

**Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im
Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes**
Feasibilitystudie

Karl-Heinz Erb

Thomas Kastner

Stefan Zandl

Helga Weisz

Helmut Haberl

Matthias Jonas



lebensministerium.at

ISSN 1726-3816

Dezember 2006

Erb, Karl-Heinz; Kastner, Thomas; Zandl, Stefan, Weisz, Helga; Haberl, Helmut; Jonas, Matthias 2006: *Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes. Feasibilitystudie.* Social Ecology Working Paper 89. Vienna.

Social Ecology Working Paper 89

Vienna, December 2006

ISSN 1726-3816

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

© 2006 by IFF – Social Ecology

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

AutorInnen:

Karl-Heinz Erb, Thomas Kastner, Stefan Zandl, Helga Weisz, Helmut Haberl
Institut für Soziale Ökologie, Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung IFF (Klagenfurt, Graz, Wien) der Universität Klagenfurt
Schottenfeldgasse 29
1070 Wien

Matthias Jonas
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
Schlossplatz 1
A-2361 Laxenburg

Auftraggeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)
Abteilung V/10: Umweltökonomie und Energie

Wien, Dezember 2006

Abstract

This study probes the feasibility of advances in national carbon accounting that strengthen the linkages between economic activities and carbon (GHG) emissions, thus outlining an innovative accounting approach that has been termed “Economy-wide Carbon Accounts” (ECA). The combination of socio-economic parameters (e.g. those calculated in the System of National Accounts, SNA) with socio-economic and ecological material and substance flows is a central element of the study. In particular, the study focuses on carbon flows related to trade, i.e. carbon flows “embedded” in imported or exported goods.

The advantages and difficulties of combining two established accounting tools, namely Material Flow Accounting (MFA) and Full Carbon Accounting (FCA), within an integrated indicator system are discussed on the basis of two empirical examples:

- The first case study uses Input-Output (IO) accounting and modelling methods to calculate energy-related CO₂ emissions “embodied” in imports and exports.
- The second case study uses an LCA approach to account for C emissions related to Austria’s production and use of wood and wood-related products.

Both studies show that GHG emissions related to Austria’s foreign trade are large compared to domestic emissions, thus demonstrating the need to develop an ECA. They demonstrate that such an accounting system is feasible at least as long it is restricted to GHG emissions from production and consumption processes (i.e., emissions from processes such as fossil fuel combustion, cement manufacture etc.). They also show, however, that considerable additional scientific research is needed if carbon emissions related to land-use and land-cover change should be integrated in a consistent and convincing manner.

Kurzfassung

Diese Feasibilitystudie zielt auf konzeptionelle Verbesserungen im Bereich des nationalen Kohlenstoff-Accountings ab. Kern dieser Verbesserungen soll die Verknüpfung von sozio-ökonomischen Parametern (Ergebnissen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, VGR) mit sozio-ökonomischen und ökosystemaren Material- und Stoffflüssen sein. Exemplarisch werden Vorteile und Schwierigkeiten der Kombination zweier etablierten Accountingssysteme, für welche in Österreich bedeutsame Vorarbeiten bestehen erarbeitet und dargestellt: (1) "Material Flow Accounting" (MFA) und (2) "Full Carbon Accounting" (FCA).

Anforderungen an ein solches Indikatorensystem sind Vollständigkeit, Anwendbarkeit auf unterschiedlichen Skalenebenen (regional, national, international), Validierbarkeit und Verschiebungsresistenz in Bezug auf Umweltprobleme. Ein solches umfassendes Analyse- und Indikatorensystem kann einen wichtigen und innovativen Beitrag zur Bewertung von Umweltauswirkungen gesellschaftlicher Aktivitäten leisten, z.B. von Entscheidungen in der Umwelt-, Energie-, Agrar-, Forst- und Regionalpolitik und deren Auswirkungen auf die Ressourcenintensität des sozioökonomischen Systems oder einzelner Sektoren.

Ziel des vorliegenden Projekts ist vor allem die Darstellung der Politikrelevanz eines solchen Accounting Systems:

- Überprüfung der Machbarkeit von konzeptionellen Verbesserungen im Bereich des nationalen Kohlenstoff-Accountings auf Basis der Kombination von MFA und FCA.
- Abwägung der Vorteile und Schwierigkeiten einer Kopplung der Kohlenstoffberichterstattung an sozio-ökonomische Berichterstattungs- und Accounting-Systeme (z.B. die VGR)
- Überprüfung der Machbarkeit und konzeptioneller Entwurf eines konsumorientierten Aggregationsschemas („Economy Wide Carbon Account“, ECA; im Gegensatz zu einem Territorium-basierten Schema).
- Exemplarische Berechnungen der mit dem Außenhandel verbundenen Netto-C-Flüsse für die Bereiche „Holz“ und „technische Energie“.

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie zeigt, dass

- Fossilenergiebedingte Flüsse, die mit Importen und Exporten verbunden sind, im Vergleich mit den am nationalen Territorium anfallenden Emissionen eine beachtliche Größenordnung erreichen und somit in einem ECA berücksichtigt werden sollten;
- Eine Berücksichtigung dieser Flüsse mit Hilfe von Methoden der hybriden und physischen Input-Output-Rechnung mit vertretbarem Aufwand möglich wäre;
- Verbesserungen in der NAMEA im Hinblick auf die Detaillierung der primären Sektoren (Bergbau, Industrie, Energie, etc.) die Datengrundlagen hierfür massiv verbessern würde und wesentlich genauere Berechnungen ermöglichen würde;
- Eine Berücksichtigung der Vorleistungsemissionen durch Importe erheblich genauer erfolgen könnte, wenn entsprechende IO-Daten für andere Volkswirtschaften bzw. Regio-

nen verfügbar wären; dies würde Anstrengungen im Bereich der multiregionalen IO-Modellierung erfordern;

- Landnutzungsbezogene Flüsse durch Importe von Biomasse (Holz, Agrarprodukte) ebenfalls eine erhebliche Größe erreichen können und daher in einem ECA unbedingt konsistent berücksichtigt werden sollten;
- Eine Erfassung der fossilenergiebedingten Vorleistungsemissionen durch Importe/Exporte von Biomasse, insbesondere Holz und Holzprodukten, auf Basis von LCA-Modellen wie etwa GEMIS mit vertretbarem Aufwand machbar ist und konzeptionell keine Probleme aufwirft; wesentliche Verbesserungen in diesem Bereich könnten durch regional spezifische LCA-Faktoren erreicht werden;
- Eine konsistente Berücksichtigung der landnutzungsbezogenen C-Flüsse derzeit noch nicht möglich ist, sowohl auf Grund des noch nicht ausreichenden naturwissenschaftlichen Prozessverständnisses als auch mangels einer überzeugenden Konzeption eines geeigneten Accounting-Tools. In diesem Bereich wird der größte Forschungsbedarf geortet.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
1. Einleitung	8
1.1. <i>Economy-Wide Carbon Accountings (ECA)</i>	13
1.1.1. Grundkonzept eines integrativen C-Accountings	15
2. Methode.....	16
2.1. <i>Auswahl der Fallbeispiele</i>	16
3. Fallbeispiel 1: Darstellung von Energie-und CO₂-Flüssen verursacht durch internationalen Handel.....	18
3.1. <i>Methode</i>	18
3.2. <i>Datenquellen und deren konsistente Verknüpfung</i>	21
3.3. <i>Ergebnisse</i>	24
3.4. <i>Schlussfolgerung</i>	27
4. Fallbeispiel 2: Holz und Landnutzung	28
4.1. <i>Produktion und Handel von Holz und Holzprodukten</i>	31
4.1.1. Bereinigung der Handelsdaten.....	32
4.1.2. Kohlenstoffflüsse in Österreich: Senke in Wald und Holzprodukten.....	35
4.1.3. Berechnung der Kohlenstoffflüsse der Vorleistungsketten der Holz und Holzprodukte Herstellung	37
4.1.4. Ergebnisse: indirekte Kohlenstoffflüsse in der Holzwirtschaft	43
4.2. <i>Flüsse durch Landnutzungsänderung</i>	46
4.2.1. Datengrundlage.....	48
4.2.2. Rechenweg	48
4.2.3. Ergebnisse des pragmatischen Ansatzes	48
4.2.4. Diskussion zur Methode: Berechnung der Landnutzungsbezogenen C-Flüsse	51
5. Schlussfolgerungen	53
6. Koordinaten des Projekts	54
7. Anhang	56
7.1. <i>Umrechnung der Daten auf Trockenmasse und Kohlenstoff</i>	56
7.2. <i>Mathematische Lösung der Bereinigung der Außenhandelsstatistik:</i>	57
8. Literaturverzeichnis	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Partial Carbon Accounting unter dem Kyoto-Protokoll.....	9
Abbildung 2: Darstellung der biogenen Kohlenstoffflüsse in einem Full Carbon Accounting.....	10
Abbildung 3: Schema des MEFA-Frameworks	12
Abbildung 4: Systematik der C-Flüsse.....	15
Abbildung 5: Auswahl der Fallbeispiele	17
Abbildung 6: Energieverbrauch und CO ₂ -Emission assoziiert mit internationalem Handel.....	18
Abbildung 7: Aufbau einer Input-Output Tabelle mit den drei Hauptquadranten Input, Vorleistung und Output.....	19
Abbildung 8: Energiefluss durch Österreich, 2005.....	23
Abbildung 9: Energieintensität österreichischer Produktion im Jahr 2000	25
Abbildung 10: CO ₂ -Intensität österreichischer Produktion im Jahr 2000	25
Abbildung 11: Energieverbrauch und internationaler Handel.....	26
Abbildung 12: CO ₂ -Emissionen und internationaler Handel	27
Abbildung 13: Die Physische Ökonomie (in Mio. t C) der österreichischen Holzwirtschaft.....	28
Abbildung 14: Zusammensetzung der gehandelten Holzprodukte nach Kohlenstoffgehalt und monetärem Wert.....	29
Abbildung 15: Systematik der betrachteten Kohlenstoffflüsse	30
Abbildung 16: Schema der angenommenen Materialflüsse in der Holzwirtschaft	33
Abbildung 17: Vergleich der Herkunftsländer vor (a) und nach (b) der Bereinigung der Handelsmatrix in Prozent	35
Abbildung 18: a) Zuwachs der Österreichischen Wälder und dem Einschlag verbleibende Senke, b) Senke im Wald und durch gesellschaftliche Bestandsänderung im Wald und von Holzprodukten	36
Abbildung 19: Indirekte Flüsse von Österreichs Holzwirtschaft für das Jahr 2000, a) Importe, b) Exporte, c) territorialer Ansatz, d) Konsumansatz	44
Abbildung 20: Indirekte Flüsse von Japans Holzwirtschaft für das Jahr 2000 a) Importe, b) Exporte, c) territorialer Ansatz, d) Konsumansatz	45
Abbildung 21: Beeinflussung der Kohlenstoffflüsse und Bestände im Waldökosystem durch Kahlschlag. a) Nettoprimärproduktion (NPP), b) Respiration und Ausgasung (R), c) Nettoflüsse (NPP – R), d) resultierende Bestände	47
Abbildung 22: Österreichs „Importe“ von a) Senken und b) Quellen, nach Ländern.....	49
Abbildung 23: Hypothetische Landnutzungssenkten und -quellen durch Österreichs Holzwirtschaft und Außenhandel mit Holz und Holzprodukten, Basisjahr 2000	50
Abbildung 24: Senken und Quellen an den gehandelten Holzprodukten und Vergleich territorialer Ansatz vs. Konsumansatz für das Jahr 2000: Japan.....	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Systematik der Carbon Accounting Tools	14
Tabelle 2. Inhalte der Accounting Tools	16
Tabelle 3: Aufbau der verwendeten Handelsmatrix H	32
Tabelle 4: Annahme zu den Effizienzen der Holzwirtschaft nach Entwicklungsstand der jeweiligen Nation	38
Tabelle 5: verwendete Faktoren für die Emissionen aus der Produktion von Holzprodukten in kg CO ₂ pro t DM Produkt.....	39
Tabelle 6: verwendete Emissionsfaktoren für den Gütertransport jeweils in kg CO ₂ pro 1000 Tonnenkilometer.....	41

