiete, wo sie zuerst die Fahrtkosten abarbeiten müssen. Die Baracken, in denen die Arbeiter untergebracht werden, – und wofür noch einmal rund die Hälfte des Lohnes bezahlt werden muss – sind oftmals in einem mangelhaften Zustand und überfüllt. In Arbeitstagen von acht bis zwölf Stunden werden die Zuckerrohrhalme abgeschlagen, während die Arbeiter die giftigen Dämpfe der Asche einatmen (Martinelli 2008). Diese werden dann manuell in die Lagerhäuser gebracht, wo den Arbeitern in der Regel Akkordlohn pro geernteter Tonne Zuckerrohr bezahlt wird. Wurden in den 1980er Jahren noch ca. sechs Tonnen pro Tag geerntet, so hat sich dieser Wert auf aktuell bis zwölf Tonnen pro Tag erhöht, wofür rund 800 Reais bezahlt werden (Mendonça 2008, Barrocal 2007). Martinelli und Filoso (2008) berichten, dass hier nicht das tatsächliche Gewicht abgewogen, sondern die geerntete Fläche mit Faktoren für Produktivität multipliziert und so eine (hypothetische) Erntemenge berechnet wird.⁴⁸ Dies geschieht in der Regel ohne die Erfahrungswerte der Erntehelfer, sodass Willkür Tür und Tor geöffnet ist. Erschwerend kommt hinzu, dass durch den fortschreitenden Mechanisierungsgrad der Ernte die Arbeiter in die hügeligen und schwer zu bearbeitenden Gebiete verdrängt werden, wo keine Maschinen eingesetzt werden können. Die drastischste Folge dieser Arbeitsbedingungen sind zahlreiche Todesfälle durch Überarbeitung: Allein zwischen 2004 und 2008 wurden im Bundesstaat São Paulo achtzehn solcher Todesfälle berichtet.⁴⁹

⁴⁸ Die offizielle brasilianische Behörde für die Sammlung von landwirtschaftlichen Daten – CONAB – schätzt als Beispiel die täglich geerntete Menge an Zuckerrohr je nach Bundesstaat auf 7 – 8 Tonnen täglich (CONAB 2008).

⁴⁹ Dazu zwei Anmerkungen: Daten laut offizieller Statistik, die Dunkelziffer dürfte weitaus höher liegen, da die großen Latifundien oftmals durch *gatos* bewacht werden und Behörden der Zutritt erschwert wird (Land Research Action Network 2009a). Dass dieser Tatsache von wichtigen Befürwortern der Ethanolindustrie mit Geringschätzung begegnet wird, zeigt die Aussage von Goldemberg (2008, S. 2094): *However, local problems still exist. In Sao Paulo State, in the last three seasons (2004 to 2007), 19 cases of workers deaths were reported.*

Verbesserung von Arbeitsbedingungen und Löhnen

Es gibt jedoch auch positive Entwicklungen und Widerstand gegen diese Praktiken zu berichten. So bildeten sich zahlreiche Netzwerke aus (semi-staatlichen) kirchlichen oder zivilstaatlichen Organisationen, die versuchen die Lebensbedingungen von Kleinbauern und ArbeiterInnen im Agrarsektor ins Licht der Öffentlichkeit zu rücken und Druck auf die Besitzenden auszuüben. Ein Beispiel ist das aus WissenschaftlerInnen und NGO-AktivistInnen bestehende *Rede Social de Justiça e Direitos Humanos*, welches sich für die Rechte von ArbeiterInnen und KleinbäuerInnen einsetzt (Mendonça 2008). Die Ausweitung von Monokulturen für Exportfrüchte und Agrartreibstoffe sowie gentechnisch veränderte Pflanzen stehen dabei im Zentrum der Kritik. Zum Beispiel werden in der Region Ribeirao Preto (Bundesstaat São Paulo), wo sich die höchste Konzentration an Zuckerrohrplantagen befindet und häufig Menschenrechtsverletzungen passieren, immer wieder Fabriken und Landflächen besetzt. Ein weiteres Beispiel sind Proteste gegen GMO's und transnationale Konzerne, die sich zunehmend auch auf internationale Netzwerke berufen und so weite Aufmerksamkeit erregen (Unter anderem finden sich Berichte auf den Internetseiten des Land Research Action Network (2009b), *World War 4 Report, MST Brasilien*, www.avaaz.org oder *La Via Campesina*, eine ausgezeichnete Darstellung von Umweltschutz und Sozialen Bewegungen findet sich bei Hochstetler und Keck 2007). Letztendlich reagiert auch die politische Führung auf diese Forderungen und weitet gesetzliche Maßnahmen (zum Beispiel die teilweise Anpassung der Arbeitsbedingungen an die Standards der internationalen Arbeitsorganisation – ILO im Bundesstaat São Paulo) und Kontrollmechanismen aus.

4.7.4. Ausweitung von Anbauflächen

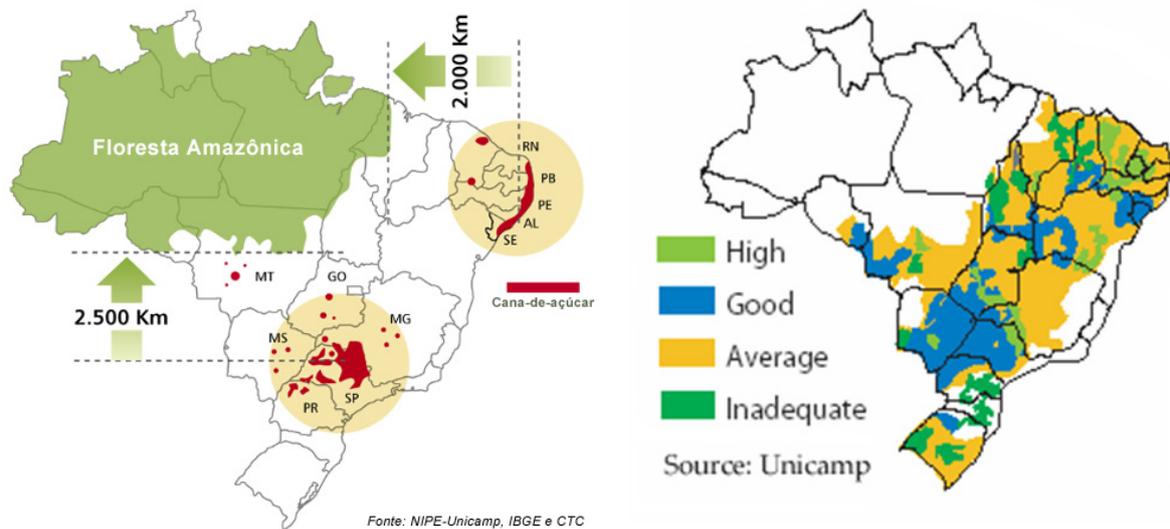
Länder mit weiten Flächen und einer geringen Bevölkerungsdichte eignen sich, sofern es keine klimatischen oder edaphischen Einschränkungen gibt, hervorragend für Weidewirtschaft und Produktion von pflanzlicher Biomasse. Diese Formen der Landnutzung können in Konkurrenz mit anderen Formen der Landbedeckung wie beispielsweise natürlicher Vegetation treten. Die Verteuerung von Nahrungsmitteln durch den Boom an Agrartreibstoffen (der ersten Generation) und Entwaldung von tropischen Regenwäldern und Savannen sind oftmals diskutierte Kritikpunkte (siehe unter anderem Rathmann et al. 2009, Searchinger 2008, Fargione et al. 2008, Fischer et al. 2009b).

4.7.4.1. Potentiale

Offiziellen Stellen zufolge sind die Folgen der Ausweitung von Zuckerrohranbauflächen nur von geringer Relevanz. So schließen etwa Goldemberg et. al (2008b), Rathmann et al. (2009) oder Martinelli und Filoso (2008) das Potential für eine ökologisch verträgliche Ausweitung der Anbauflächen als sehr hoch ein. Abbildung 32 sowie Tabelle 18 fassen die wesentlichen Kennzahlen für die Inwertsetzung von landwirtschaftlichen Flächen zur Zuckerrohrproduktion zusammen.

Strong publicity has been given to such issues but it seems these can be isolated cases because work conditions in sugarcane crops seem to be better than in other rural sectors.

Abbildung 32: (a) Regionale Verteilung und (b) Potentiale für weitere Anbauflächen von Zuckerrohr (2006)



(a) Quelle: UNICA (2009)

(b) Quelle: Schaeffer (2008)

Tabelle 18: Veränderungsraten in Ernte und Anbauflächen von Zuckerrohr nach einzelnen Bundesstaaten

| Bundesstaat | Indikator | Zeitraum | Rate | Quelle |
|--------------------|-------------|-------------|--------|----------------|
| Amazonas | Ernte | 2001 - 2008 | 58 % | UNICA |
| Pará | Ernte | 2001 - 2008 | 103 % | UNICA |
| Mato Grosso do Sul | Anbaufläche | 2008 - 2009 | 36,9 % | UNICA |
| Minas Gerais | Anbaufläche | 2008 - 2009 | 24,2 % | UNICA |
| Mato Grosso | Anbaufläche | 2005 - 2008 | 29,6 % | Canasat (INPE) |
| Goiás | Anbaufläche | 2008 - 2009 | 39,9 % | UNICA |

Abbildung 32a zeigt die Anbauflächen von Zuckerrohr für das Jahr 2008. Zuckerrohr wird in Brasilien zu 85 % im Südosten (São Paulo, Minas Gerais, Goiás) und zu 15% im Nordosten gepflanzt. Diese insgesamt 5,8 Millionen Hektar Anbaufläche liegen durchwegs in *Cerrado* und *Mata Atlântica* an der Südostküste. Durch die hohe Bevölkerungsdichte und den bereits beträchtlichen Nutzungsgrad der landwirtschaftlich geeigneten Flächen in den Gebieten des (nahezu völlig entwaldeten) *Mata Atlântica* werden die Gebiete des *Cerrado* und *Caatinga* als potentielle Anbauflächen von Zuckerrohr betrachtet.

Dazu ist es hilfreich, sich noch einmal die Flächennutzung in Brasilien zu vergegenwärtigen. 2005 weist die Statistik rund 60 Millionen Hektar Agrarflächen aus, davon 5,8 Mio ha für den Anbau von Zuckerrohr und 21,5 Mio ha für Soja. Rund 200 Mio ha wurden als Weideflächen genutzt. Weitere 60 Mio ha sind forstwirtschaftliche genutzte Waldflächen. Abbildung 32b weist die potentiellen weiteren Anbauflächen für Zuckerrohr auf. In der zugrunde liegenden Studie, welche von drei staatlichen Organisationen (CGEE, NIPE, CTC) zusammen mit der Universität Campinas durchgeführt wurde, wird diese Fläche auf rund 270 Millionen

Hektar geschätzt (Leite et al. 2009). Die Autoren rechnen mit einer Ausweitung auf rund 42 Mio ha Anbaufläche bis 2025, wodurch 10 % des gesamten globalen Ethanolbedarfs gedeckt werden könnten. Die ökonomische Attraktivität der Ethanolproduktion für die Agrarindustrie ist daher kaum zu unterschätzen. Zudem schließen Leite et. al (2009) den Bericht mit dem Hinweis, dass nicht ökologische, sondern vielmehr Limitationen im Investitionskapital zu überwinden sind, um diese Potentiale zu verwirklichen.