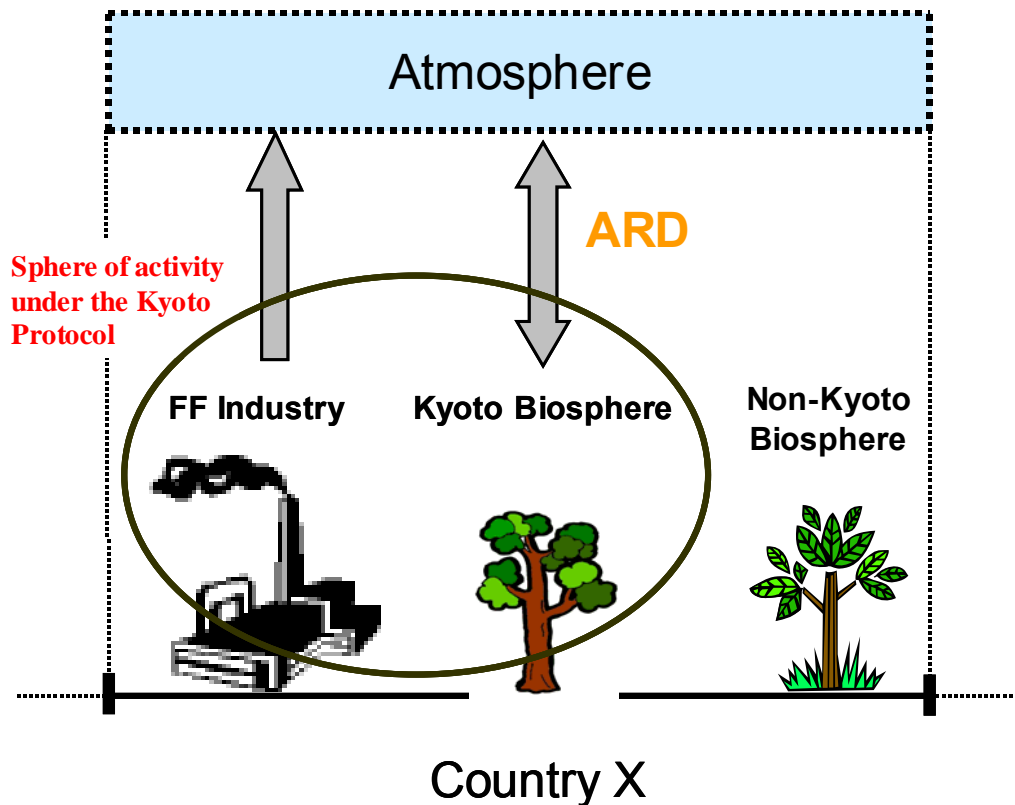
1. Einleitung

Anthropogene Emissionen von Kohlenstoffverbindungen in die Atmosphäre (z.B. als CO₂, CH₄, etc.) werden als grundlegende Ursache und Auslöser des globalen Klimawandels angesehen. Diese anthropogenen Kohlenstoffemissionen (C-Emissionen) stammen hauptsächlich aus zwei Quellen: aus dem Einsatz von fossilen Energieträgern und aus Emissionen, welche durch Landnutzungsveränderungen, insbesondere durch Rodungen von Wäldern, verursacht werden. Die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) ist ein internationales Umweltabkommen mit dem Ziel, diese anthropogene Störung des Klimasystems zu verhindern und die globale Erwärmung zu verlangsamen, sowie ihre Folgen zu mildern. Im Kyoto-Protokoll, einem 1997 beschlossenen Zusatzprotokoll dieser Rahmenkonvention, ist eine Verminderung der Emission von Treibhausgasen, insbesondere von Kohlenstoffemissionen, für Industriestaaten (für die sogenannten Annex I Länder) festgeschrieben. Für Österreich gilt aufgrund EU-interner Regelungen ein Reduktionsziel von -13% der Emissionen des Jahres 1990 für die Periode 2008-2012. Alle Nationalstaaten der UNFCCC sind verpflichtet, jährlich Inventuren der Treibhausgasemissionen zur erstellen.

Das Emissionsmonitoring für Treibhausgase gemäß Kyoto-Protokoll inkludiert nicht nur Treibhausgasemissionen aus industriellen Prozessen, wie z.B. aus der Zementindustrie und aus der Verbrennung fossiler Energieträger, sondern auch Kohlenstoffflüsse welche durch Landnutzung und deren Veränderungen ausgelöst werden. Diese Emissionen sind auf die sogenannten ARD-Maßnahmen (A ... afforestation, R ... reforestation und D ... deforestation; Artikel 3.3) und auf Forstmanagement, Landwirtschaft und Wiederaufforstung/Bepflanzung (Artikel 3.4) beschränkt, und enthält Zusätze, welche die Anwendung dieser Aktivitäten im Rahmen des Protokolls limitiert.

Das Kyoto-Protokoll verfolgt einen sogenannten „partial carbon accounting“ Ansatz (PCA), bei dem nur eine Auswahl der gesamten Emissionen auf dem Territorium eines Nationalstaates einbezogen werden. Abbildung 1 zeigt schematisch die Kompartimente der vom PCA betrachteten C-Flüsse. Wesentlich ist die Unterscheidung einer Kyoto-Biosphäre und einer „Non-Kyoto-Biosphäre“. Darunter fällt die Summe jener Treibhausgasemissionen, welche laut Protokoll nicht der Berichterstattungspflicht unterliegen. Hierzu zählen z.B. all jene Kohlenstoffflüsse, welche auf Landnutzungsveränderungen, die nicht unter Artikel 3.3 und 3.4 fallen. Hinzu kommt, dass die Berichterstattung nur auf jene Kohlenstoffflüsse (Emissionen aus Fossilenergie und landnutzungsbezogene Nettoflüsse) begrenzt ist, welche in sogenannten Annex I Ländern, also den industrialisierten Staaten, anfallen. Non-Annex I Länder sind von Reduktionsverpflichtungen ausgenommen.

Abbildung 1: Partial Carbon Accounting unter dem Kyoto-Protokoll



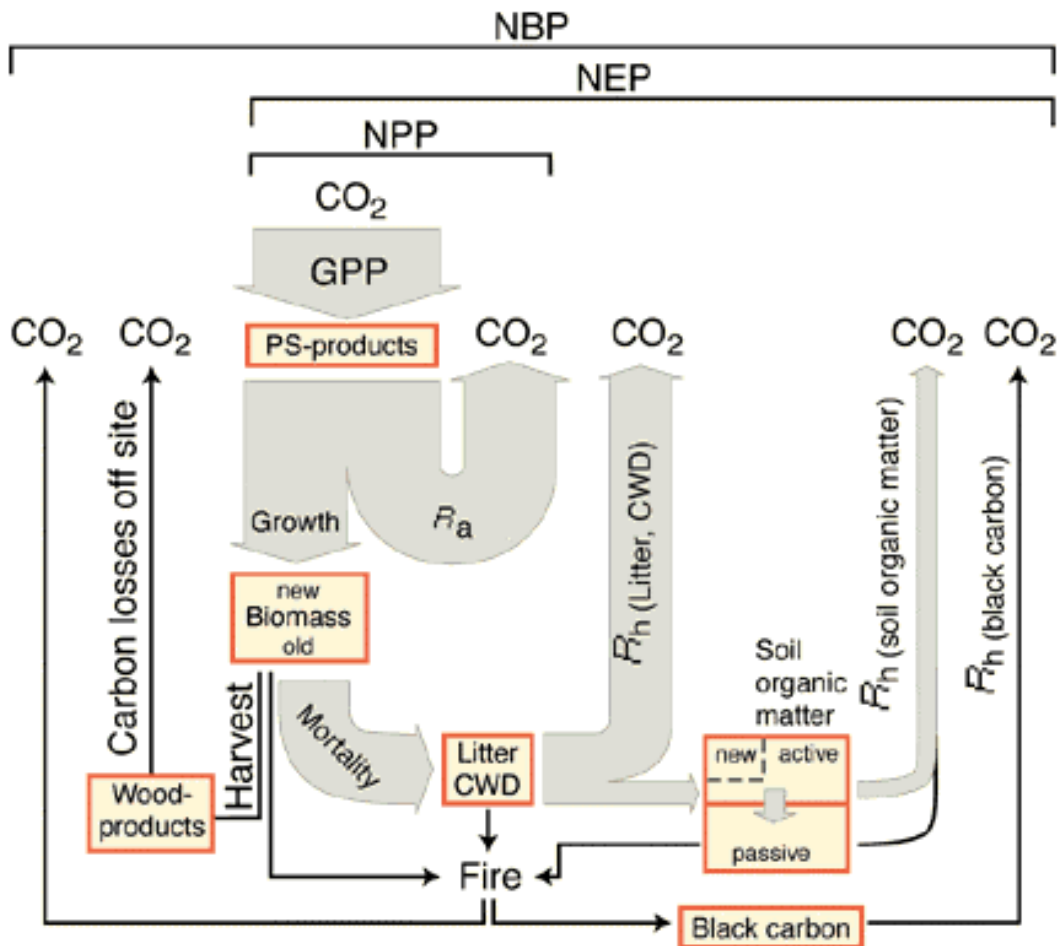
Source: Jonas und Nilsson 2001; Graue Pfeile: C-Flüsse; FF Industry: Fossilenergieeinsatz in industriellen Prozessen; ARD: Afforestation, Reforestation, Deforestation

Diese Beschränkung des Kyoto-Abkommens auf gewisse Kohlenstoffflüsse und Aktivitäten ist umstritten. Kritiker befürchten, dass beträchtliche klimarelevante Flüsse aufgrund dieser Regelung nicht erfasst werden könnten; dies könnte unter gewissen Umständen dazu führen, dass die Berechnungsmethode und daraus abgeleitete Analysen und Handlungsempfehlungen nicht problemverschiebungsresistent sein könnten: Maßnahmen zur Reduktion von vom Kyoto-protokoll erfassten Emissionen könnten zu Zunahmen von nicht im Protokoll inkludierten Flüssen führen, wodurch insgesamt Kohlenstoffflüsse in die Atmosphäre netto zunehmen würden. Beispielsweise könnte eine Substitution von fossilen Energieträgern durch Biomasse die Biomassebestände dezimieren oder die Stärke der Kohlenstoffbindungskapazität verringern, ohne dass diese Effekte in der Berichterstattung Berücksichtigung finden.