Tabelle 18 fasst die bisherigen Wachstumsraten von Zuckerrohrproduktion und Anbauflächen zusammen. Diese sind in den Bundesstaaten Goiás, Minas Gerais, und Mato Grosso del Sul mit rund 30% pro Jahr unter den höchsten in Brasilien. Alle drei Bundesstaaten liegen im *Cerrado* und grenzen im Norden an das Amazonasgebiet. Die potentiellen Anbauflächen (Abbildung 32b) stellen die 270 Mio Hektar noch einmal detailliert in unterschiedlichen Eignungsgraden dar, wobei die Flächenproduktivität zwischen 81,4 t /ha/jr (high) und 64,87 t /ha/jr (average) geschätzt wird (Schaeffer 2008). Teile des *Mata Atlântica* (topographisch nicht geeignet), *Pantanal* (Naturschutzgebiet – wobei Mendonca (2008) eine Gesetzesänderung erwähnt, wonach Zuckerrohrfabriken im *Pantanal* erlaubt werden) und Amazonasgebiet werden als nicht potentielle Flächen ausgenommen. Im Zusammenhang mit dem Amazonasgebiet wird häufig das Argument vorgebracht, dass Zuckerrohr eine Trockenzeit benötigt, welche in tropischen Klimaten nicht vorkommt. Dennoch wird Zuckerrohr in diesen Gebieten gepflanzt, zudem arbeiten EMBRAPA und CENA an genetischen Veränderungen, um Zuckerrohr in Klimaten ohne Trockenzeit pflanzen zu können.⁵⁰ Auch weisen die Wachstumsraten der Zuckerrohrernte in den zwei größten Amazonasbundesstaaten, Amazonas und Pará eine hohe Dynamik auf. Wenngleich hier 2008 lediglich 1,2 % (CONAB 2008) des gesamten Zuckerrohrs geerntet werden, so listet Mendonça (Mendonça 2008) zahlreiche geplante Projekte zur Ausweitung des Zuckerrohranbaus im Amazonasgebiet auf. In eine ähnliche Richtung weisen Fischer et. al (2009b, S. 190), die zwar im Gegensatz zu Leite die für die Kultivierung von Zuckerrohr geeigneten Flächen in Brasilien auf nur 50 Mio ha schätzen, diese aber durchaus auch im Amazonasgebiet verorten.

Zurzeit (2009) liegt der Schwerpunkt für potentielle Agrarflächen im *Cerrado*, einem Gebiet, welches in den letzten 35 Jahren zu mehr als der Hälfte in landwirtschaftlich nutzbare Flächen umgestaltet worden ist und dessen Entwaldungsraten um ein zwei- bis dreifaches höher sind als im Amazonasgebiet (Zuurbier und Van de Vooren 2008, Kap. 2, Sawyer 2008). Die Voraussetzungen dafür sind auf den ersten Blick günstig: ein relativ flaches Plateau mit ausreichender Wasserversorgung und eine gut ausgebaute Infrastruktur mit Anbindung zu den großen Überseehäfen an der Küste. PETROBRAS arbeitet derzeit (2009) am Bau von zwei Ethanolpipelines, die Cuiaba (Mato Grosso) und Senador Canedo (Goias) mit São Paulo und in weiterer Folge Rio de Janeiro verbinden.⁵¹ Allerdings sind die Böden im *Cerrado* aufgrund des hohen Aluminiumgehalts relativ nährstoffarm und brauchen dadurch einen hohen Input an

⁵⁰ So wird z.B. auch daran gearbeitet, Winterweizen dahingehend zu verändern, dass er ohne eine Kälteperiode gezogen werden kann.

⁵¹ Eine sehr interessante Graphik dazu findet sich auf der Internetseite von TRANSPETRO, dem für Infrastrukturausbau zuständigen Tochterkonzern von PETROBRAS (<http://200.184.189.110/portugues/centralInformacoes/mapa.htm>)

Düngemitteln, um für Ackerbau nutzbar zu sein (Klink und Machado 2005). Flächenkonkurrenz mit anderen landwirtschaftlichen Nutzungen, wie beispielsweise die derzeit dominanten Weide- oder Sojawirtschaft, sind zusätzlich zu erwarten.

4.7.4.2. Mögliche Grenzen der Expansionsbestrebungen

Die Bestrebungen nach der Ausweitung von Zuckerrohanbau (bzw. auch der Sojawirtschaft und anderen cash crops) konzentrieren sich vor allem auf Flächen, die derzeit für die Produktion von Nahrungsmitteln verwendet werden, auf brachliegende Landwirtschaftsflächen und schließlich auf die für Weidewirtschaft genutzten Flächen. Im Folgenden werden diese Aspekte für unterschiedliche regionale Ebenen bzw. Bevölkerungsschichten diskutiert.

Auswirkungen auf die Produktion von Nahrungsmitteln

Die Folgen dieser Ausweitung zeigen sich in Brasilien nicht in jenem Ausmaß, wie sie sich in dicht besiedelten Entwicklungs- und Schwellenländern bereits zeigen (Fischer et al. 2009a). Tabelle 19 zeigt die Veränderungsraten in der Produktion ausgewählter Nahrungsmittel in Brasilien.

Tabelle 19: Veränderungsraten in der Produktion ausgewählter Nahrungsmittel

| Produkt | Erntemenge 90-92 ⁵² (1000 t) | Erntemenge 03-05 (1000 t) | Veränderungsrate in Prozent |
|--------------------|--|------------------------------|--------------------------------|
| Reis ⁵³ | 9.950 | 11.304 | + 13,60 |
| Maniok (Cassava) | 23.593 | 23.982 | + 1,65 |
| Süßkartoffel | 621 | 516 | - 16,94 |
| Pará Nuss | 37 | 29 | - 22,55 |
| Ackerbohnen | 25 | 7 | - 70,17 |

Quelle: Eigene Berechnungen, Daten aus FAO (2007) und IBGE (2007a)

Maniok ist ein traditionell für die Landbevölkerung sehr wichtiges Grundnahrungsmittel, gemeinsam mit schwarzen Bohnen, Reis und Salat stellt es die Zutaten für eine *Feijoada* dar, einen Eintopf, der bei der armen Bevölkerung häufig auf dem Speiseplan zu finden ist. Die Ernte an Maniok hat zwischen 1990-1992 und 2003-2005 lediglich um 1,65 % zugenommen, bei Ackerbohnen hat sie sich massiv verringert, geringer fällt die Abnahme bei der Ernte von Süßkartoffeln aus.⁵⁴ Die Anbaumenge von Reis steigt zwar um 13,6 Prozent, liegt aber dennoch bei weitem niedriger als der Anstieg bei den Exportfrüchten, welche im gleichen Zeitraum um 54% (Zuckerrohr) sowie 181% (Soja) gestiegen sind. Es sind dies alles Nahrungsmittel, die eher auf kleinräumlich bewirtschafteten Flächen gepflanzt wurden und werden. Noch deutlicher wird der Zusammenhang, wenn man nur die

⁵² Zur Elimination von starken Schwankungen wird der Mittelwert aus jeweils drei aufeinander folgenden Jahren verwendet.

⁵³ Da die Reisproduktion 1990 rund 40% niedriger lag als in den Jahren 1987 – 1992, sowie 2004 und 2005 ein Anstieg von 30 % gegenüber der Periode 2001 – 2003 bzw. 2006 - 2007, wurden die gemittelten Jahre 1987 – 1992, sowie 2006 – 2007 verwendet.

⁵⁴ Diese Abnahmen sind natürlich nicht alleinig auf die Ausweitung von cash crops zurückzuführen, sondern sind auch in allgemeinen Änderungen in Ernährungs- und Konsummuster begründet.

Bezirke (portugiesisch: *microregiões*) mit den höchsten Zuwachsraten an Zuckerrohr (> 1000 ha zwischen 2000 und 2007) betrachtet. 2,63 Mio Hektar Zuwachs an Fläche für Zuckerrohr gehen einher mit einem Rückgang von rund 35.000 Hektar Maniokfläche und 69.000 Hektar Bohnenfläche. Diese Entwicklung zeigt sich nicht für das Gesamtsystem Brasilien, sondern ist räumlich konzentriert und betrifft vor allem die untersten Bevölkerungsschichten. Für diesen Teil der Bevölkerung ist die Möglichkeit von Subsistenzwirtschaft Grundlage für seine Ernährungssicherheit.

Potential von Bracheflächen

Der Zuckerrohranbau kann auf brach liegende Flächen ausgeweitet werden, wodurch negative ökologische Auswirkungen durch Landveränderungen sowie Konkurrenz mit Nahrungsmittelproduktion vermieden werden. Hier besteht durchwegs Potential, wie Staatspräsident Lula da Silva in einer Rede am Welternährungsgipfel 2008 in Rom betonte

„...Our sugar-cane plantations, in other words, are about as far away from the Amazon as the Vatican is from the Kremlin. In addition, Brazil has another 77 million hectares of farmland – far from the Amazon – which are still unused. That is an area a little larger than France and Germany together. And we still have another 40 million hectares in under-used, degraded pasture land, which could be recovered to plant food and sugar cane...” (Lula da Silva 2008).

Allerdings gibt es auch hier Einschränkungen. Diese Flächen sind nicht oder unzureichend durch Infrastruktur und Wasserversorgung erschlossen, hohe Investitionen in deren Ausbau sind notwendig. Wäre dies rentabel, so schließt Mendonça (2008), warum sind diese Flächen nicht bereits bisher für den Anbau von anderen cash crops verwendet worden? Dies liegt nicht selten daran, dass diese Flächen zu Spekulationszwecken bzw. *grillagem* verwendet werden, der illegalen Inbesitznahme von Land. Wie auch immer, die Erschließung von entlegenen Gebieten durch Infrastruktur bietet wiederum die Möglichkeit für ein weiteres Vordringen und die Konversion natürlicher Gebiete in Landwirtschaftsflächen.

Intensivierung der Rinderhaltung und Nutzung von Weideflächen

Eine letzte Möglichkeit für die Expansion von cash crops ist die Verdrängung der Weidewirtschaft, die mit der wenig effizienten Flächennutzung der Viehwirtschaft begründet wird. Dies bietet den Vorteil, dass die natürliche Vegetation bereits gerodet ist und somit weniger CO₂ Emissionen bei der Konversion entstehen. Goldemberg (2008b) zitiert eine Studie, wonach die Ausweitung von Zuckerrohr im Zeitraum 2002 – 2006 im Bundesstaat São Paulo durchwegs auf Weideflächen vonstatten gegangen ist, wodurch weder Konkurrenz mit anderen Feldfrüchten noch Entwaldungen verursacht worden sind. Ähnlich argumentiert Shean (2003), der das höchste Ausweitungspotential für Sojaanbau auf Weideflächen sieht.

Der erste Kritikpunkt betrifft in Anlehnung an Mendonça (2008) die Tatsache, dass das Ersetzen von Weide- durch Zuckerrohrflächen keineswegs unproblematisch ist, da die Pflanzung mit Monokulturen weitaus höhere ökologische Belastungen mit sich bringt als Rinderhaltung. Zweitens zeigt sich auf der nationalstaatlichen Ebene kein Rückgang des Viehbestandes, der Rinderbestand hat kontinuierlich zugenommen

(Abb. 26a). Entgegen der Aussage von Goldemberg (2008b), wonach durch eine Erhöhung der Rinderzahl pro Hektar kein Druck auf weitere Flächen ausgeübt wurde, zeigen Daten des *Pesquisa Pecuária Municipal* (1974-2007) eine Verringerung des Rinderbestandes in Bezirken mit einer Zunahme der Zuckerrohrflächen über 10.000 Hektar (Tabelle 20).

Tabelle 20: Zuckerrohr vs. Viehbestand – in Gemeinden mit einer Anbaufläche von über 10000 ha Zuckerrohr

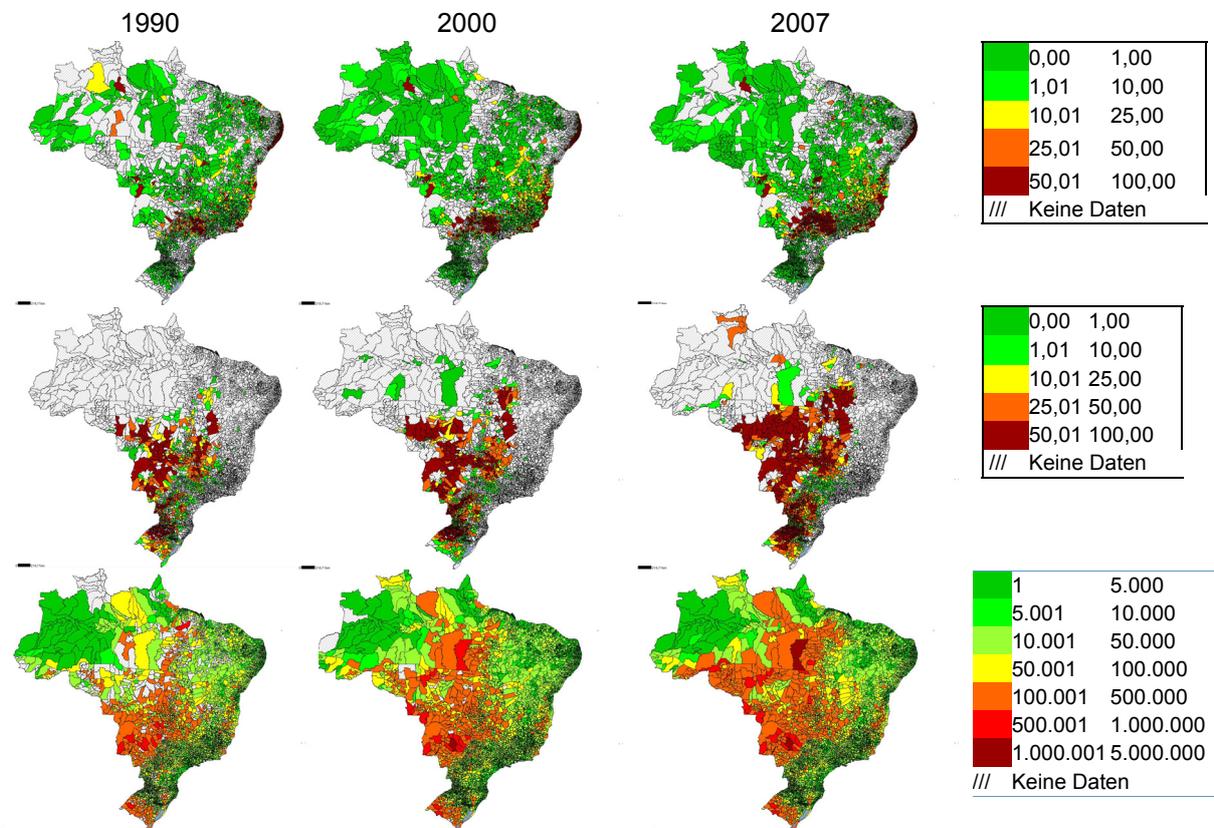
| | Zuckerrohr (Ha Anbaufläche) | Viehbestand (Stückzahl) |
|---------------------|--|------------------------------------|
| 2000 | 3.020.294 | 34.491.854 |
| 2007 | 5.120.446 | 32.245.581 |
| Zu / Abnahme | + 2.100.152 | - 2.246.273 |

Quelle: Eigene Berechnungen, Daten aus (IBGE 2009)

Diese überwiegend im Bundesstaat São Paulo liegenden Gebiete weisen bei einer Ausweitung von Zuckerrohr um 2,1 Mio ha eine Abnahme des Rinderbestandes von 2,25 Mio Stück auf. Der landesweit steigende Bestand an Weidetieren ist demnach ein Hinweis für Verdrängungs- bzw. Verlagerungseffekte.

Durch die geringe Bevölkerungsdichte, hohe Konzentration des Landbesitzes und niedrigen Preise für Land in den Regionen weiter im Norden scheint eine Expansion der Viehhaltung attraktiver als eine Intensivierung, welche die oben besprochenen Probleme wie Erosion und Auslaugung der Böden mit sich bringt. Sawyer zitiert eine Studie von Rolf Hackbart, Leiter des ISPN (Instituto Sociedade, População e Natureza), wonach Viehzüchter, die ihr Land an Soja- oder Zuckerrohrbauern verkaufen, sich in den peripher gelegenen Gebieten rund zehnmal so große Flächen leisten können. Die durchschnittlichen Landpreise sind im Norden siebenmal niedriger als im Süden (Hackbart 2007, zit. nach Sawyer 2008). Eine Bestätigung dieses ökonomischen Anreizes für die Ausweitung von landwirtschaftlichen Tätigkeiten (insgesamt) von Süden in Richtung Norden zeigt Abbildung 33. Exemplarisch dafür wurden die drei wichtigsten landwirtschaftlichen Sektoren (Weidewirtschaft, Soja und Zuckerrohr) ausgewählt.

Abbildung 33: Regionale Verteilung von Zuckerrohr (Reihe 1), Soja (Reihe 2) und Weidewirtschaft (Reihe 3) von 1990, 2000 und 2007



Legende:

Zuckerrohr – Anteil an gesamter Anbaufläche für temporäre Kulturpflanzen pro Bezirk in %

Soja – Anteil an gesamter Anbaufläche für temporäre Kulturpflanzen pro Bezirk in %

Weidewirtschaft - Stückzahl Rinder pro Bezirk

Quelle: Zuckerrohr und Soja aus IBGE (2007b)

Weidewirtschaft aus IBGE (2009)

Die neun Karten in Abbildung 33 zeigen folgendes Ergebnis: Die Ausweitung der Anbauflächen von Zuckerrohr trifft auf die traditionellen Anbauggebiete von Sojaflächen im mittleren Westen und den Bundesstaaten Minas Gerais und Goiás (Die Expansion der Sojaflächen wurde, wie vorhin erwähnt, im Wesentlichen ab den 1990ern begonnen). Wenngleich auch bisher der Großteil der Ausweitung von Zuckerrohranbauflächen noch im Südosten geschehen ist, so weisen die bei Mendonça (2008) erwähnten Projekte auf eine wesentliche Änderung dieses Musters hin. Für Soja wird das Potential zur Ausweitung der Anbauflächen auf rund 1,5 Mio km² eingeschätzt (Flaskerud 2003). Minas Gerais und Goiás sind zusätzlich Gebiete, in denen die Weidehaltung stark verbreitet ist und die Wachstumsraten seit 1996 - als zahlreiche Importverbote für Rindfleisch aus Brasilien fielen - förmlich explodiert sind. Ausgehend vom Bundesstaat Goiás zeigt sich seit den 1990er Jahren ein Vordringen der Weidewirtschaft nach Norden Richtung Pára (entlang der BR 136, die Cuiaba mit Santarem verbindet und durch die Gemeinde mit dem größten Bestand an Rindern und den höchsten Entwaldungsraten – Novo Progresso - führt). Und genau hier liegt die „Arche der Entwaldung“, das Gebiet mit den höchsten

Entwaldungsraten im Amazonasgebiet (Fearnside 2007, Fearnside und Hall-Beyer 2007). Die Ausweitung von Sojaproduktion an die Grenzen von *Amazônia Legal* ist ein starker Driver für Entwaldung, da beispielsweise in der Gegend um Santarem (Pára) der Sojaanbau die Rechtfertigung für große Infrastrukturprojekte liefert, die wiederum den Weg für Abholzung, Rinderwirtschaft und Landspekulationen bereiten.

Obwohl die Karten in Abbildung 33 keinen unmittelbar direkten Einfluss des Anbaus von Zuckerrohr bzw. Soja auf die Ausweitung landwirtschaftlicher Tätigkeiten nach Norden bestätigen und Rinderhaltung im Gebiet von *Amazônia Legal* aufgrund zahlreicher anderer Beweggründe forciert wird, ist dennoch – entsprechend dem *precautionary principle*⁵⁵ – folgendes festzuhalten. Ein Konkurrenieren um bzw. gegenseitiges Verdrängen von landwirtschaftlich produktive(n) Flächen kann zu höheren Preisen führen, die weitere Anreize für zusätzliche Produktion darstellen und so diese Dynamik weiter antreiben. Mangelnde Absatzchancen sind dabei kein Hinderungsgrund, wie Leite et al. (2009) für Ethanol und Flaskerud (2003) für Soja zeigen. Auch wird der im internationalen Vergleich noch relativ geringe Energiekonsum in den nächsten Jahren weiter steigen und so mehr Ethanol in die Tanks von Flex-fuel Kraftwagen fließen. Zudem bieten die ansteigenden Trends für Fleischkonsum, sowohl global als auch in Brasilien, weitere Anreize für eine Ausweitung der industriellen Viehhaltung.

Primäres Kapital für all diese Tätigkeiten ist Landfläche, und diese ist begrenzt. Stark wachsende Raten des Verbrauchs an Biomasse sind so an eine Art von Kapital gebunden, das fixe Grenzen aufweist und sich nicht erweitern lässt. Wie in dieser Arbeit gezeigt wurde, ist ökonomische Wertschöpfung in Brasilien überaus eng mit der Inwertsetzung von Land verknüpft. Es verwundert daher nicht, dass trotz zahlreicher nationaler Gesetze zu Schutzgebieten und Verboten von Entwaldung die Inwertsetzung von Land rapide voranschreitet. Die Auswirkungen auf soziale Faktoren wie Arbeitsbedingungen der niedrig qualifizierten ArbeiterInnen, Möglichkeiten für Subsistenzwirtschaft und Landverteilung unterscheiden sich in den einzelnen landwirtschaftlichen Sektoren nur graduell.

Nach der neoliberalen Politik unter der Administration von Fernando Henrique Cardoso erhofften sich Kleinbauern 2002 vom derzeitigen Präsidenten Lula da Silva die Durchsetzung der seit langem geforderten Landreform, um die krassen Unterschiede in Vermögen und Einkommen zu verringern sowie eine Verbesserung in der Umweltgesetzgebung zu erreichen. Staatliche Förderprogramme für kleinräumliche, ökologische Landwirtschaft wie PRONAF oder Gesetze zum Schutz von Biodiversität bieten Raum für Hoffnung. Auf der anderen Seite steht eine Form der Landwirtschaft, die export- und profitorientiert ist. So ist die Wahl des Sojabarons Blairo Maggi als Gouverneur von Mato Grosso ein Beispiel für dieses Entwicklungsmodell, welches primär ökonomisches Wachstum forciert. Auf staatlicher und internationaler Ebene drückt sich dies in Werbefeldzügen für Ethanol (wie beispielsweise im Juni 2008 eine Rede vor der FAO in Rom, Lula da Silva 2008) sowie zahlreichen bilateralen Handelsabkommen aus. Den schwierigen Spagat

⁵⁵ Auch Sawyer (2008, S. 1749) schreibt in einer Studie zum Einfluss von Agrartreibstoffen auf Amazonasgebiet und *Cerrado* „*scientific studies are needed to verify the reports and allegations about negative impacts that mushroomed in 2007 ... and to quantify impacts of various crops and production technologies in different locations.*”

zwischen diesen beiden Formen von Landwirtschaft zu schaffen, ist grundlegend für eine sozial, ökologisch und ökonomisch nachhaltige Entwicklung in Brasilien.

5. Schluss

Bevor nun abschließend unterschiedliche Entwicklungstendenzen zwischen 1970 und 2005 zusammengefasst und ein kurzer Ausblick gegeben wird, ist es notwendig, auf regionale Aspekte des Ressourcenverbrauchs in Brasilien hinzuweisen.