Aus diesem Grund wurde vermehrt vorgeschlagen, Methoden bzw. Modelle zu erarbeiten, die sich einem „full carbon accounting“ (FCA) – Ansatz verpflichten (Steffen et al., Nilsson et al. 2000, Jonas und Nilsson 2001), was u.U. auch eine getrennte Erfassung der gesamten Biosphäre im Rahmen eines separaten „Biosphären-Protokolls“ bedeuten könnte. Im Rahmen des FCA-Ansatzes werden alle C-Flüsse bezogen auf das Territorium des zu untersuchenden Landes berücksichtigt. Dies eröffnet die grundsätzliche Möglichkeit einer Verifikation von wissenschaftli-

cher Seite (hier nicht weiter diskutiert, siehe Jonas et al. 1999). Dies impliziert Konsistenz, Vollständigkeit, Transparenz und Verschiebungsresistenz der Bilanzierung (Abbildung 2) und bringt erhebliche Vorteile gegenüber dem PCA, weil dadurch eine wesentlich realistischere Erfassung von Kohlenstoff- bzw. Treibhausgasemissionen erfolgt.¹

Abbildung 2: Darstellung der biogenen Kohlenstoffflüsse in einem Full Carbon Accounting



Quelle: Schulze et al. 2003; Dieses Schema zeigt die natürlichen Kohlenstoffflüsse inklusive Kohlenstofffluss in gesellschaftlicher Biomassernte. Aus Komplexitätsgründen werden Kohlenstoffflüsse aus Fossilenergie, Zementproduktion, etc. in der Abbildung nicht dargestellt. NBP...Netto Biosphären Produktion, NEP...Netto Ökosystem Produktion, NPP...Netto Primär Produktion, R...Respiration, a...Autotrophe Organismen, h...Heterotrophe Organismen

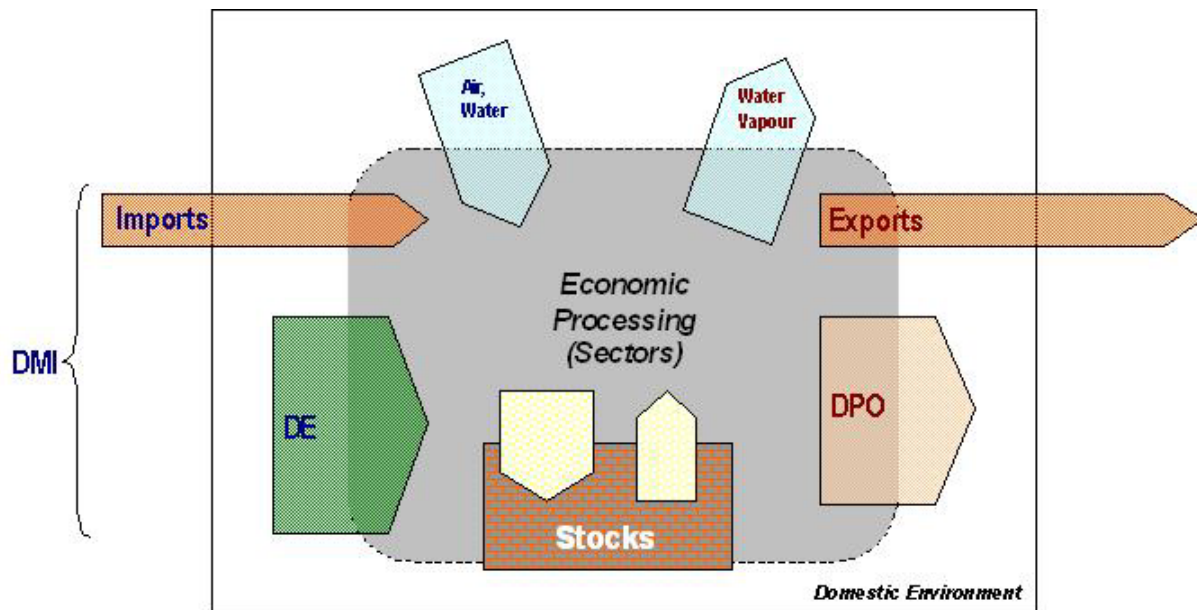
¹ Zwei Projekte, die seitens des österreichischen Umweltministeriums in diesem Zusammenhang gefördert wurden, waren die Erstellung der Austrian Carbon Database durch die IIASA (Jonas, M. and S. Nilsson, 2001: The Austrian Carbon Database (ACDb) Study – Overview. Interim Report, IR-01-064, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, pp. 131. URL: <http://www.iiasa.ac.at/Research/FOR/acdb.html>) sowie die Erstellung des Austrian Carbon Balance Model (ACBM) durch die Austrian Research Centers, das Joanneum und die IIASA (Orthofer, R., E. Gebetsroither, F. Strelb et al., 2000: The Austrian Carbon Balance Model (ACBM). Final Project Report, OEFZS--S-0107, Austrian Research Centers, Seibersdorf, Austria, pp.148.)

Ein Nachteil, der mit dieser umfassenden Bilanzierung jedoch ins Spiel kommt, besteht darin, dass gewisse C-Flüsse auf dem nationalen Territorium nicht direkt durch menschliche Aktivitäten auf dem jeweiligen Territorium bedingt werden, sondern sich aus natürlichen Dynamiken ergeben bzw. auf Feedback-Mechanismen durch Global Change zurückgehen, und somit nur zu einem verschwindenden Teil durch Aktivitäten innerhalb der jeweiligen Volkswirtschaft bedingt sind. Wenn sich etwa durch Globalen Wandel die Temperatur, die Niederschlagsmuster oder der CO₂-Gehalt der Atmosphäre verändern, so kann dies durchaus zu einer merklichen Veränderung der Kohlenstoffflüsse in der Vegetation (und damit auch der Böden) führen, ohne dass dies durch direkte menschliche Einflüsse (etwa Landnutzung) im jeweiligen Land bedingt wäre. Derartige Kohlenstoffflüsse finden zwar auf dem nationalen Territorium statt, sie wären jedoch sinnvoller Weise nicht in Accounting-Systeme einzubeziehen, mit deren Hilfe der Fortschritt eines Landes im Hinblick auf den Klimaschutz abgebildet werden soll.

Einen weiteren Nachteil des PCA-Ansatzes kann auch das FCA-Schema nicht ausräumen: die indirekt mit dem Außenhandel in Zusammenhang stehenden Emissionen finden keine Berücksichtigung, d.h. die CO₂-Emissionen, die durch die Produktion importierter bzw. exportierter Güter entstehen, werden zwar netto-mäßig, aber nicht Verbraucher-orientiert abgebildet. Aufgrund dieses territorialen Netto-Ansatzes ist es z.B. möglich, die heimische Emissionsbilanz dadurch zu entlasten, dass energie- bzw. CO₂-intensive Produktionsprozesse ins Ausland ausgelagert werden und stattdessen die nötigen Produkte bzw. Rohstoffe von dort importiert werden, insbesondere aus Ländern, die keine CO₂-Reduktionsziele laut Kyoto-Protokoll zu beachten haben. Dies würde, da die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ein globales Problem darstellt, keinerlei Entlastungseffekt im Hinblick auf das Klima bringen. Es könnte sogar zu einer Erhöhung der Emissionen kommen, etwa durch Transportprozesse oder im Fall geringerer Umweltstandards bzw. Energieeffizienz in jenem Land, in das der jeweilige Produktionsprozess verlagert wird.

Weiterhin weist der FCA-Ansatz konzeptionell nicht eine ausreichende systematische Anbindung an die gesellschaftliche Dynamik bzw. die gesellschaftlich relevanten Prozesse auf (z.B. wirtschaftliche Prozesse, wie sie etwa im Rahmen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung abgebildet werden). Gerade hier steht mit dem Material- und Energieflussanalyse Framework (MEFA), in Kombination mit Methoden der physischen Input-Outputanalyse, ein Instrumentarium zur Verfügung, mit dessen Hilfe die Kopplung physischer mit monetärer Informationssysteme im Prinzip gut bewerkstelligt werden kann. Abbildung 3 stellt schematisch das Accounting-Schema des MEFA Frameworks dar.

Abbildung 3: Schema des MEFA-Frameworks



Quelle: Matthews et al. 2000; DE ("domestic extraction"): Inlandsentnahme; DPO ("domestic processed output"): Outputs an die Natur; Stocks: gesellschaftliche Materialbestände; DMI ("direct material input"): Gesamtinputs in das sozio-ökonomische System, als Summe von DE und Importen; Das Verbrauchsniveau des gesellschaftlichen Systems wird als DMC ("domestic material consumption") abgebildet (in der Abbildung nicht dargestellt): dieses ergibt sich als Summe von Inlandsentnahme und Importen, minus der Exporte und der Bestandesveränderungen.

Das MEFA Framework konzipiert das gesellschaftliche System als Input-Output-System. Auf der Inputseite werden inländische Materialentnahmen aus der Natur und Importe aus anderen Ökonomien erfasst. Dem stehen auf der Outputseite die Materialabgabe an das Ausland (Export) sowie Emissionen und Abfälle gegenüber, die keiner weiteren Verarbeitung bzw. Behandlung innerhalb der Systemgrenzen zugeführt werden.

MEFA ist als Satellitensystem zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung angelegt und wendet dieselben Systemgrenzen zur Bilanzierung an: alle Prozesse, die im sozio-ökonomischen System eine Wertschöpfung erzielen, werden mit den Massen, die sie direkt bewegen, berücksichtigt. Der Vorteil der MEFA besteht darin, dass sie umweltrelevante Prozesse und ökonomische Prozesse verbindet und in Folge dessen mit der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung kompatibel ist. Das bedeutet, dass das MEFA Framework die Möglichkeit zur Verknüpfung von biophysischen mit monetären Daten schafft. Allerdings erfasst es nur einen Teil der nationalen Kohlenstoffflüsse, nämlich jene, welche den "gesellschaftlichen Metabolismus" betreffen (d.h. kohlenstoffhaltige Emissionen aus gesellschaftlich gesteuerten wirtschaftlich/technischen Prozessen in die Atmosphäre). Für diese Bereiche ist innerhalb des MEFA-Frameworks ein klarer Bezug von sozio-ökonomischen Aktivitäten (z.B. Sektoren der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung) und C-Flüssen herstellbar. Material- und Energieflüsse, welche zwar umweltrelevant sind, jedoch nicht unmittelbar einen Teil des gesellschaftlichen Stoffwechsel darstellen, finden keine Berücksichtigung.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie soll Möglichkeiten, Vorteile und Schwierigkeiten einer Kombination des Full-Carbon-Ansatzes (FCA) mit dem Material- und Energiefluss Konzept (MEFA) überprüfen. Durch eine systematische Verknüpfung dieser beiden Ansätze könnten ihre jeweiligen Defizite ausgeräumt werden und insgesamt ein Indikatorensystem entwickelt werden, welches eine systematische Verknüpfung von Ökologie und Ökonomie zulässt. Ein solches Accounting System wäre anwendbar auf unterschiedlichen Skalenebenen (regional, national, international), validierbar und verschiebungsresistent in Bezug auf Umweltprobleme. Insgesamt würde damit die Aussagekraft der ableitbaren Indikatoren erheblich gesteigert und würde für eine Klimaschutzpolitik wesentlich brauchbarere Analysen ermöglichen als die heute bestehenden Instrumente.

Ein aus einer Verknüpfung der beiden Accounting Systeme (FCA und MEFA) hervorgehende Indikatorensystem würde als Satellitensystem zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung konzipiert und hätte folgende Vorteile:

- Kombination von bereits etablierten (und international anerkannte) Berichtssysteme, d.h. eine grundlegende Neuentwicklung von Methoden wäre nicht notwendig.
- Vollständige Erfassung aller umweltrelevanten gesellschaftlich beeinflussten Material- und Energieflüsse (sozio-ökonomische und natürliche).
- Systematische Verbindung biophysischer und sozio-ökonomischer Prozesse und Systeme.
- Kompatibilität mit der Volkswirtschaftlichen Berichterstattung in Bezug auf sektorale Analyse und Ableitung von Indikatoren.
- Unterscheidung der direkt sozio-ökonomisch bedingten Material- und Energieflüsse von jenen, die durch natürliche Prozesse (evtl. auch durch Global Change) bedingt werden.
- Quantifizierung der Unsicherheiten der Datengrundlagen und Berechnungen.
- Ausbau der Pionierrolle Österreichs im Bereich der Umweltberichterstattung und der Analyse gekoppelter ökonomisch-biophysischer Systeme.

1.1. Economy-Wide Carbon Accountings (ECA)

Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist die Überprüfung und Beleuchtung der Möglichkeiten zur Entwicklung eines Economy-Wide-C-Accountings (ECA) und die exemplarische Beleuchtung der Machbarkeit, der Schwierigkeiten des Vorhabens und insbesondere die Darstellung der Politikrelevanz eines solchen Systems. Systematische Betrachtungen der etablierten Treibhausgasmonitoringsysteme erlauben es, Charakteristika eines solchen Economy-wide Carbon Accountings näher zu spezifizieren. Die etablierten Accounting Systeme unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der zugrundeliegenden Aggregationsprinzipien, hinsichtlich ihres Umfangs und ihrer Inhalte.

Kriterium I „Allokationsprinzip“: Territoriales Prinzip (T) vs. Inlandskonsum Prinzip (C)

Die etablierten Berichtssysteme wie PCA und FCA basieren auf einem territorialen Prinzip (*territorial accounting*). Alle CO₂-Emissionen auf dem nationalen Territorium werden dabei erfasst.

Durch den Außenhandel finden aber Vorleistungsketten des inländischen Konsums auch außerhalb des Territoriums statt. Analog ist ein Teil, der vom Bilanzterritorium ausgehenden Emissionen den Vorleistungsketten für Exportgüter, also dem ausländischen Endkonsum, zuzuordnen. Ein *consumption based C-accounting* berücksichtigt daher nur die CO₂-Emissionen der Vorleistungskette des inländischen Endkonsums (domestic final consumption). Das bestehende „territorial accounting“ wird daher um jene Emissionen bereinigt, die mit international gehandelten Gütern assoziiert sind. Die Kohlenstoffemissionen für die heimische Produktion von Exportgütern werden vom territorial accounting abgezogen, dafür werden jene Emissionen addiert, die im Ausland für die Produktion importierter Waren verursacht wurden.

Kriterium II „Erfassung“: alle C-Flüsse (Full) vs. ausgewählte C-Flüsse (Partial)

Treibhausgasmonitoringsysteme können dahingehend unterschieden werden, ob sie auf die Gesamtheit aller Kohlenstoffflüsse abzielen oder wenige, ausgewählte Flüsse berücksichtigen. Die Erfassung aller C-Flüsse ist in der Regel mit größeren Unsicherheiten behaftet, solche Systeme sind aber im Allgemeinen durch deutlich höherer Problemverschiebungsrestistenz gekennzeichnet. Allerdings ist der Arbeits- und Datenaufwand für solche Systeme drastisch höher und deren Durchführung bedarf einer expliziten Unsicherheitsanalyse. Selektive Systeme hingegen sind unkomplizierter, handhabbarer und durch höhere Datensicherheit charakterisiert.

Kriterium III „Systemgrenze“: Alle C-Flüsse (a) vs. sozio-ökonomische C-Flüsse (s)

Eine weitere Unterscheidung der C-Accounting Tools betrifft deren inhaltlicher Fokus. Manche Systeme zielen darauf ab, alle Kohlenstoffflüsse, z.B. eines Territoriums oder einer Region, abzubilden, also auch jene, deren Veränderungen nicht direkt durch menschliche Aktivitäten bedingt werden, sondern sich aus natürlichen Dynamiken ergeben, wie z.B. durch Veränderungen der Solaraktivität oder globaler Niederschlagsmuster. Davon abgegrenzt sind Accounting Systeme, welche explizit nur jene Flüsse berücksichtigen, welche direkt und indirekt mit gesellschaftlichen Aktivitäten in Verbindung gebracht werden können, wie beispielsweise Emissionen auf dem Einsatz von Fossilenergie oder Emissionen aus Veränderung von Landnutzung.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der drei C-Monitoringsysteme, Partial Carbon Accounting, Full Carbon Accounting und Economy-wide Carbon Accounting, und deren Klassifikation entlang der oben genannten Kriterien.

Tabelle 1: Systematik der Carbon Accounting Tools

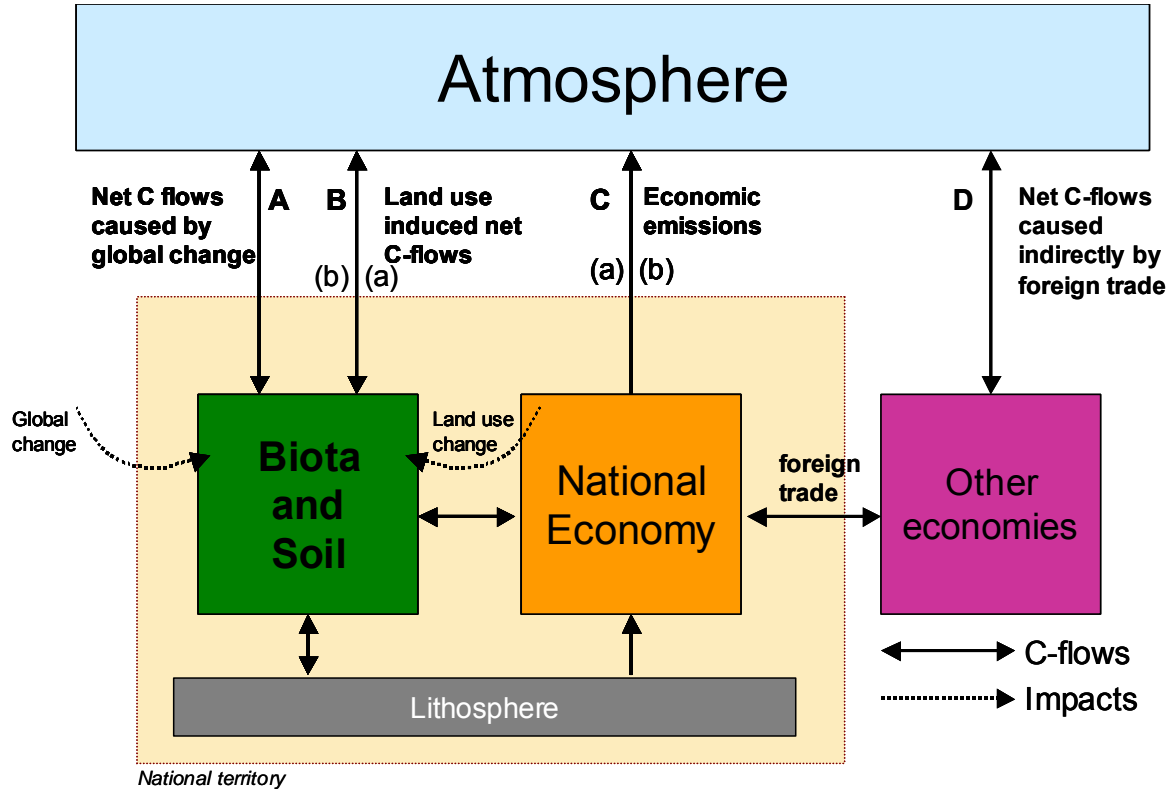
Monitoring System	Aggregations-prinzip	Umfang	Inhalt
Partial Carbon Accounting	Territorialprinzip	Partial	sozio-ökonomische Flüsse
Full Carbon Accounting	Territorialprinzip	Full	alle Flüsse
Economy-wide Carbon Accounting	Konsum-prinzip	Full	sozio-ökonomische Flüsse

Das ECA soll ein Accounting System sein, welches dem *Consumer Principle* folgt, die C-Flüsse in ihrer Gesamtheit betrachtet und dabei jene Flüsse in konsistenter Weise berücksichtigt, welche mit gesellschaftlichen Aktivitäten in Verbindung gebracht werden können.

1.1.1. Grundkonzept eines integrativen C-Accountings

Vor dem Hintergrund der oben geschilderten Problemlage hat das Institut für Soziale Ökologie gemeinsam mit der IIASA ein Grobkonzept für ein C-Accounting erstellt, das eine Entwicklung eines ECA auf Basis der Zusammenführung von Methoden der FCA mit Methoden aus dem Bereich MFA und physische Input-Output-Analyse (PIOT) erlauben würde. Dieses Grobkonzept ist in Abbildung 1 im Überblick dargestellt.

Abbildung 4: Systematik der C-Flüsse



Quelle: eigene Darstellung; A...Netto Kohlenstoffflüsse durch Globalen Wandel ausgelöst; B...Kohlenstoffflüsse durch Landnutzungsveränderungen, a: im Kyoto-Protokoll enthalten (ARD), b: nicht im Kyoto-Protokoll enthalten; C...sozio-ökonomische C-Emissionen, a: im Kyoto-Protokoll enthalten (z.B. aus Fossilenergie), b: nicht im Kyoto-Protokoll enthalten (z.B. aus Biomasse), D...Netto Kohlenstoffflüsse, welche indirekt durch den Außenhandel auf anderen Territorien verursacht werden.

In diesem Schema (Abbildung 4) lassen sich die einzelnen Accounting Systeme verorten. Während das Partial Carbon Accounting nur ausgewählte Flüsse im Bereich B (Biota & Soil), nämlich die ARD Flüsse, und ausgewählte Flüsse des Bereichs C (National Economy), nämlich nur C-Emissionen aus Fossilenergie und Zementproduktion, nicht aber Biomasseeinsatz für z.B. Energiezwecke, berücksichtigt, erfasst ein Full Carbon Account die Flüsse A, B und C gänzlich. Das MEFA-Framework hingegen berechnet alle C-Flüsse des Bereiches C, nicht jene der Flüsse A und B. Über die Integration von Input-Output Ansätzen könnte aber im MEFA Framework der Bereich D abgedeckt werden. Dies sind Flüsse, welche außerhalb des Territoriums durch den Import nach Österreich dem österreichischen Konsum zugerechnet werden können und betref-

fen sowohl Emissionen aus Vorleistungen bei der Produktherstellung, als auch indirekt durch den Außenhandel mit Biomasse verursachte Landnutzungsveränderungen in anderen Ländern. Ein ECA hingegen zielt darauf ab, die Flüsse B, C und D abzubilden und sie auf den Konsum zu beziehen. Die Erstellung eines derartigen Informationssystems erfordert sowohl im Hinblick auf die Trennung der Flüsse A und B, als auch im Hinblick auf den Fluss D erhebliche Forschungsanstrengungen.

Tabelle 2.: Inhalte der Accounting Tools

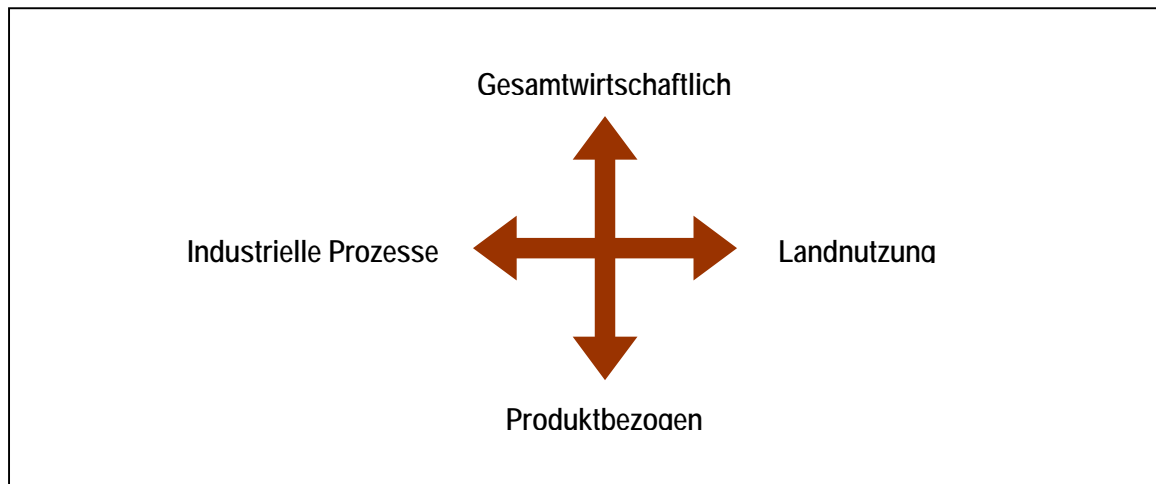
Monitoring System	Flows (Abbildung 4)
Partial Carbon Accounting	Ba), Ca)
Full Carbon Accounting	A, B, C
MEFA	C, (D)
Economy-wide Carbon Accounting	B, C, D

2. Methode

2.1. Auswahl der Fallbeispiele

Ziel des vorliegenden Projekts ist nicht die Erarbeitung und Umsetzung eines ECA Konzepts selbst, sondern die Überprüfung seiner Machbarkeit anhand von konkreten Beispielen und vor allem die Darstellung der Bedeutung des Vorhabens, insbesondere im Hinblick auf seine Politikrelevanz. Dies soll anhand von Fallbeispielen erfolgen, welche möglichst breit die Anforderungen, konzeptionelle Schwierigkeiten und Datenlücken der Erstellung eines solchen Accounting Systems beleuchten sollen. Von den möglichen Schwerpunkten bieten sich vor allem zwei Spannungsfelder an:

- industrielle Prozesse, inklusive der Vorleistungsketten im Außenhandel, oder indirekte Kohlenstoffflüsse durch Landnutzungsveränderungen in und außerhalb des Territoriums.
- gesamtwirtschaftliche (gesamte Ökonomie) und produktbezogene (z.B. Holz und Holzprodukte) Kohlenstoffflüsse (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Auswahl der Fallbeispiele