Regionale Aspekte des Ressourcenverbrauchs

Material- und Energieflussanalysen, wie sie in dieser Arbeit angewendet wurden, bieten einerseits extensive Indikatoren für absolute Flussgrößen eines betrachteten Systems, andererseits werden die pro Kopf Werte (für Vergleiche der nationalen Daten mit anderen Ländern) in der Regel auf die gesamte Bevölkerung bezogen. Diese Werte können allerdings keine räumlichen und sozialen Ungleichverteilungen wieder geben. Ein enormer Ressourcenverbrauch eines kleinen Segments der Gesamtbevölkerung und ein sehr niedriger Verbrauch von großen Gruppen führen zu einem gleichen Wert wie eine Gesellschaft mit einer sehr ähnlichen Verteilung des Ressourcenverbrauchs. Je asymmetrischer also Wohlstand oder Ressourcenverbrauch innerhalb eines Landes verteilt sind, desto verzerrter sind auch Durchschnittswerte über die gesamte Bevölkerung.

In Ländern mit einer weiten geographischen Ausdehnung und einer hohen Bevölkerungsanzahl müssen Durchschnittswerte mit Vorsicht gelesen und interpretiert werden. In Brasilien kommen noch die ungleiche Verteilung von Macht und Besitz (Vermögen, Land) hinzu, zentrale soziale Brennpunkte in Brasilien. Diese Ungleichverteilung zeigt sich auch regional. Die Regionen im Inneren des Landes bzw. im Nordosten sind im Vergleich zu den Regionen des Südens und Südostens ökonomisch wenig entwickelt und weisen eine geringe Urbanisierung auf. Alphabetisierungsgrad und Lebenserwartung sind im Vergleich gering. Doch auch die ökonomisch hoch entwickelten Regionen sind von Ungleichheit und Armut – wie beispielsweise in den Favelas von Rio de Janeiro und São Paulo – geprägt. Diese regionale Verteilung trifft auch auf die Extraktion von Rohstoffen, Weiterverarbeitung zu höheren Produkten und letztlich Konsum zu. Die Liste ließe sich noch lang weiterführen.

Im Rahmen eines vom ÖNB Jubiläumsfonds geförderten und gemeinsam von Institut für Soziale Ökologie und lokalen Partnern durchgeführten Projektes wurden unterschiedliche regionale Ebenen miteinander verglichen, der Bezirk Lençóis Maranhenses im Nordosten des Bundesstaates Maranhão mit Maranhão und den (vorläufigen) Ergebnissen dieser Diplomarbeit (Eisenmenger et. al 2008). Es zeigen sich unterschiedliche Dynamiken im Ressourcenverbrauch, welcher auf nationaler Ebene anstieg, auf provinzieller und bundesstaatlicher Ebene hingegen rückläufig war. Auch die absolute Höhe des Materialverbrauchs sowie die Nutzung unterschiedlicher Ressourcen variieren beträchtlich (Annex 2).

Diese kurzen Ausführungen am Ende der vorliegenden Arbeit sollen dabei behilflich sein, die vorangehende Datenfülle regional besser verorten zu können sowie daran

erinnern, dass gesamtgesellschaftliche Entwicklungstendenzen in Brasilien regional unterschiedlich greifen bzw. zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können.

Para onde o Brasil está indo?

Die Entwicklung der biophysischen Ökonomie Brasiliens seit 1970 zeigt, dass Material- und Energieverbrauch stark gestiegen sind. Die höchsten Wachstumsraten zeigen sich bei den Exporten, die sich in diesem Zeitraum um den Faktor 10 erhöhten. Brasilien nimmt heute bei Soja, Ethanol, Eisen- und Aluminiumexporten eine wichtige Stellung im Welthandel ein. Die inländische Materialentnahme liegt mit 15,2t pro Kopf und Jahr über dem globalen und europäischen Durchschnitt. Dieser im internationalen Vergleich hohe Wert ist großteils auf die Entnahme von Biomasse zurückzuführen. In materieller und energetischer Hinsicht ist Biomasse der größte Input in die Ökonomie. Der Futterbedarf der Weidetiere, Zuckerrohr für die Bereitstellung von Transportenergie und Soja als wichtiges Exportgut sind die größten Posten in diesem Bereich. Doch auch die Eisen- und Stahlindustrie, ein weiterer Schlüsselsektor für die Exportwirtschaft, benötigt hohe Mengen an Holzkohle zur Weiterverarbeitung von Roheisen zu Eisen und Stahl. Der inländische Energieverbrauch liegt mit 125 GJ pro Kopf und Jahr unter den Werten der EU-15, Steigerungen in Konsum und Wohlstand werden auch eine Erhöhung des Energiekonsums mit sich bringen.

Auf der gesamtgesellschaftlichen Ebene zeigt sich, dass die zwischen 1964 und 1985 regierende Militärdiktatur ein schweres ökonomisches Erbe hinterlassen hat. Eine Folge der hohen Verschuldung, die während dieser Periode angehäuft wurde, waren die seit dieser Zeit nur mehr gering ansteigenden pro Kopf Einkommen. Damit im Zusammenhang steht auch die seit den 1980er wieder ansteigende Material- und Energieintensität: Es werden zunehmend mehr stoffliche Inputs pro monetären Output benötigt.

Mitte der 1970er Jahre begann Brasilien, Importe an fossilen Energieträgern zu Gunsten von im Inland produziertem Ethanol zurückzuschrauben. Wenngleich anfangs ökonomische Gründe ausschlaggebend waren, so verlagert sich dies zunehmend hin zu einer ökologischen Debatte. Eine auf Biomasse basierende Nachhaltigkeitsstrategie konkurriert notwendigerweise mit anderen Formen von Landnutzung. Biomasse ist nicht wie fossile Energieträger in unterirdischen Lagerstätten konzentriert, sondern dezentral, weitaus geringer konzentriert verfügbar und benötigt daher hohe Aufwendungen für den Transport. Zuletzt ist die Verwendung von Biomasse als Treibstoff mit erheblichen energetischen Inputs und CO₂ Emissionen durch Landnutzungswandel verbunden, wodurch mögliche CO₂ Einsparpotentiale verringert werden. Ethanol aus Zuckerrohr weist dabei eine im Vergleich mit anderen Agrartreibstoffen hoch positive energetische Bilanz auf, weswegen diese Form der Nachhaltigkeitsstrategie durch die politische Administration und Agrarlobby massiv forciert wird. Fasst man dies nun im Sinne von A. Wrigley noch einmal zusammen, so stellt sich die Frage, ob Brasilien sich weg von einer mineralischen hin zu einer modernen organischen Ökonomie bewegt oder gar das typische metabolische Profil industrialisierter Ökonomien überspringt?

Der Übergang von einer fortgeschritten agrarischen zu einer industrialisierten Ökonomie zeigt sich in der Substitution von organischen durch mineralische

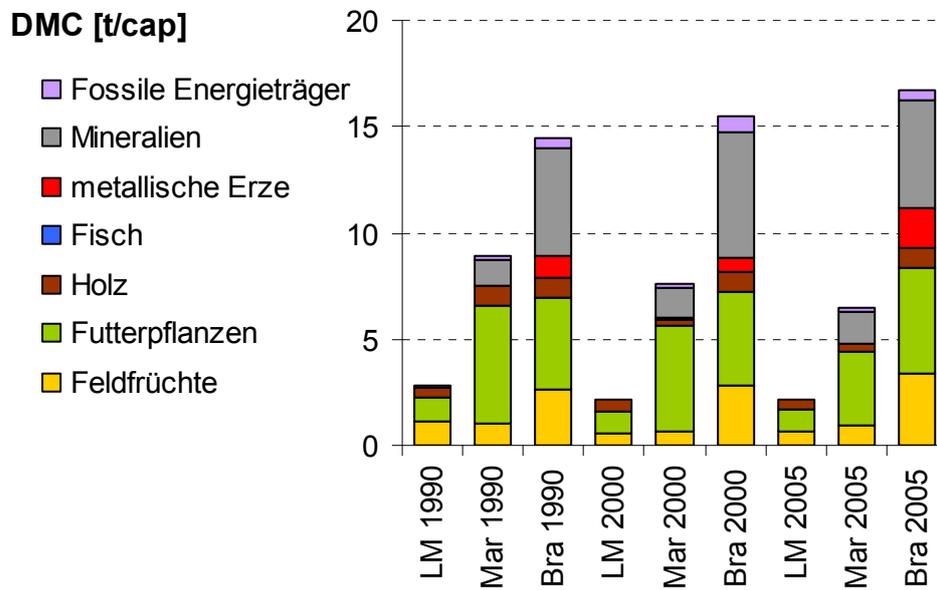
Rohstoffe. Nun kann im Falle von Brasilien weder 1970 noch 2005 von einer rein organischen Ökonomie gesprochen werden. Der Südosten und Süden sind hoch technologisierte Zentren, in denen ein Großteil der gesamten Wirtschaftsleistung erzeugt wird. Die überwiegende Mehrheit der Bevölkerung lebt in Städten, und insgesamt weist Brasilien eine höhere Urbanisierung als die meisten OECD Länder auf. Diesel und Benzin stellen 85% der gesamten für Transport verwendeten Treibstoffe. Doch andererseits zeigen die Ergebnisse von Material- und Energieflussanalyse eben einen beträchtlichen Anteil von Biomasse und einen im Vergleich mit anderen Schwellenländern niedrigen Anteil an fossilen Energieträgern. Die zunehmende Inwertsetzung von peripheren Regionen, die Erschließung natürlicher Gebiete und das Voranschreiten von *frontier farming* im mittleren Westen und Norden sind daher Ausdruck eines Entwicklungsmodells, welches stark auf das Vorhandensein von fruchtbaren Böden setzt. Gleichzeitig bringt diese Ausweitung der Flächen aber nicht notwendigerweise auch eine Ausweitung von Land besitzenden Familien mit sich. Die Verteilung des Landbesitzes in Brasilien ist im globalen Vergleich sehr ungleich, durch die großflächige Bewirtschaftung mit Monokulturen können aufgrund von Skalenerträgen höhere ökonomische Gewinne als beim kleinräumlichen Anbau von unterschiedlichen Feldfrüchten erzielt werden. Ein Grund, weswegen diese Form der Landwirtschaft in Brasilien dominiert.

Aufgrund dieser Entwicklungen und Trends, mit all ihren Gemeinsamkeiten und Unterschieden, kann Brasilien also nicht als eine fortgeschritten organische Gesellschaft charakterisiert werden. Treffender ist die Bezeichnung einer *gekoppelt organisch-mineralischen Ökonomie* mit einem Zentrum in den hoch entwickelten Regionen des Südostens und Südens und dessen Kolonien im mittleren Westen, Nordosten und Norden. Brasilien ist eine Gesellschaft, die auf eine Nachhaltigkeitsstrategie setzt, die auf organischen Fortschritt – im Sinne von A. Wrigley einer Entwicklung basierend auf Fläche - gestützt ist. Die günstigen edaphischen und klimatischen Bedingungen sowie die noch relativ geringen Raten des pro Kopf Energiekonsums sind wesentliche Voraussetzungen dafür. Eine Annäherung an den Energiekonsum hoch industrialisierter Länder wird die Grenzen dieser Nachhaltigkeitsstrategie immer deutlicher erscheinen lassen und sich, wie so häufig in Brasilien, in sozialen Spannungen manifestieren.

Biophysische Analysemethoden sind hilfreich für das Verständnis der Entwicklung der Ökonomie Brasiliens und zeigen, dass eine Analyse, die Industrialisierung lediglich durch ein Fortschreiten von Wissenschaft, Technologie und Ökonomie begründet sieht, zu kurz greift oder sogar zu falschen Schlüssen verleitet. Biophysische Muster von Ressourcennutzung aus einer integriert sozial-ökologischen Perspektive zu analysieren, ermöglicht die Offenlegung spezifischer Muster von Ökonomie und Gesellschaft Brasiliens. Hierfür soll diese Arbeit einen Beitrag leisten.

Annex 2: Regionale Verteilung des Ressourcenverbrauchs

DMC (t/Kopf) für Lençóis Maranhenses (LM), Maranhão (Mar) und Brasilien (Bra)



Legende: DMC = Domestic Material Consumption

Quelle: Eisenmenger et al. 2008

6. Literatur

- 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.
- Aroeira L.J.M., Lopes F.C.F, Deresz F., Verneque R.S., Dayrell M.S., de Matos L.L., Maldonado-Vasque H., und Vittori A. (1999): Pasture Availability and Dry Matter Intake of Lactating Crossbred Cows Grazing Elephant Grass (*Pennisetum purpureum*, Schum.). In: *Animal Feed Science and Technology* 78, S. 313-324.
- Ayres, Robert U. (1994): Industrial Metabolism: Theory and policy. In: Ayres, R. U. und Simonis, U. E. (Hgs.): *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo, New York, Paris: United Nations University Press, S. 3-20.
- Ayres, Robert U. und Ayres, Leslie W. (1999): *Accounting for Resources, 2, The Life Cycle of Materials*. Cheltenham, UK and Lyme, US: Edward Elgar.
- Ayres, Robert U. und Kneese, Allen V. (1969): Production, Consumption and Externalities. In: *American Economic Review* 59 (3), S. 282-297.
- Barrocal, André (2007): Crescimento 'chinês', exploração 'chinesa': duas faces do etanol. In: *Carta Maior*, 01.06.2007
- Bethell, Leslie (Hg.) (1984 – 1986): *The Cambridge History of Latin America*, Vols. I, II, III, V. Cambridge: Cambridge University Press.
- Biondi, Antonio, Monteiro, Mauricio, und Glass, Verena (2009): *Brazil of Biofuels, Volume 3 - Sugarcane*. Brazil: Biofuel Watch Center - NGO Repórter Brasil
- Bolling, Christine und Suarez, Nydia (2001): *The Brazilian Sugar Industry: Recent Developments*. Special Article, Economic Research Service, 2001.
- Brito, José (1997): Fuelwood Utilization in Brazil. In: *Biomass and Bioenergy* 12(1), S. 69-74.
- Bunker, Stephen G. (1985): *Underdeveloping the Amazon: Extraction, Unequal Exchange and the Failure of the Modern State*. Chicago: Chicago University Press.
- Bunker, Stephen G. und Ciccantell, Paul S. (2005): *Globalization and the race for resources*. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press
- Bünning, Torsten (1992): *Ökonomische, soziale und ökonomische Probleme der Industrialisierung in Amazonien: Die Eisen- und Stahlindustrie des Caraja-Projekts*. Diplomarbeit, Institut für Politikwissenschaften, Freie Universität Berlin

- Castellano, Hercilio (2001): *Material Flow Analysis in Venezuela.*, unpublished.
- Cleveland, Cutler J. und Ruth, Matthias (1999): Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use. In: *Journal of Industrial Ecology* 2(3), S. 15-50.
- CONAB (2008): Perfil do Setor do Açúcar e do Alcool no Brasil. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento
- Demarchi, J. J. A. A., Manella M.Q., Lourenço, A. J., Alleoni, G. F., Frighetto, R. T. S., Primavesi, O., und Lima M.A. (2003): Preliminary Results on Methane Emissions by Nelore Cattle in Brazil Grazing Brachiaria Brizantha cv. Marandu. In: *Proceedings of the 3rd International Methane and Nitrous Oxide Mitigation Conference*. Beijing, S. 80-84.
- DNPM (1971): *Anuário Mineral Brasileiro 1971*. Vol 1. Brasília.
- DNPM (2002): *Anuário Mineral Brasileiro 2002*. Vol 30. Brasília.
- DNPM (2006a): *Anuário Mineral Brasileiro 2006*. Ano XXXV. Brasília.
- DNPM (2006b): *Mineral Summary 2006*. Brasília
- DNPM (2008): *Anuário Mineral Brasileiro 2008*. Ano XXXVII. Brasília.
- Eisenmenger, Nina (2008): A Biophysical View on Trade and the International Division of Labour. Dissertation, Institute of Social Ecology, Alpen-Adria-Universität.
- Eisenmenger, N., Gaube, V., Mayer, A. und Do Nascimento, F. S. (2008): IARU - Integrated Assessment of Resource Use in Lençóis Maranhenses, Northeast Brazil. Final report to the ÖNB Jubiläumsfonds, Project No. 12089, April 2008. Wien: IFF Soziale Ökologie.
- Eisenmenger, N. und Giljum, S. (2007): Evidence from Societal Metabolism Studies for Ecological Unequal Trade. In: Hornborg, A. und Crumley, C. L. (Hgs.): *The World System and the Earth System: Global Socioenvironmental Change and Sustainability since the Neolithic*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press, S. 288-302.
- EPE (2006): *Brazilian Energy Balance*. Rio de Janeiro: Ministry of Mines and Energy. Empresa de Pesquisa Energética.
- Escobar, Jose C., Lora, Electo S., Venturini, Osvaldo J., Yanez, Edgar E., Castillo, Edgar F., und Almazan, Oscar (2009): Biofuels: Environment, technology and food security. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(6-7), S. 1275-1287.

- 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 (2007): *Economy Wide Material Flow Accounts and Resource Productivity. EU15 1970-2004*. Luxembourg: European Statistical Office.
- Falconi, Fander (2001): Integrated Assessment of the Recent Economic History of Ecuador. In: *Population and Environment* 22(3), S. 257-280.
- FAO (2002): FAOSTAT fisheries data.
<http://apps.fao.org/page/collections?subset=fisheries>.
- FAO (2005): FAOSTAT 2005, FAO Statistical Databases: Agriculture, Fisheries, Forestry, Nutrition (CD Rom). Rome: FAO.
- FAO (2006): Livestock's long shadow - environmental issues and options. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations
- FAO (2007): FAOSTAT 2007, FAO Statistical Databases: Agriculture, Fisheries, Forestry, Nutrition. <http://faostat.fao.org/>
- Fargione, Joseph, Hill, Jason, Tilman, David, Polasky, Stephen, und Hawthorne, Peter (2008): Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. In: *Science* 319 (5867), S. 1235-1238.
- Fearnside, Philip und Hall-Beyer, Mryka (2007): Deforestation in Amazonia. In: Cutler, J. C. (Hg.): *Encyclopedia of Earth*. Washington D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.
- Fearnside, Philip M. (2007): Brazil's Cuiabá- Santarém (BR-163) Highway: The Environmental Cost of Paving a Soybean Corridor Through the Amazon. In: *Environmental Management* 39(5), S. 601-614.
- Fischer, Günther, Hizsnyik, Eva, Prieler, Sylvia, Shah, Mahendra, und Velthuisen, Harrij v. (2009a): *Biofuels and Food Security*. Vienna, Laxenburg, Austria: OPEC Fund for International Development (OFID), International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
- Fischer, Günther, Hizsnyik, Eva, Prieler, Sylvia, Shah, Mahendra, und Velthuisen, Harrij v. (2009b): Biofuels and food security. Implications of an Accelerated Biofuels Production. Vienna, Austria: OFID Pamphlet Series 38, OFID study prepared by IIASA, 1-42.
- Fischer-Kowalski, Marina (1998a): 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 (1998b): Zum magischen Dreieck von Lebensqualität, Wohlstand und gesellschaftlichem Stoffwechsel. In: Littig, B. (Hg.):

Ökologie und soziale Krise. Wie zukunftsfähig ist die Nachhaltigkeit? Wien: Verband Wiener Volksbildung, S. 17-44.

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.

Fischer-Kowalski, Marina und Haberl, Helmut (2007): Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Fischer-Kowalski, Marina; Haberl, Helmut; Hüttler, Walter; Payer, Harald; Schandl, Heinz; Winiwarter, Verena und Zangerl-Weisz, Helga (1997): Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in Sozialer Ökologie. Amsterdam: Gordon & Breach Fakultas.

Fischer-Kowalski, Marina und Hüttler, Walter (1998): Society's Metabolism. The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part II: 1970-1998. In: *Journal of Industrial Ecology* 2(4), S. 107-137.

Flaskerud, George (2003): Brazil's Soybean Production and Impact. North Dakota State University: Department of Agribusiness and Applied Economics

Geist, Helmut J. und Lambin, Eric F. (2001): What Drives Tropical Deforestation? A Meta-analysis of Proximate and Underlying Causes of Deforestation based on Subnational Case Study Evidence. Louvain-la-Neuve: Lucc International Project Office, Lucc Report Series No. 4.

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.

Giljum, Stefan und Eisenmenger, Nina (2004): North-South Trade and the Distribution of Environmental Goods and Burdens: A Biophysical Perspective. In: *Journal of Environment and Development* 13(1), S. 73-100.

Global Policy Forum (2009): Water in Conflict.
<http://www.globalpolicy.org/security/natres/waterindex.htm> (20.08.2009).

Gofman, Konstantin, Lemeschew, M., und Reimers, N. (1974): Die Ökonomie der Naturnutzung - Aufgaben einer neuen Wissenschaft (orig.russ). In: *Nauka i shisn* 6

Goldemberg, Jose (2008a): The Brazilian Ethanol Experience. In: *Biotechnology for Biofuels* 1. 1-6

Goldemberg, Jose; Coelho, Suani T., und Guardabassi, Patricia (2008b): The sustainability of ethanol production from sugarcane. In: *Energy Policy* 36(6), S. 2086-2097.

- Goldemberg, Jose; Teixeira Coelho, Suani; Nastari, Plinio M., und Lucon, Oswaldo (2004): Ethanol learning curve—the Brazilian experience. In: *Biomass and Bioenergy* 26, S. 301-304.
- González, Ana C. (2008): Social Metabolism and Patterns of Material Use (Mexico, South-America and Spain), Dissertation. Institut de Ciències i Tecnologia Ambientals - PhD Program in Environmental Sciences (Ecological Economics and Environmental Management). Universitat Autònoma de Barcelona
- Gonzalez-Martinez, Ana C. und Schandl, Heinz (2008): The Biophysical Perspective of a Middle Income Economy: Material Flows in Mexico. In: *Ecological Economics* 68(1-2), S. 317-327.
- Greenpeace Brazil (2009): Amazon Cattle Footprint. Sao Paulo, Manaus: Greenpeace Brazil
- Grenz, Jan; Vetouli, Theofano; Tzitzikli, Efthymia und Sauerborn, Joachim (2007): Umweltwirkungen der globalen Sojawirtschaft. In: *GAIA* 16(3), S. 208-214.
- Gunkel, Günter; Kosmol, J.; Sobral, M.; Rohn, H.; Montenegro, S. und Aureliano, J. (2007): Sugar Cane Industry as a Source of Water Pollution - Case Study on the Situation in Ipojuca River, Pernambuco, Brazil. In: *Water Air and Soil Pollution* 180(1-4), S. 261-269.
- Haberl, Helmut (1994): Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch". Wien: IFF Social Ecology (Social Ecology Working Paper; 35).
- Haberl, Helmut (1995): Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen: Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Wien: IFF Social Ecology (Social Ecology Working Paper; 43).
- Haberl, Helmut (2001a): The Energetic Metabolism of Societies, Part I: Accounting Concepts. In: *Journal of Industrial Ecology* 5(1), S. 11-33.
- Haberl, Helmut (2001b): The Energetic Metabolism of Societies, Part II: Empirical Examples. In: *Journal of Industrial Ecology* 5(2), S. 71-88.
- Haberl, Helmut (2002): Economy-Wide Energy Flow Accounting. In: Schandl, H. et al. (Hgs.): *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.
- Haberl, Helmut; Erb, Karl-Heinz; Krausmann, Fridolin; Gaube, Veronika; Bondeau, Alberte; Plutzar, Christoph; Gingrich, Simone; Lucht, Wolfgang und Fischer-Kowalski, Marina (2007): Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. In: *Proceedings*

of the National Academy of Sciences of the United States of America 104, S. 12942-12947.