Aus pragmatischen Gründen des effizienten Ressourceneinsatzes und der Datenverfügbarkeit wurde eine Kombination dieser 4 Dimensionen gewählt:

1. Fallbeispiel 1: Darstellung von Energie- und CO₂-Flüssen verursacht durch internationalen Handel: Gesamtwirtschaftliche Betrachtung eines industriellen Prozesses
2. Fallbeispiel 2: Produktion und Außenhandel mit Holz und Holzprodukten: Produktionsbezogene Betrachtung inklusive Bearbeitung der Landnutzungsproblematik

3. Fallbeispiel 1: Darstellung von Energie- und CO₂-Flüssen verursacht durch internationalen Handel

Etablierte CO₂ und Energiestatistiken Systeme basieren auf dem territorialen Prinzip (*territorial accounting*) und erfassen alle CO₂-Emissionen sowie den gesamte Energieverbrauch auf dem nationalem Territorium. Dabei erfolgt nur circa ein Viertel des nationalen Gesamtverbrauchs und damit der Emissionen in Österreich direkt durch die Konsumenten. Der weitaus größere Anteil wird durch die Produktion von Konsumgütern und durch Dienstleistungen verursacht, die letztlich aber auch den Konsumenten zugute kommen. In diesem Fallbeispiel wird ein System des *consumption based accounting* erstellt, in dem jener Energieverbrauch sowie jene CO₂-Emissionen berücksichtigt werden, die auf den österreichischen Endkonsum zurückzuführen sind. Dazu wird das *territorial accounting* um die Beträge bereinigt, die mit international gehandelten Konsumgütern assoziiert sind. Der Energieverbrauch für die heimische Produktion von Exportgütern muss vom *territorial accounting* abgezogen werden, dafür wird ein Betrag addiert, der im Ausland für die Produktion nach Österreich importierter Waren benötigt wurde. Die CO₂-Emissionen werden äquivalent behandelt. Dieser Sachverhalt ist schematisch in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 6: Energieverbrauch und CO₂-Emission assoziiert mit internationalem Handel



Quelle: eigene Darstellung

3.1. Methode

Die Quantifizierung der in Abb.6 dargestellten Flüsse erfolgt in zwei Schritten:

1. Berechnung der direkten und indirekten Energie- bzw. CO₂-Intensität der österreichischen Produktion mittels einem hybridem Input-Output Modell (siehe unten)
2. Multiplikation der Energie- bzw. CO₂-Intensität mit dem Außenhandelsvolumen

Input-Output Rechnung ist eine etablierte Methode, die in den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts von Wassily Leontief begründet wurde (Leontief 1936) und vorwiegend in der Volkswirtschaftslehre Anwendung fand. Durch die aufkommende Umweltschutzbewegung und die Energiekrise der 1970er Jahre entwickelte sich das Interesse an Konzepten, die eine quantitative Darstellung von Umweltbelastung und Ressourcenverbrauch in Verbindung mit wirtschaftlicher Aktivität ermöglichen. In dieser Zeit wurden erstmals Studien zur Energieintensität von Gütern und Dienstleistungen veröffentlicht (Bullard und Herendeen 1975, Denton 1975). Die Methode erfuhr in Folge weitere Verfeinerungen und es wurden auch Rechenmodelle mit hybriden Einheiten beschrieben (Casler und Wilbur 1984, Hannon et al. 1983). In der aktuellen Diskussion um ungleichen internationalen Handel und seine Effekte auf die Umwelt wurde das hybride Input-Output Modell wieder aufgegriffen (Machado et al. 2001) und bildet auch die Grundlage der hier präsentierten Berechnungen.

Abbildung 7: Aufbau einer Input-Output Tabelle mit den drei Hauptquadranten Input, Vorleistung und Output

	Energie	Sektor 1	Sektor 2	Sektor n	Konsumausgaben	Investitionen	Lagerveränderung	Exporte	Total Output
Energie											Σ
Sektor 1											Σ
Sektor 2											Σ
...											Σ
...											Σ
Sektor n											Σ
Importe											
Wertschöpfung											
Total sectoral inputs	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ					

Quelle: eigene Darstellung

Input-Output Tabellen sind Matrizen, welche aus drei Quadranten bestehen (Abbildung 7):

1. Inputquadrant: enthält alle direkten Material Inputs in die Sozio-Ökonomie wie Inlandsaufkommen an Rohstoffen und Ressourcen, Importe and Rohstoffen und Gütern, und sonstige Inputs (zur Bilanzierung von zusätzlichen Inputs wie Luft, Wasser etc.)
2. Vorleistungs-Quadrant: repräsentiert die Verflechtung der sozio-ökonomischen Sektoren, also die interne Weitergabe von Material von einem Sektor in den anderen
3. Outputquadrant: enthält alle Outputs des sozio-ökonomischen Systems, an die natürlichen Systeme innerhalb der nationalen Grenzen (an die Ökosysteme), an globale Systeme (wie z.B. an die Atmosphäre) und an andere Sozio-Ökonomien (Exporte von Rohstoffen und Gütern).

Die Form der Matrix wird durch die Form der Verflechtungsmatrix bestimmt. Hier sind alle Sektoren (auf dem jeweiligen Aggregationsniveau) sowohl als "Ursprung" (Spalten) und "Ziel" (Zeilen)

von Materialflüssen enthalten. Somit ist die Verflechtungsmatrix stets quadratisch (x Sektoren mal x Sektoren).

Die zentrale Gleichung der Input-Output Rechnung lautet:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{y}$$

Dabei bezeichnet \mathbf{x} die Bruttoproduktion und \mathbf{y} die Endnachfrage. Der Term $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ wird als Leontief-Inverse bezeichnet und berechnet die gesamtwirtschaftlichen Vorleistungen aller Wirtschaftssektoren pro Output-Einheit eines Sektors. Mithilfe dieser Berechnung lassen sich auch die Vorleistungen des Sektors Energie für die Produktion aller anderen Sektoren ablesen, wobei die gesamte Vorleistungskette doppelzählungsfrei erfasst wird. Ausgehend von einer monetären Input-Output Tabelle werden in der hybriden Tabelle die Vorleistungen des Sektors Energie in physischen Einheiten (Energieverbrauch bzw. CO₂-Emission) dargestellt, alle anderen Flüsse bleiben in Geldeinheiten. Aus der hybriden Leontief-Inversen erhält man schließlich die gefragte Energie- bzw. CO₂-Intensität.

Ausgangspunkt für die Berechnung der hybriden Leontief-Inversen ist eine Darstellungsform der Input-Output Tabelle, die als *Make und Use Matrizen* bezeichnet wird. Die Make Matrix \mathbf{V} beschreibt die Produktion heimischer Wirtschaftssektoren, die Use Matrix \mathbf{U} die Verwendung von Gütern in der einzelnen Wirtschaftssektoren und durch Endverbraucher. Ersetzt man in der Use Matrix alle monetären Einträge in den Zeilen der Energiesektoren durch physische Werte aus der sektoralen Energiebilanz bzw. der sektoralen CO₂-Erfassung, erhält man eine Use Matrix in hybriden Einheiten \mathbf{U}_h . Aus der Make Matrix und der hybriden Use Matrix lässt sich die hybride Leontief-Inverse berechnen (Miller und Blair 1985):

Zunächst werden in einem Zwischenschritt die Matrizen \mathbf{B}_h und \mathbf{D}_h berechnet. \mathbf{B}_h ergibt sich aus dem Matrixprodukt von \mathbf{U}_h und dem diagonalisierten, invertierten Vektor \mathbf{q}^2 , wobei \mathbf{q} die Zeilensummen der Make Matrix enthält.

$$\mathbf{B}_h = \mathbf{U}_h \cdot \langle \mathbf{q} \rangle^{-1}$$

Die Matrix \mathbf{D}_h , die *Market Shares Matrix*, ist das Matrixprodukt aus \mathbf{V} und dem diagonalisierten, invertierten Vektor \mathbf{x}_h . Dieser Vektor enthält die Zeilensummen der hybriden Use Matrix und ist somit selbst in hybriden Einheiten formuliert.

$$\mathbf{D}_h = \mathbf{V} \cdot \langle \mathbf{x}_h \rangle^{-1}$$

Das Matrixprodukt aus \mathbf{B}_h und \mathbf{D}_h ergibt nun die hybride Technologiematrix \mathbf{A}_h . Diesem Berechnungsweg liegt die Industrietechnologieannahme zugrunde: Jeder Wirtschaftsbereich hat demnach eine homogene Input-Struktur, auch wenn verschiedene Güter (sekundäre Produktion) produziert werden (Fleissner et al. 1993).

² Ein diagonalisierter Vektor ist eine Matrix, deren Hauptdiagonale die Werte des Vektors enthält. Alle anderen Elemente dieser Matrix sind null.

$$\mathbf{A}_h = \mathbf{B}_h \cdot \mathbf{D}_h$$

Aus \mathbf{A}_h kann nun die hybride Leontief-Inverse berechnet werden. Diese enthält in den Zeilen der Energiesektoren die Energie- bzw. CO₂-Intensität aller produzierenden Sektoren. Die übrigen Elemente der hybriden Leontief-Inversen sind für die weitere Berechnung irrelevant und müssen eliminiert werden. Daher prämultipliziert man die hybride Leontief-Inverse mit einem Vektor, der für die Energiesektoren den Wert 1, für alle anderen Sektoren den Wert 0 besitzt. Einen solchen Vektor erhält man durch Multiplikation des Vektors \mathbf{x}_p (Zeilensumme einer rein physischen Use Matrix) mit dem diagonalisierten, invertierten Vektor \mathbf{x}_h . Die Matrix $\boldsymbol{\varepsilon}$ enthält somit außer der Energie- bzw. CO₂-Intensität aller produzierenden Sektoren nur Elemente gleich null.

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{x}_p \cdot \langle \mathbf{x}_h \rangle^{-1} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{A}_h)^{-1}$$

Die Elemente der Matrix $\boldsymbol{\varepsilon}$, multipliziert mit dem Export- bzw. Importwert der entsprechenden Produkte, ergeben die physische Dimension der Exporte \mathbf{e}_p und Importe \mathbf{m}_p , also den Energieverbrauch respektive die CO₂-Emissionen zur Produktion der Handelsgüter. In Matrixschreibweise:

$$\mathbf{e}_p = \mathbf{C}_h^T \cdot \mathbf{i} \cdot \langle \mathbf{e} \rangle$$

$$\mathbf{m}_p = \mathbf{C}_h^T \cdot \mathbf{i} \cdot \langle \mathbf{m} \rangle$$

Es fällt auf, dass auch die Importe mit der Energie- bzw. CO₂-Intensität der österreichischen Produktion berechnet werden. Diese Berechnung setzt identische Produktionstechnologie im Herkunftsland voraus, was in der Realität bezweifelt werden muss. Eine exaktere Berechnung erfordert multiregionale Input-Output Modelle, die auch Daten der Herkunftsländer enthalten. Der sich daraus ergebende enorme Daten- und Analyseaufwand war im Rahmen dieser Studie nicht durchführbar. Die in Folge präsentierten Ergebnisse für Energieverbrauch und CO₂-Emissionen zur Produktion der Importe stellen daher einen hypothetischen Wert dar, der in Österreich zusätzlich auftreten würde, wenn die Importgüter im Inland produziert worden wären.

3.2. Datenquellen und deren konsistente Verknüpfung

Der vorliegenden Berechnung liegen drei Datensätze zugrunde, die jeweils für die Jahre 1995 und 2000 analysiert wurden. Alle verwendeten Daten stammen von Statistik Austria: Die monetäre Input-Output Tabelle 1995 (Statistik Austria 2001) und 2000 (Statistik Austria 2004), die sektorale Energiebilanz (Bittermann 2004) sowie die NAMEA (Eurostat 2001; Tauber und Baud 2004). Eine Voraussetzung für die im Methodenteil beschriebene Berechnung ist die konsistente Verknüpfung dieser drei Datenquellen. Diese wird im folgenden beschrieben.

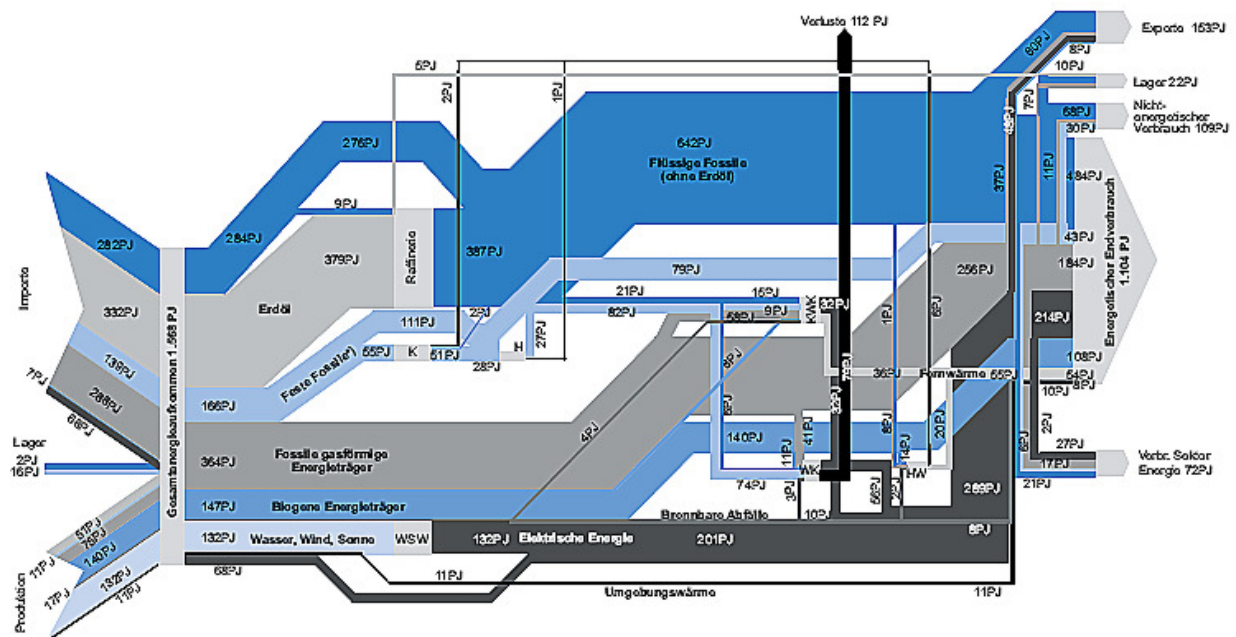
Die Input-Output Tabelle berichtet 56 Sektoren für das Jahr 1995 (57 für 2000) und die gleiche Anzahl an entsprechenden Produktgruppen und Dienstleistungen. Um die Substitution der mo-

netären Werte der Energiesektoren durch Daten aus der sektoralen Energiebilanz zu ermöglichen musste auf ein Niveau mit übereinstimmenden Sektoren aggregiert werden. Dieses liegt für die Berechnung der Energieintensitäten bei 18 Sektoren, davon vier Energiesektoren. Für die Berechnung der CO₂-Intensität wurden die vier Energiesektoren zu einem aggregiert, somit ergeben sich 15 Sektoren.

Die größere Detailschärfe der Input-Output Tabelle im Vergleich zu den anderen Datensätzen besteht hauptsächlich im Bereich Dienstleistungen. Die 23 Dienstleistungssektoren der Input-Output Tabelle mussten zu einem Dienstleistungssektor aggregiert werden, um konsistent mit der sektoralen Energiebilanz und der CO₂ NAMEA verbunden werden zu können, die nur einen Dienstleistungssektor unterscheiden. Aus dem selben Grund ist die Kategorie „sonstige Produkte“ ein Aggregat aus 8 Gruppen der Wirtschaftssystematik.

Die notwendigen Adaptionen der sektoralen Energiebilanz lassen sich anhand des Energieflussbildes veranschaulichen. Das in Abbildung 2 gezeigte Energieflussbildes bezieht sich auf das Jahr 2004, außer den absoluten Werten gibt es aber keine Unterschiede zu den untersuchten Jahren 1995 und 2000. Der energetische Endverbrauch wird in für 21 Sektoren (inklusive private Haushalte) berichtet. Er macht fast $\frac{3}{4}$ des Gesamtaufkommens aus. Übrig bleiben Exporte, Lagerveränderungen, nichtenergetischer Verbrauch, Verbrauch des Sektors Energie und Verluste (durch Transport und Umwandlung). Nach der Logik der Input-Output Tabelle sind Exporte, Lagerveränderungen und der Verbrauch privater Haushalte Kategorien der Endnachfrage. Der Verbrauch des Sektors Energie, der nichtenergetische Verbrauch sowie die Verluste müssen hingegen den einzelnen Sektoren zugeordnet werden.

Abbildung 8: Energiefluss durch Österreich, 2005



Quelle: Statistik Austria 2005, Energiebilanzen 1970 (1988) – 2004: Dokumentation der Methodik, Dezember 2005

Der Verbrauch des Sektors Energie wird in der Publikation von Statistik Austria als aggregierter Sektor berichtet. Dankenswerter Weise stellte uns die Statistik Austria disaggregierte Daten zur Verfügung, die mit den vier Energiesektoren der IO korrespondieren.

Der nichtenergetische Verbrauch resultiert im Wesentlichen aus drei Prozessen: Der Einsatz von Kohle und Koks im Hochofen, die Kunststoffherzeugung aus Erdöl(produkten) und der Straßenbau (Teer). Dementsprechend wurde der nichtenergetische Verbrauch an Steinkohle und Koks der Eisen- und Stahlerzeugung zugerechnet, Benzin, Heizöl und Naturgas der chemischen und petrochemischen Industrie und sonstige Produkte der Erdölverarbeitung der Bauwirtschaft. Transportverluste treten bei den Energieträgern Naturgas, Fernwärme und elektrische Energie auf. Die Verluste wurden anteilig den jeweiligen Endverbrauchern aufgeschlagen.

Verluste entstehen auch bei der Umwandlung von primären in abgeleitete Energieträger. Diese Verluste machen 6,8% des Bruttoverbrauchs aus und wurden gemäß einer Konvention auf die einzelnen Sektoren verteilt. Den Verbrauchern abgeleiteter Energieträger wurde ein hypothetischer Verbrauch des entsprechenden Primärenergieträgers zugerechnet, und zwar in Höhe der anteiligen Umwandlungsverluste. Ein Zahlenbeispiel (wobei die Zahlen als Größenordnung zu verstehen sind) soll diesen Vorgang verdeutlichen: Zur Erzeugung von 5MJ Benzin sind 5,5MJ Erdöl nötig, ein Umwandlungsverlust von 0,5MJ tritt auf. Dem Endverbraucher der 5MJ Benzin wird daher zusätzlich ein hypothetischer Erdölverbrauch von 0,5MJ zugerechnet. Dieses System stellt sicher, dass die Umwandlungsverluste sektoral erfasst werden können ohne den Bruttoenergieverbrauch zu verzerren.

Ein weiteres Problem stellen unterschiedliche Definitionen des Verkehrs dar. In der sektoralen Energiebilanz wird im Sektor Landverkehr sämtliche Traktionsenergie berichtet, während die Input-Output Tabelle nur kommerziellen Verkehr berücksichtigt. Diese beiden Definition unterscheiden sich hinsichtlich der Behandlung des privaten PKW Verkehrs. Dieses Problem konnte näherungsweise gelöst werden durch Einbeziehung einer sektoralen Energiebilanz des Jahres 1995 (ÖSTAT 1998), die eine IO-kompatible Sektorengliederung aufweist. Der Benzin- und Dieserverbrauch des Landverkehrs (nach der neuen Energiebilanz 1995 und 2000) wurde gemäß dem Verhältnis von Verkehr und Privathaushalten (nach der alten Energiebilanz) aufgeteilt.

Als letzter Schritt wurden die Sektoren der Energiebilanz sowie die Energieträger auf dasselbe Niveau wie die Input-Output Tabelle aggregiert. Die vier Energiesektoren der Input-Output Tabelle sind „Kohlebergbau, Torfgewinnung“ (NACE 10), „Erdöl- und Erdgas-, Erzbergbau“ (NACE 11), „Kokerei, Mineralölverarbeitung“ (NACE 23) und „Energieversorgung“ (NACE 40). Diesen wurden folgende Gruppen von Energieträgern aus der Energiebilanz zugeordnet: „Kohle“, „Rohöl und –gas“, „abgeleitete fossile Energieträger“ und „Elektrizität und erneuerbare Energieträger“.

Die NAMEA- "national accounting matrix including environmental accounts"- Statistik berichtet Umweltindikatoren in sektoraler und IO kompatibler Gliederung. Ihr Zweck ist es, erweiterte Input-Output Modelle zu ermöglichen, die eine kombinierte ökologisch-ökonomische Analyse erlauben. Die CO₂-NAMEA ist in einer Disaggregation von 43 Sektoren (1995) bzw. 20 Sektoren (2000) verfügbar. Trotz grundsätzlicher Kompatibilität zwischen NAMEA und IO Tabellen weisen die beiden Statistiken nicht dieselbe Sektor-Gliederung auf. Auch hier muss, ähnlich wie bei der Verknüpfung zwischen sektoraler Energiebilanz und IO Statistik, durch Aggregation der kleinste gemeinsame Nenner zwischen den NAMEA Sektoren und den IO Sektoren für die Erstellung des erweiterten IO Modells herangezogen werden. Im Falle des CO₂-IO Modells war letztlich die Aggregation auf 15 Sektoren nötig.

3.3. Ergebnisse

Die Energie- und CO₂-Intensität wurde für die Jahre 1995 und 2000 berechnet. Aufgrund der Inflation sind die Ergebnisse der beiden Jahre nur bedingt vergleichbar, dennoch erscheinen die Unterschiede nur marginal. Die Energie- und CO₂-Effizienz der Produktion hat sich somit innerhalb der fünf Jahre nicht wesentlich verändert. Eine detaillierte Darstellung der Energie- und CO₂-Intensität für das Jahr 2000 findet sich in den Abbildungen 9 und 10.