Haberl, Helmut; Erb, Karl-Heinz; Krausmann, Fridolin und Lucht, W (2004): Defining the human appropriation of net primary production. In: *LUCC Newsletter* (10), S. 16-17.

Haberl, Helmut; Weisz, Helga; Amann, Christof; Bondeau, Alberte; Eisenmenger, Nina; Erb, Karl-Heinz; Fischer-Kowalski, Marina und Krausmann, Fridolin (2006): The energetic metabolism of the EU-15 and the USA. Decadal energy input time-series with an emphasis on biomass. In: *Journal of Industrial Ecology* 10(4), S. 151-171.

Hails, Chris; Loh, Jonathan und Goldfinger, Steven (2006): Living Planet Report 2006. Gland, Switzerland: WWF International.

Hester, Annette und Prates, Jean P. (2006): The Energy Sector in Brazil: Lessons in Ingenuity and Compromise. In: *Canadian Foreign Policy* 13(2), S. 65-75.

Hill, Jason; Nelson, Erik; Tilman, D.; Polasky, Stephen und Tiffany, Douglas (2006): Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(30), S. 11206-11210.

Hochstetler, Kathryn und Keck, E. M. (2007): *Greening Brazil - Environmental Activism in State and Society*. Durham, NC: Duke University Press.

Hoogwijk, Monique; Faaij, Andr; Eickhout, Bas; de Vries, Bert und Turkenburg, Wim (2005): Potential of Biomass Energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios. In: *Biomass and Bioenergy* 29(4), S. 225-257.

IBGE (1971): Anuário Estatístico do Brazil 1971. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE (2006): Anuário Estatístico do Brazil 2006. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE (2007a): Censo Agropecuário 2006 - resultados preliminares. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE (2007b): Produção Agrícola Municipal 2007.
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=22&i=P>
(20.08.2009)

IBGE (2008): Anuário Estatístico do Brazil 2008. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBGE (2009): Pesquisa Pecuária Municipal 1974-2007.
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ppm/default.asp?o=21&i=P>
(20.08.2009)

- IEA (2007): Energy Statistics of Non-OECD Countries, 2004-2005 -- 2007 Edition. www.iea.org
- INCRA (2009): Situação Fundiária do País. Brasília: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- INPE (2009): Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <http://www.inpe.br/> (20.08.2009)
- IPEA (2009): Base de dados macroeconômicos. <http://www.ipeadata.gov.br> (20.08.2009)
- Japan Environment Agency (1992): Quality of the Environment in Japan 1992. Tokyo: Japan Environment Association.
- Kavanagh, Etta (2006): Looking at Biofuels and Bioenergy. In: *Science* 312, S. 1743-1747.
- Klink, Carlos A. und Machado, Ricardo (2005): Conservation of the Brazilian Cerrado. In: *Conservation Biology* 19(3), S. 707-713.
- Kovanda, Jan und Hak, Tomas (2008): Changes in Materials Use in Transition Economies. In: *Journal of Industrial Ecology* 12(5-6), S. 721-738.
- Krausmann, Fridolin; Gingrich, Simone; Eisenmenger, Nina; Erb, Karl-Heinz; Haberl, Helmut und Fischer-Kowalski, Marina (2009): Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. In: *Ecological Economics* 68(10), S. 2696-2705.
- Krausmann, Fridolin und Haberl, Helmut (2002): The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. Socioeconomic energy flows in Austria 1830-1995. In: *Ecological Economics* 41(2), S. 177-201.
- Krausmann, Fridolin; Haberl, Helmut; Erb, Karl-Heinz und Wackernagel, Mathis (2004): Resource flows and land use in Austria 1950-2000: Using the MEFA framework to monitor society-nature interaction for sustainability. In: *Land Use Policy* 21(3), S. 215-230.
- Krausmann, Fridolin; Schandl, Heinz und Siefert, Rolf P. (2008): Socio-ecological regime transitions in Austria and the United Kingdom. In: *Ecological Economics* 65(1), S. 187-201.
- LRAN (2009): Land Research Action Network. <http://www.landaction.org> (20.08.2009)
- Leite, Rógerio; Leal, Manoel und Cortez, Luis (2009): Induced Expansion of Biofuels Crops in Brazil - Present Situation and Perspectives on Bioethanol in Brazil. Brazil: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS.
- Levine, Robert M. (1999): The History of Brazil. London: Westport

- Ludwiczek, Nikolaus (2009): Brasiliens Agrarpolitik: Nachhaltigkeit im Schatten des Wachstumsmodells, unpublished.
- Lula da Silva, Luiz I. (2008): Statement from the President of the Federative Republic of Brazil, In: FAO High-Level Conference on World Food Security: the Challenges of Climate Change and Bioenergy, Rome.
- Macedo, Isaias d. C.; Regis Lima Verde Leal, Manoel und Azevedo Ramos da Silva, Joao E. (2004): Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil. Sao Paulo. Ministry of the Environment Sao Paulo
- Machado, J. A. (2001): *Material Flow Analysis in Brazil.*, unpublished.
- Martinelli, L. A. und Filoso, S. (2008): Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges. In: *Ecological Applications* 18(4), S. 885-898.
- 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 (Material Outflows from Industrial Economics).
- Mendonça, Maria L. (2008): Os impactos da produção de cana no Cerrado e Amazônia. Sao Paulo, Recife: Rede Social de Justiça e Direitos Humanos e Comissão Pastoral da Terra
- Meyer-Stamer, J. (2000): Brasilien: Nach der Krise ist vor der Krise. Analyse erstellt für die Friedrich-Ebert-Stiftung. <http://www.meyer-stamer.de/2000/Brasil0003FES.pdf> (20.08.2009)
- Moreira, Jose R. und Goldemberg, Jose (1999): The Alcohol Program. In: *Energy Policy* 27, S. 229-245.
- Muylaeart, Maria S.; Sala, Janina und Marcos Aurelio Vasconcelos (1999): The charcoal's production in Brazil - process efficiency and environmental effects. In: *Renewable Energy* 16, S. 1037-1040.
- Nass, L. L.; Pereira, P. A. A. und Ellis, D. (2007): Biofuels in Brazil: An overview. In: *Crop Science* 47(6), S. 2228-2237.
- Neves, Carlos A. R. und da Silva, Luciano R. (2007): O Universo Mineracao Brasileiro. Brasilia, DF: Departamento Nacional de Produção Mineral; Ministério de Minas e Energia, 1-80.
- Nohlen, Dieter und Nuscheler, Franz (1992): *Handbuch der Dritten Welt, Band 2: Südamerika*. Bonn: Dietz (Handbuch der Dritten Welt; 2).

- Novy, Andreas (2001): Brasilien: Die Unordnung der Peripherie - Von der Sklavenhaltergesellschaft zur Diktatur des Geldes. Wien: Promedia Druck- und Verlagsgesellschaft m.b.H.
- OECD (1994): Environmental indicators. Core set. Paris: OECD.
- OECD (2004): Recommendation of the Council on Material Flows and Resource Productivity. Paris, France: OECD.
- Oklahoma State University (2008): Breeds of Livestock. - <http://www.ansi.okstate.edu/breeds/cattle/> (20.08.2009)
- Pedraza, R. O. (2008): Recent advances in nitrogen-fixing acetic acid bacteria. In: *International Journal of Food Microbiology* 125(1), S. 25-35.
- Perez-Rincon, Mario A. (2006): Colombian international trade from a physical perspective: Towards an ecological "Prebisch thesis". In: *Ecological Economics* 59(4), S. 519-529.
- Prebisch, Raúl (1950): The economic development of Latin America and its principal problems. Lake Success, NY: United Nations, Department of Economic Affairs.
- Prutsch, Ursula (2003): Brasilien 1889 – 1985. <http://www.lateinamerika-Studien.at/content/geschichtepolitik/brasilien/pdf/brasilien.pdf> (20.08.2009)
- Quintero J.A.; Montoya M.I.; Sánchez O.J.; Giraldo O.H. und Cardona C.A. (2007): Fuel ethanol production from sugarcane and corn: Comparative analysis for a Colombian case. In: *Energy* 33(3), S. 385-399.
- Rathmann, Régis; Szklo, Alexandre S. und Schaeffer, Roberto (2009): Land use competition for production of food and liquid biofuels: An analysis of the arguments in the current debate. In: *Renewable Energy* in print, S. 1-9.
- Rosilio-Calle, Frank und Cortez, Luis A. B. (1998): Towards Proalcool II - A Review of the Brazilian Bioethanol Programme. In: *Biomass and Bioenergy* 14(2), S. 115-124.
- Russi, Daniela, Gonzalez-Martinez, Ana C., Silva-Macher, Jose C., Giljum, Stefan, Martinez-Alier, Joan, und Vallejo, Maria C. (2008): Material Flows in Latin America: a Comparative Analysis of Chile, Ecuador, Mexico and Peru (1980-2000). In: *Journal of Industrial Ecology* 12(5-6), S. 704-720.
- Sawyer, Donald (2008): Climate Change, Biofuels and eco-social Impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363, S. 1747-1752.
- Schaeffer, Roberto (2008): The Brazilian Experience in Becoming a World Leader in Bio-fuels and Emerging Trends in Renewable Energy, in: *Fuelling Canada-Brazil Collaboration in Renewable Energy R&D: From Policy Development to Project Implementation*, Kanada

- Schandl, Heinz und Eisenmenger, Nina (2006): Regional Patterns in Global Resource Extraction. In: *Journal of Industrial Ecology* 10(4), S. 133-147.
- Schmalz, Stefan (2008): Brasilien in der Weltwirtschaft. Die Regierung Lula und die neue Süd-Süd-Kooperation. Münster: Westfälisches Dampfboot.
- Schnepf, Randall D.; Dohlman, Erik; und Bolling; Christine (2001): Agriculture in Brazil and Argentina: Developments and Prospects for Major Field Crops. Washington D.C.: Market and Trade Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, 1-85.
- Schütz, Helmut und Bringezu, Stefan (1993): Major Material Flows in Germany. In: *Fresenius Environmental Bulletin* 2(8), S. 443-448.
- Searchinger, Timothy; Heimlich, Ralph; Houghton, R. A.; Dong, Fengxia; Elobeid, Amani; Fabiosa, Jacinto; Tokgoz; Simla, Hayes; Dermot und Yu, Tun H. (2008): Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. In: *Science* 319(5867), S. 1238-1240.
- Shannon, Thomas R. (1996): An Introduction to the World-System Perspective. Colorado, USA; Oxford, UK; Westview Press.
- Shapouri, Hosein; Duffield, James A.; und Graboski, Michael S. (1995): Estimating the Net Energy Balance of Corn Ethanol. Washington DC.: US Department of Agriculture, 1-15.
- Shean, Michael J. (2003): Brazil: Future Agricultural Expansion Potential Underrated. Production Estimates and Crop Assessment Division. Foreign Agricultural Service: http://www.fas.usda.gov/pecad2/highlights/2003/01/Ag_expansion/ (20.08.2009)
- Sieferle, Rolf P. (1997): Rückblick auf die Natur: Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt. München: Luchterhand.
- Sieferle, Rolf P.; Krausmann, Fridolin; Schandl, Heinz und Winiwarer, Verena (2006): Das Ende der Fläche. Zum Sozialen Metabolismus der Industrialisierung. Köln: Böhlau.
- Steinberger, Julia K.; Friot, Damien; Jolliet, Olivier und Erkman, Suren (2009): A Spatially Explicit life Cycle Inventory of the Global Textile Chain. In: *International Journal of Life Cycle Assessment* 14(5), S. 443-455.
- Steurer, Anton (1992): Stoffstrombilanz Österreich 1988. Wien: IFF Social Ecology (Social Ecology Working Paper; 26).
- The World Bank Group (2009): World Development Indicators 2009. <http://go.worldbank.org/1SF48T40L0> (20.08.2009)

- Tomasek, Nicole (2005): Brasiliens Energieversorgung unter dem Aspekt nachhaltiger Entwicklung, Diplomarbeit, Lehrstuhl für internationale Politik und Außenpolitik, Universität Köln.
- Uhlig, Alexandre (2008): Lenha e carvão vegetal no Brasil: Balanço oferta-demanda e métodos para a estimação do consumo. Dissertação, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia - EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo.
- UN (2007): *Industrial Commodity Production Statistics Database 1950-2005*. New York.
- UNDP (2007): Human Development Report 2007/2008.
- UNEP (2008): International Panel for Sustainable Resource Management (Resource Panel).
<http://www.unep.fr/pc/sustain/initiatives/resourcepanel/index.htm>
(20.08.2009)
- UNICA (2009): Brazilian Sugarcane Industry Association: www.unica.com.br
(20.08.2009)
- United Nations Conference on Environment and Development (1993): Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. Rio Declaration on Environment and Development. Statement of Forest Principles. The final text of agreements negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3-14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil. New York: United Nations.
- United Nations Population Division (2009): World Population Prospects: The 2008 Revision Population Database: <http://esa.un.org/unpp> (20.08.2009)
- United Nations Statistical Division (2004): UN Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade) <http://unstats.un.org/unsd/comtrade/>
- United Nations Statistical Division (2008): UN Commodity Trade Statistics Database (UN Comtrade). <http://unstats.un.org/unsd/comtrade/>
- USGS (2008): Minerals Information, <http://minerals.usgs.gov/minerals/>
- Walker, Robert und Homma, Alfredo K. O. (1996): Land use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: an overview. In: *Ecological Economics* 18(1996), S. 67-80.
- Wallerstein, Immanuel (1979): *The Capitalist World Economy*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Weisz, Helga (2004): Material use in the EU-15: 1970 to 2001, in: Presentation at the EUROSTAT plenary October 6, 2004. Eurostat. Luxembourg.

- Weisz, Helga (2006): Accounting for raw material equivalents of traded goods. A Comparison of Input-Output Approaches in Physical, Monetary, and Mixed Units. Vienna: Institute of Social Ecology (Social Ecology Working Paper; 87).
- Weisz, Helga; Amann, Christof; Bruckner, Willi und Schandl, Heinz (2000): MFA und Umweltindikatoren. Verortung und Positionierung von Materialflussanalysen (MFA) in der europäischen Umweltindikatorendiskussion. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Weisz, Helga; Krausmann, Fridolin; Eisenmenger, Nina; Schütz, Helmut; Haas, Willi und Schaffartzik, Anke (2007): Economy-wide Material Flow Accounting. A Compilation Guide. Luxembourg: Eurostat.
- Wikipedia (2009): Blairo Maggi. http://de.wikipedia.org/wiki/Blairo_Maggi (20.08.2009)
- 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.
- Wrigley, Edward A. (1962): The Supply of Raw Materials in the Industrial Revolution. In: *The Economic History Review* XV, Second Series(1), S. 1-16.
- Wrigley, Edward A. (1988): Continuity, Chance and Change. The Character of the Industrial Revolution in England. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zuurbier, Peter und Van de Vooren, Jos (2008): Sugarcane ethanol, Contributions to climate change mitigation and the environment. Wageningen, Netherlands: Wageningen Academic.

Band 1

Umweltbelastungen in Österreich als Folge menschlichen Handelns. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Hg. (1987)

Band 2

Environmental Policy as an Interplay of Professionals and Movements - the Case of Austria. Paper to the ISA Conference on Environmental Constraints and Opportunities in the Social Organisation of Space, Udine 1989. Fischer-Kowalski, M. (1989)

Band 3

Umwelt & Öffentlichkeit. Dokumentation der gleichnamigen Tagung, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut in Wien, (1990)

Band 4

Umweltpolitik auf Gemeindeebene. Politikbezogene Weiterbildung für Umweltgemeinderäte. Lackner, C. (1990)

Band 5

Verursacher von Umweltbelastungen. Grundsätzliche Überlegungen zu einem mit der VGR verknüpfbaren Emittenteninformationssystem. Fischer-Kowalski, M., Kisser, M., Payer, H., Steuerer A. (1990)

Band 6

Umweltbildung in Österreich, Teil I: Volkshochschulen. Fischer-Kowalski, M., Fröhlich, U.; Harauer, R., Vymazal R. (1990)

Band 7

Amtliche Umweltberichterstattung in Österreich. Fischer-Kowalski, M., Lackner, C., Steuerer, A. (1990)

Band 8

Verursacherbezogene Umweltinformationen. Bausteine für ein Satellitensystem zur österr. VGR. Dokumentation des gleichnamigen Workshop, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut, Wien (1991)

Band 9

A Model for the Linkage between Economy and Environment. Paper to the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Dell'Mour, R., Fleissner, P., Hofkirchner, W., Steuerer A. (1991)

Band 10

Verursacherbezogene Umweltindikatoren - Kurzfassung. Forschungsbericht gem. mit dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H.; Steuerer, A., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 11

Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Haberl, H. (1991)

Band 12

Gentechnik als gezielter Eingriff in Lebensprozesse. Vorüberlegungen für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Wenzl, P.; Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 13

Transportintensität und Emissionen. Beschreibung österr. Wirtschaftssektoren mittels Input-Output-Modellierung. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Dell'Mour, R.; Fleissner, P.; Hofkirchner, W.; Steuerer, A. (1991)

Band 14

Indikatoren für die Materialintensität der österreichischen Wirtschaft. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Payer, H. unter Mitarbeit von K. Turetschek (1991)

Band 15

Die Emissionen der österreichischen Wirtschaft. Systematik und Ermittelbarkeit. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Payer, H.; Zangerl-Weisz, H. unter Mitarbeit von R.Fellinger (1991)

Band 16

Umwelt als Thema der allgemeinen und politischen Erwachsenenbildung in Österreich. Fischer-Kowalski M., Fröhlich, U.; Harauer, R.; Vymazal, R. (1991)

Band 17

Causer related environmental indicators - A contribution to the environmental satellite-system of the Austrian SNA. Paper for the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H., Steuerer, A. (1991)

Band 18

Emissions and Purposive Interventions into Life Processes - Indicators for the Austrian Environmental Accounting System. Paper to the ÖGBPT Workshop on Ecologic Bioprocessing, Graz 1991. Fischer-Kowalski M., Haberl, H., Wenzl, P., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 19

Defensivkosten zugunsten des Waldes in Österreich. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung. Fischer-Kowalski et al. (1991)

Band 20*

Basisdaten für ein Input/Output-Modell zur Kopplung ökonomischer Daten mit Emissionsdaten für den Bereich des Straßenverkehrs. Steuerer, A. (1991)

Band 22

A Paradise for Paradigms - Outlining an Information System on Physical Exchanges between the Economy and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H. (1992)

Band 23

Purposive Interventions into Life-Processes - An Attempt to Describe the Structural Dimensions of the Man-Animal-Relationship. Paper to the Internat. Conference on "Science and the Human-Animal-Relationship", Amsterdam 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 24

Purposive Interventions into Life Processes: A Neglected "Environmental" Dimension of the Society-Nature Relationship. Paper to the 1. Europ. Conference of Sociology, Vienna 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)



Band 25

Informationsgrundlagen struktureller Ökologisierung. Beitrag zur Tagung "Strategien der Kreislaufwirtschaft: Ganzheitl. Umweltschutz/Integrated Environmental Protection", Graz 1992. Steurer, A., Fischer-Kowalski, M. (1992)

Band 26

Stoffstrombilanz Österreich 1988. Steurer, A. (1992)

Band 28

Naturschutzaufwendungen in Österreich. Gutachten für den WWF Österreich. Payer, H. (1992)

Band 29

Indikatoren der Nachhaltigkeit für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung - angewandt auf die Region. Payer, H. (1992). In: KudlMudl SonderNr. 1992: Tagungsbericht über das Dorfsymposium "Zukunft der Region - Region der Zukunft?"

Band 31

Leerzeichen. Neuere Texte zur Anthropologie. Macho, T. (1993)

Band 32

Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993)

Band 33

Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion. Haberl, H. (1993)

Band 34

Stoffstrombilanz Österreich 1970-1990 - Inputseite. Steurer, A. (1994)

Band 35

Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch". Haberl, H. (1994)

Band 36

Ökologie und Sozialpolitik. Fischer-Kowalski, M. (1994)

Band 37

Stoffströme der Chemieproduktion 1970-1990. Payer, H., unter Mitarbeit von Zangerl-Weisz, H. und Fellinger, R. (1994)

Band 38

Wasser und Wirtschaftswachstum. Untersuchung von Abhängigkeiten und Entkoppelungen, Wasserbilanz Österreich 1991. Hüttler, W., Payer, H. unter Mitarbeit von H. Schandl (1994)

Band 39

Politische Jahreszeiten. 12 Beiträge zur politischen Wende 1989 in Ostmitteleuropa. Macho, T. (1994)

Band 40

On the Cultural Evolution of Social Metabolism with Nature. Sustainability Problems Quantified. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1994)

Band 41

Weiterbildungslehrgänge für das Berufsfeld ökologischer Beratung. Erhebung u. Einschätzung der Angebote in Österreich sowie von ausgewählten Beispielen in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, England und europaweiten Lehrgängen. Rauch, F. (1994)

Band 42

Soziale Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung. Fischer-Kowalski, M., Madlener, R., Payer, H., Pfeffer, T., Schandl, H. (1995)

Band 43

Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Haberl, H. (1995)

Band 44

Materialfluß Österreich 1990. Hüttler, W., Payer, H.; Schandl, H. (1996)

Band 45

National Material Flow Analysis for Austria 1992. Society's Metabolism and Sustainable Development. Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H. (1997)

Band 46

Society's Metabolism. On the Development of Concepts and Methodology of Material Flow Analysis. A Review of the Literature. Fischer-Kowalski, M. (1997)

Band 47

Materialbilanz Chemie-Methodik sektoraler Materialbilanzen. Schandl, H., Weisz, H. Wien (1997)

Band 48

Physical Flows and Moral Positions. An Essay in Memory of Wildavsky. A. Thompson, M. (1997)

Band 49

Stoffwechsel in einem indischen Dorf. Fallstudie Merkar. Mehta, L., Winiwarter, V. (1997)

Band 50+

Materialfluß Österreich- die materielle Basis der Österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960-1995. Schandl, H. (1998)

Band 51+

Bodenfruchtbarkeit und Schädlinge im Kontext von Agrargesellschaften. Dirlinger, H., Fliegenschnee, M., Krausmann, F., Liska, G., Schmid, M. A. (1997)

Band 52+

Der Naturbegriff und das Gesellschaft-Natur-Verhältnis in der frühen Soziologie. Lutz, J. Wien (1998)

Band 53+

NEMO: Entwicklungsprogramm für ein Nationales Emissionsmonitoring. Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Jorde, T. (1998)

Band 54+

Was ist Umweltgeschichte? Winiwarter, V. (1998)

Mit + gekennzeichnete Bände sind unter
<http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1818.htm>
Im PDF-Format downloadbar.