Abbildung 9: Energieintensität österreichischer Produktion im Jahr 2000

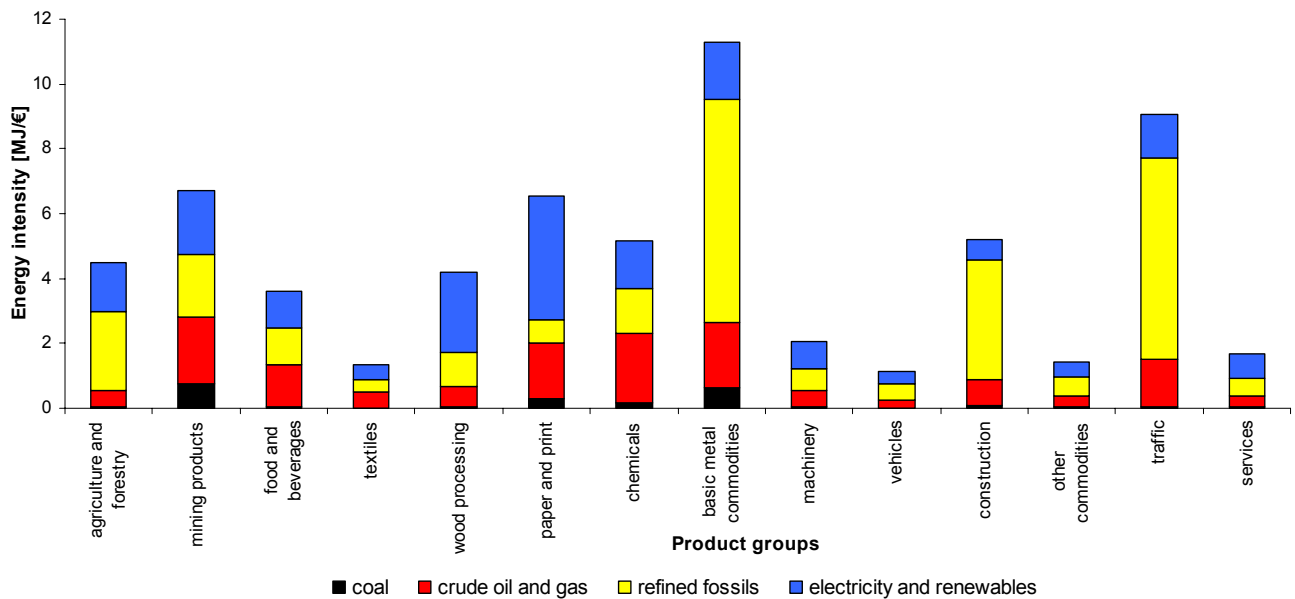
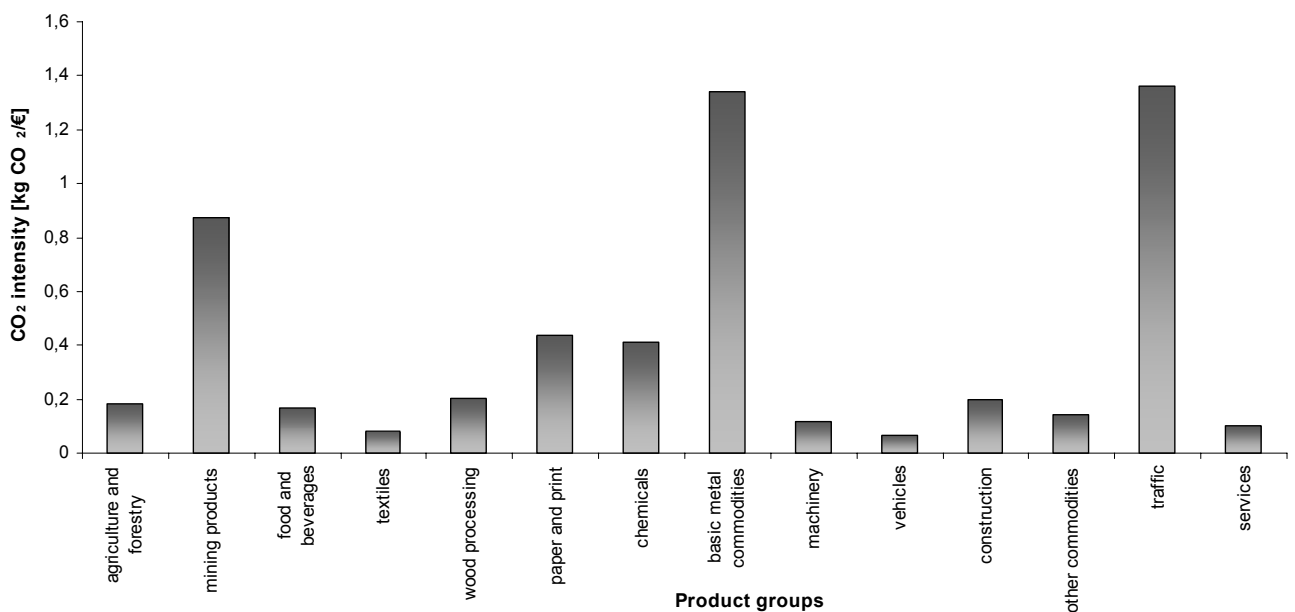


Abbildung 10: CO₂-Intensität österreichischer Produktion im Jahr 2000



Die höchste Energie- und CO₂-Intensität findet man für Metall-Rohprodukte mit 11,27 MJ/€, oder einer Emissionsintensität von 1,34 kg CO₂/€. Verkehr weist eine Intensität von 9,07 MJ/€ (1,36 kg CO₂/€) auf, Bergbauprodukte 6,73 MJ/€ (0,87 kg CO₂/€). Die niedrigsten Werte weisen Fahrzeuge (1,14 MJ/€; 0,07 kg CO₂/€), Textilien (1,33 MJ/€; 0,08 kg CO₂/€), andere Produkte - ein Aggregat aus hauptsächlich hoch verarbeiteten Produkten wie Möbel, EDV-Geräte, Schmuck, usw. - (1,42 MJ/€; 0,14 kg CO₂/€) und Dienstleistungen (1,70 MJ/€; 0,10 kg CO₂/€) auf. Dabei muss man sich immer vor Augen halten, dass der Energieverbrauch bzw. die CO₂-Emissionen in

Relation zum Wert der Produkte angegeben werden. Eine niedrige Energie- und CO₂-Intensität kann sowohl aus niedrigem Energieverbrauch bzw. geringen CO₂-Emissionen folgen, als auch aus einem hohen monetären Wert des Produkts und umgekehrt.

Einzelne Produktgruppen zeigen im Verhältnis zu ihrer relativ hohen Energieintensität eine deutlich geringere CO₂-Intensität. Dies hat verschiedene Ursachen. Enthält der Energiemix einen hohen Anteil an Elektrizität und erneuerbaren Energieträgern (weitgehend CO₂-neutral) wie bei Holzprodukten und Papier, ist die CO₂-Intensität entsprechend verringert. Beim Bau resultiert die hohe Energieintensität zu einem Großteil aus dem nichtenergetischen Verbrauch, der in der Energiebilanz enthalten ist, aber kein CO₂ freisetzt. Und die Differenz zwischen Energie- und CO₂-Intensität der Land- und Forstwirtschaft erklärt sich dadurch, dass die NAMEA CO₂-Senken in der Forstwirtschaft berücksichtigt und daher die tatsächlichen Emissionen um einen entsprechenden Betrag verringert sind.

Abbildung 11 zeigt den Energieverbrauch, Abbildung 12 die CO₂-Emissionen, die mit dem internationalen Handel von Produkten aller oben genannten Gruppen assoziiert sind im Vergleich zum österreichischen Verbrauch bzw. zu den österreichischen Emissionen nach territorialem Prinzip.

Abbildung 11: Energieverbrauch und internationaler Handel

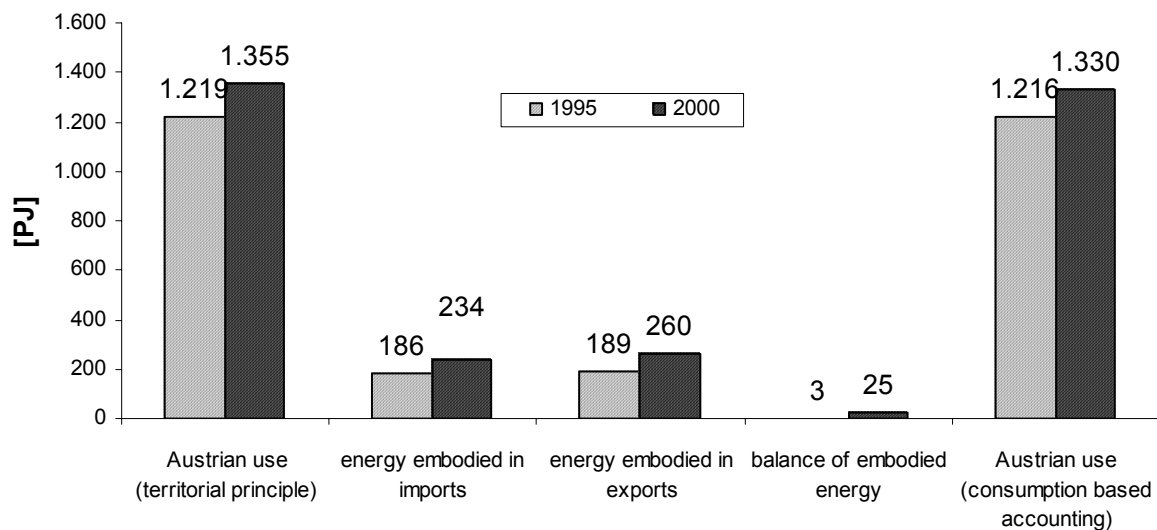
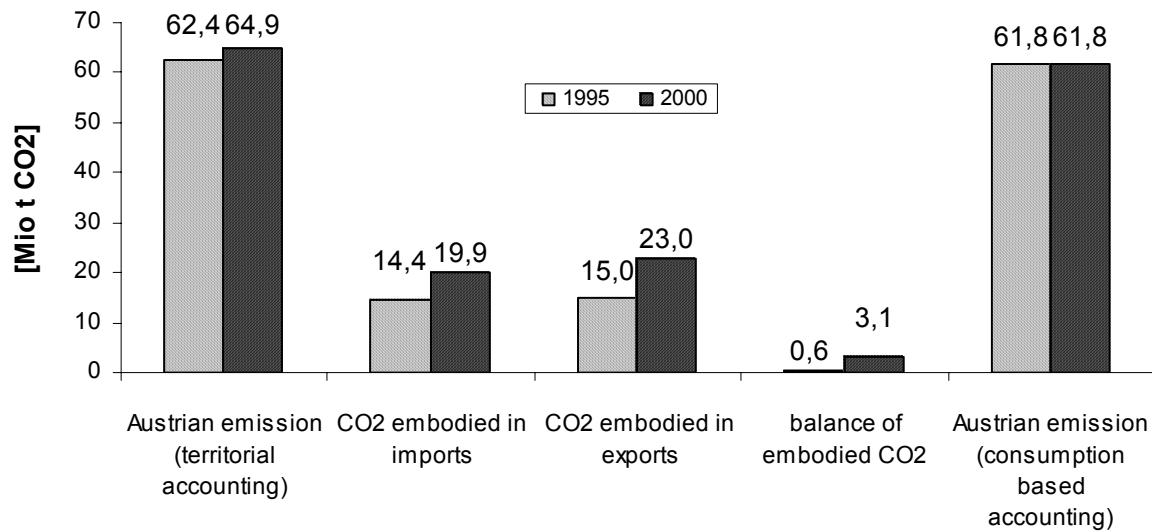


Abbildung 12: CO₂-Emissionen und internationaler Handel



3.4. Schlussfolgerung

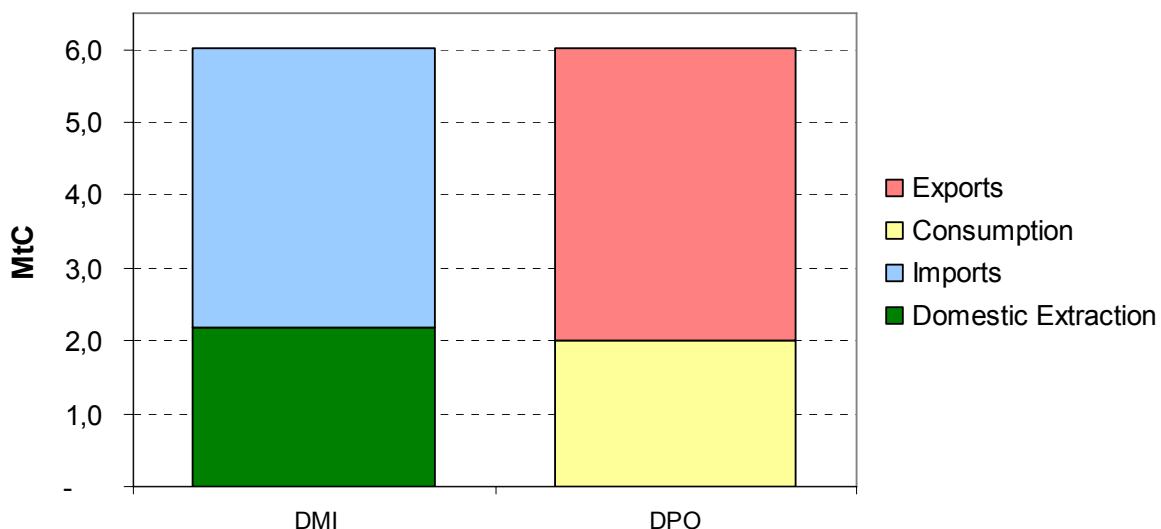
Der Energieverbrauch zur Herstellung von Handelswaren liegt bei knapp 20% des Gesamtverbrauchs, bei den CO₂-Emissionen sind es sogar 30%. Dennoch ergibt sich für das *consumption based accounting* scheinbar kein wesentlicher Unterschied zum *territorial accounting*, weil Importe und Exporte einander beinahe ausgleichen. Dies ergibt sich unter anderem aus der im Methodenteil erwähnten Konvention, die Importe mit österreichischer Energie- bzw. CO₂-Intensität zu berechnen. Man muss davon ausgehen, dass die tatsächliche Energie- bzw. CO₂-Intensität der Importierten Waren höher ist. Einerseits beinhaltet der österreichische Energiemix verglichen mit anderen Ländern viele erneuerbare Energieträger, andererseits kommt vor allem in weniger hoch entwickelten Ländern Produktionstechnologie mit deutlich schlechterer Energie- und CO₂-Effizienz zum Einsatz. Eine exaktere Berechnung des *consumption based accounting* würde daher wohl höhere Werte ergeben als das *territorial accounting*.