Band 55+

Agrarische Produktion als Interaktion von Natur und Gesellschaft: Fallstudie SangSaeng. Grünbühel, C. M., Schandl, H., Winiwarter, V. (1999)

Band 57+

Colonizing Landscapes: Human Appropriation of Net Primary Production and its Influence on Standing Crop and Biomass Turnover in Austria. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N. B., Weisz, H. (1999)

Band 58+

Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft. Erb, K. H. (1999)

Band 59+

Das Leitbild "Nachhaltige Stadt". Astleithner, F. (1999)

Band 60+

Materialflüsse im Krankenhaus, Entwicklung einer Input-Output Methodik. Weisz, B. U. (2001)

Band 61+

Metabolismus der Privathaushalte am Beispiel Österreichs. Hutter, D. (2001)

Band 62+

Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels. Erb, K.H., Krausmann, F., Schulz, N. B. (2002)

Band 63+

Material Flow Accounting in Amazonia: A Tool for Sustainable Development. Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Grünbühel, C. M. (2002)

Band 64+

Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Darge, E. (2002)

Band 65+

Biomasseeinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020. Haberl, H.; Krausmann, F.; Erb, K.H.; Schulz, N. B.; Adensam, H. (2002)

Band 66+

Der Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt. Gesellschaftliche Aneignung von Nettoprimärproduktion als Pressure-Indikator für den Verlust von Biodiversität. Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Schulz, N. B., Plutzer, C., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Weisz, H.; Sauberer, N., Pollheimer, M. (2002)

Band 67+

Materialflussrechnung London. Bongardt, B. (2002)

Band 68+

Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Gaube, V. (2002)

Band 69+

The transformation of society's natural relations: from the agrarian to the industrial system. Research strategy for an empirically informed approach towards a European Environmental History. Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Schandl, H. (2003)

Band 70+

Long Term Industrial Transformation: A Comparative Study on the Development of Social Metabolism and Land Use in Austria and the United Kingdom 1830-2000. Krausmann, F., Schandl, H., Schulz, N. B. (2003)

Band 72+

Land Use and Socio-economic Metabolism in Pre-industrial Agricultural Systems: Four Nineteenth-century Austrian Villages in Comparison. Krausmann, F. (2008)

Band 73+

Handbook of Physical Accounting Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities MFA – EFA – HANPP. Schandl, H., Grünbühel, C. M., Haberl, H., Weisz, H. (2004)

Band 74+

Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz. Eisenmenger, N.; Kratochvil, R.; Krausmann, F.; Baart, I.; Colard, A.; Ehgartner, Ch.; Eichinger, M.; Hempel, G.; Lehrner, A.; Müllauer, R.; Nourbakhch-Sabet, R.; Paler, M.; Patsch, B.; Rieder, F.; Schembera, E.; Schieder, W.; Schmiedl, C.; Schwarzlmüller, E.; Stadler, W.; Wirl, C.; Zandl, S.; Zika, M. (2005)

Band 75+

Towards a model predicting freight transport from material flows. Fischer-Kowalski, M. (2004)

Band 76+

The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. Weisz, H., Krausmann, F., Amann, Ch., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K., Fischer-Kowalski, M. (2005)

Band 77+

Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld? Proinger, J. (2005)

Band 78+

Sozial-Ökologische Charakteristika von Agrarsystemen. Ein globaler Überblick und Vergleich. Lauk, C. (2005)

Band 79+

Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona. Machold, P. (2005)

Band 80+

Ecology, Rituals and System-Dynamics. An attempt to model the Socio-Ecological System of Trinket Island. Wildenberg, M. (2005)

Band 81+

Southeast Asia in Transition. Socio-economic transitions, environmental impact and sustainable development. Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Grünbühel, C., Haas, W., Erb, K.H., Weisz, H., Haberl, H. (2004) Helmut Haberl

Band 83+

HANPP-relevante Charakteristika von Wanderfeldbau und anderen Langbrachesystemen. Lauk, C. (2006)

Band 84+

Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit Hilfe der Sustainability Balanced Scorecard. Zeitlhofer, M. (2006)

Band 85+

Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Maßnahmenvorschläge zum Ressourceneinsatz. Haberl, H., Jasch, C., Adensam, H., Gaube, V. (2006)

Band 87+

Accounting for raw material equivalents of traded goods. A comparison of input-output approaches in physical, monetary, and mixed units. Weisz, H. (2006)



Band 88+

Vom Materialfluss zum Gütertransport. Eine Analyse anhand der EU15 – Länder (1970-2000).

Rainer, G. (2006)

Band 89+

Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes; Feasibilitystudie; Endbericht zum Projekt BMLFUW-UW.1.4.18/0046-V/10/2005. Erb, K.-H., Kastner, T., Zandl, S., Weisz, H., Haberl, H., Jonas, M., (2006)

Band 90+

Local Material Flow Analysis in Social Context in Tat Hamelt, Northern Mountain Region, Vietnam. Hobbes, M.; Kleijn, R. (2006)

Band 91+

Auswirkungen des thailändischen logging ban auf die Wälder von Laos. Hirsch, H. (2006)

Band 92+

Human appropriation of net primary production (HANPP) in the Philippines 1910-2003: a socio-ecological analysis. Kastner, T. (2007)

Band 93+

Landnutzung und landwirtschaftliche Entscheidungsstrukturen. Partizipative Entwicklung von Szenarien für das Traisental mit Hilfe eines agentenbasierten Modells. Adensam, H., V. Gaube, H. Haberl, J. Lutz, H. Reisinger, J. Breinesberger, A. Colard, B. Aigner, R. Maier, Punz, W. (2007)

Band 94+

The Work of Konstantin G. Gofman and colleagues: An early example of Material Flow Analysis from the Soviet Union. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2007)

Band 95+

Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivregionen; Schlußbericht des deutsch-österreichischen Verbundprojektes. Newig, J., Gaube, V., Berkhoff, K., Kaldrack, K., Kastens, B., Lutz, J., Schlußmeier B., Adensam, H., Haberl, H., Pahl-Wostl, C., Colard, A., Aigner, B., Maier, R., Punz, W.; Wien (2007)

Band 96+

Rekonstruktion der Arbeitszeit in der Landwirtschaft im 19. Jahrhundert am Beispiel von Theyern in Niederösterreich. Schaschl, E.; Wien (2007)

Band 98+

Local Material Flow Analysis in Social Context at the forest fringe in the Sierra Madre, the Philippines. Hobbes, M., Kleijn, R. (Hrsg); Wien (2007)

Band 99+

Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in Spain, 1955-2003: A socio-ecological analysis. Schwarzlmüller, E.; Wien (2008)

Band 100+

Scaling issues in long-term socio-ecological biodiversity research: A review of European cases. Dirnböck, T., Bezák, P., Dullinger S., Haberl, H., Lotze-Campen, H., Mirtl, M., Peterseil, J., Redpath, S., Singh, S., Travis, J., Wijdeven, S.M.J.; Wien (2008)

Band 101+

Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in the United Kingdom, 1800-2000: A socio-ecological analysis. Musel, A.; Wien (2008)

Band 102 +

Wie kann Wissenschaft gesellschaftliche Veränderung bewirken? Eine Hommage an Alvin Gouldner, und ein Versuch, mit seinen Mitteln heutige Klimapolitik zu verstehen. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2008)

Band 103+

Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung – Eine Szenarienanalyse. Lackner, M.; Wien (2008)

Band 104+

Fundamentals of Complex Evolving Systems: A Primer. Weis, E.; Wien (2008)

Band 105+

Umweltpolitische Prozesse aus diskurstheoretischer Perspektive: Eine Analyse des Südtiroler Feinstaubproblems von der Problemkonstruktion bis zur Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen. Paler, M.; Wien (2008)

Band 106+

Ein integriertes Modell für Reichraming. Partizipative Entwicklung von Szenarien für die Gemeinde Reichraming (Eisenwurzen) mit Hilfe eines agentenbasierten Landnutzungsmodells. Gaube, V., Kaiser, C., Widenberg, M., Adensam, H., Fleissner, P., Kobler, J., Lutz, J., Smetschka, B., Wolf, A., Richter, A., Haberl, H.; Wien (2008)

Band 107+

Der soziale Metabolismus lokaler Produktionssysteme: Reichraming in der oberösterreichischen Eisenwurzen 1830-2000. Gingrich, S., Krausmann, F.; Wien (2008)

Band 108+

Akteursanalyse zum besseren Verständnis der Entwicklungsoptionen von Bioenergie in Reichraming. Eine sozialökologische Studie. Vrzak, E.; Wien (2008)

Band 109+

Direktvermarktung in Reichraming aus sozial-ökologischer Perspektive. Zeithofer, M.; Wien (2008)

Band 110+

CO₂-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien. Theurl, M.; Wien (2008)

Band 111+

Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien. Eine Literaturstudie. Bruckner, M.; Wien (2008)

Band 112+

Von Kommunikation zu materiellen Effekten - Ansatzpunkte für eine sozial-ökologische Lesart von Luhmanns Theorie Sozialer Systeme. Rieder, F.; Wien (2008)

Band 113+

(in Vorbereitung)

Band 114+

Across a Moving Threshold: energy, carbon and the efficiency of meeting global human development needs. Steinberger, J. K., Roberts, J.T.; Wien (2008)

Band 115

Towards a low carbon society: Setting targets for a reduction of global resource use. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Ayres, R.U.; Wien (2010)

Band 116+

Eating the Planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely - a scoping study. Erb, K-H., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzer, C., Steinberger, J.K., Müller, C., Bondeau, A., Waha, K., Pollack, G.; Wien (2009)

Band 117+

Gesellschaftliche Naturverhältnisse: Energiequellen und die globale Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 118

Zurück zur Fläche? Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie Brasiliens zwischen 1970 und 2005. Mayer, A.; Wien (2010)

Band 119

Das nachhaltige Krankenhaus: Erprobungsphase. Weisz, U., Haas, W., Pelikan, J.M., Schmied, H., Himpelmann, M., Purzner, K., Hartl, S., David, H.; Wien (2009)

Band 120+

LOCAL STUDIES MANUAL

A researcher's guide for investigating the social metabolism of local rural systems. Singh, S.J., Ringhofer, L., Haas, W., Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 121+

Sociometabolic regimes in indigenous communities and the crucial role of working time: A comparison of case studies. Fischer-Kowalski, M., Singh, S.J., Ringhofer, L., Grünbühel C.M., Lauk, C., Remesch, A.; Wien (2010)

Band 122

Klimapolitik im Bereich Gebäude und Raumwärme. Entwicklung, Problemfelder und Instrumente der Länder Österreich, Deutschland und Schweiz. Jöbstl, R.; Wien (2010)

Band 126

Masterstudium "Sozial- und Humanökologie": Selbstevaluation 2005-2010. Schmid, M., Mayer A., Miechtner, G.; Wien (2010)

Band 127

Bericht des Zentrums für Evaluation und Forschungsberatung (ZEF). Das Masterstudium „Sozial- und Humanökologie“. XXXX; Wien (2010)

Band 128

Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005. Gierlinger, S.; Wien (2010)

Band 129

Die Verzehrungssteuer 1829 – 1913 als Grundlage einer umwelthistorischen Untersuchung des Metabolismus der Stadt Wien. Hauer, F.; Wien (2010)