4. Fallbeispiel 2: Holz und Landnutzung

Der Forstwirtschaft in Österreich kommt eine ganz besondere Bedeutung zu: als Waldland – Österreich weist mit rund 47% Waldanteil der Landesfläche einen der höchsten Werte innerhalb Europas auf – stellt Holz eine besondere Ressource dar, welches sich unter anderem in einer stark ausgeprägten Holz- und Papierwirtschaft in Österreich niederschlägt. Zudem wird in Holz eine potentiell erneuerbare Ressource gesehen, deren Emissionen aus der Nutzung durch den Zuwachs der Wälder kompensiert werden kann. Österreichs Wälder stellen zudem eine Senke für Kohlenstoff dar, d.h. Kohlenstoff aus der Atmosphäre wird in Biomasse und Boden gebunden. Dies kann als eine Folge der Zunahme der Waldfläche und der Waldbestockung gesehen werden.

Eine Betrachtung der physischen Ströme der Holzwirtschaft zeigt, dass Österreichs Import- und Exportvolumina im Jahr 2000 in einer ähnlichen Größenordnung wie die Inlandsproduktion selbst, d.i. die heimische Holzschlägerung, rangiert (Abbildung 13).

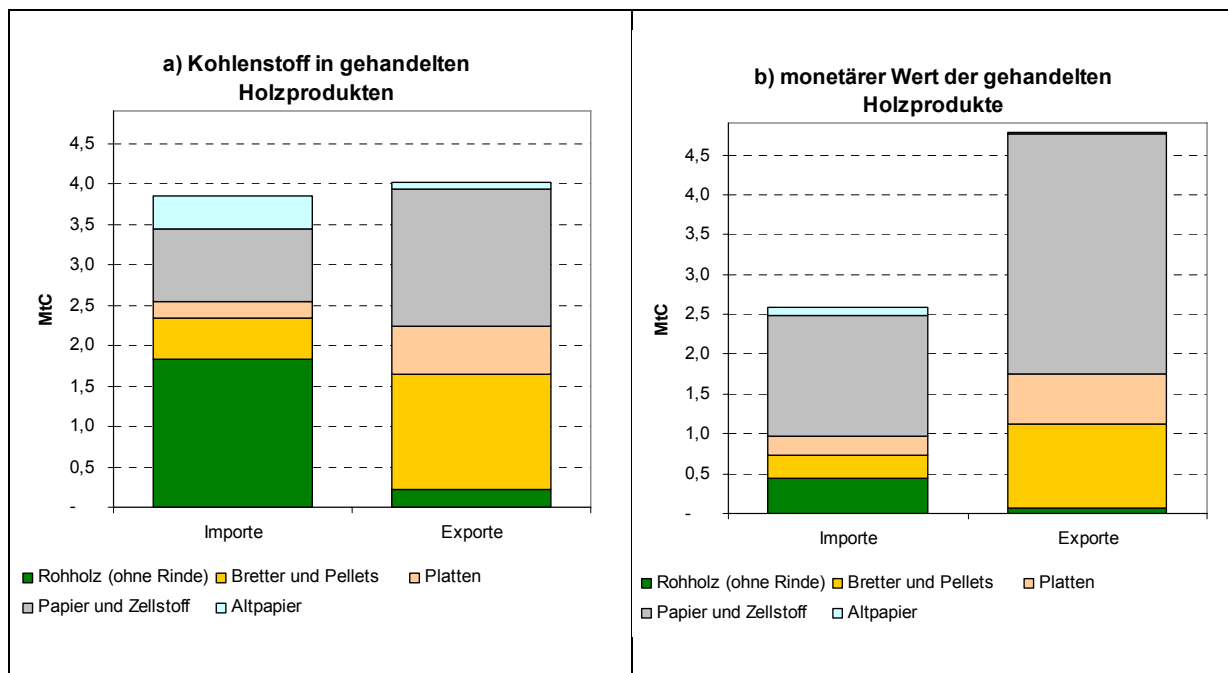
Abbildung 13: Die Physische Ökonomie (in Mio. t C) der österreichischen Holzwirtschaft



Quelle: eigene Berechnungen; DMI... Direct Material Input (Summe aus Inlandsproduktion und Import), DPO... Direct Processed Output (Summe aus Apparent Consumption und Export)

Abbildung 14a zeigt die den Kohlenstoffgehalt der Handelsströme nach den fünf Produktgruppen. Österreich ist Importeur von Rohholz und Exporteur an Holz in verarbeiteter Form, die österreichische Holzwirtschaft erscheint als Veredelungswirtschaft. Abbildung 14b macht dies deutlich. Während das Verhältnis Export zu Import in materiellen Einheiten annähernd eins zu eins ist, beträgt es in monetären Einheiten fast zwei zu eins. Das heißt, es wird eine Wertsteigerung von fast hundert Prozent pro Materialeinheit erreicht.

Abbildung 14: Zusammensetzung der gehandelten Holzprodukte nach Kohlenstoffgehalt und monetärem Wert



Quelle: FAO 2004, eigene Berechnungen

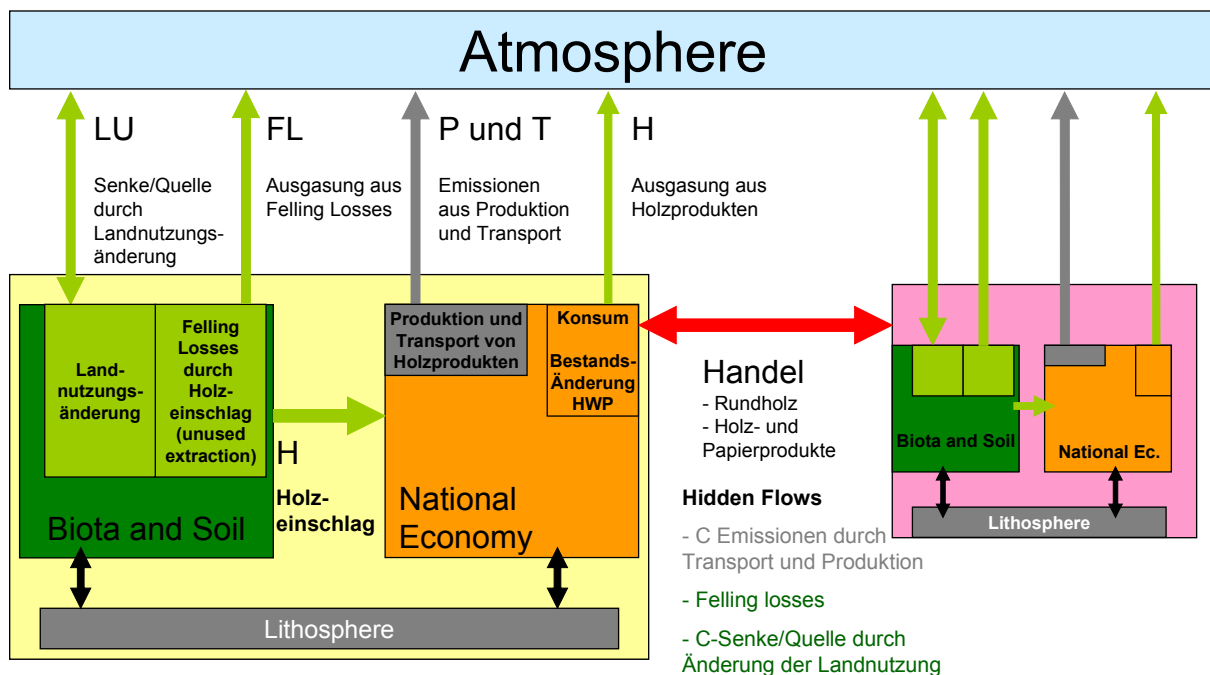
In diesem Fallbeispiel soll versucht werden, die mit dem Rohstoff Holz, der Produktion von Holzprodukten und deren Handel verbundene Kohlenstoffflüsse aufzuzeigen. Folgende Flüsse finden in der Berechnung Berücksichtigung (vergleiche dazu das Schema in Abbildung 15):

- Biogene Kohlenstoffflüsse
 - den im geernteten Holz und in den Holzprodukten selbst enthaltenen Kohlenstoff (Fluss H, Abbildung 13). Dieser Fluss kann – solange es sich um Ökosystemen im Gleichgewichtszustand handelt – in Bezug auf die Atmosphäre als CO₂-neutral angesehen werden. Allerdings stellt die Ernte von Holz einen Eingriff in die ökosystemaren Flüsse und Bestände dar, welche zu Netto-Kohlenstoffflüssen führen: Durch Ernte kann der in den Wäldern gespeicherten Kohlenstoffbestand deutlich reduziert werden und bei Wirtschaftswäldern kann die Senkenfunktion drastisch verringert werden. Des Weiteren kann es, bedingt durch die verschiedenen lange Lebensdauer von Holzprodukten in gesellschaftlicher Verwendung, zu einem Aufbau eines gesellschaftlichen Kohlenstoffpools kommen. Dieser kann aber bei Rückgang der Produktion an Holzprodukten zu einer verstärkten Kohlenstoff-Quelle führen.
 - Felling Losses (FL): Bei der Holzbringung fällt eine gewisse Menge an toter Biomasse im Wald an die von der Gesellschaft nicht weiter genutzt wird („unused extraction“). Der Kohlenstoff aus dieser Biomasse geht nach dem Einschlag größtenteils noch in dem Einschlagsjahr aus. Diese Felling Losses sind in tropischen Breiten bei weitem größer als in temperaten und borealen Wäldern. In ersterem Fall können sie bis zu über 100 Prozent der kommerziellen Holzernte betragen {Pulkki, 1997 17462 /id}.

- Kohlenstoffflüsse aus fossilen Energieträgern
 - Produktion (P): Bei der Produktion von Holz- und Papierprodukten ist der Input von Energie nötig und dabei kommt es zur Emission von CO₂ aus fossilen Energieträgern.
 - Transport (T) des Holzes und der Holzprodukte: auch beim Transport der Produkte wird CO₂ emittiert.
- durch Landnutzungsänderung verursachte Kohlenstoffflüsse (LU): Kohlenstoffflüsse durch Landnutzungsänderung stellen einen bedeutenden Posten des globalen Treibhausgasbudgets dar. Dabei spielen Wälder und Veränderungen der Waldfläche eine herausragende Rolle, da Wälder deutlich mehr Kohlenstoff speichern als alle anderen Ökosysteme (mit der Ausnahme der Moore, deren Bilanzierung in dieser Machbarkeitsstudie keine Berücksichtigung erfährt). Die Kohlenstoffbilanz der Wälder setzt sich dabei zusammen aus:
 - der Änderung der Waldfläche
 - der Änderung der mittleren Bestockung der Wälder

Ein Ziel dieses Fallbeispiel ist es, diese durch gesellschaftliche Aktivitäten bedingten Änderungen mit der Fortwirtschaft und dem Handel mit Holzprodukten in Verbindung zu bringen.

Abbildung 15: Systematik der betrachteten Kohlenstoffflüsse



Quelle: eigene Darstellung; Abkürzungen siehe Text

In dieser Betrachtung der oben genannten Flüsse wird ein LCA – Ansatz (Life Cycle Assessment) angewendet. Im Rahmen einer LCA wird für ein typisches Produkt berechnet, welche und wie viele Rohstoffe für die Herstellung des Produkts, die Herstellung von Zwischenprodukten und schließlich für das Produkt selbst, einschließlich Verpackung und Transport der Rohstoffe, der Zwischenprodukte und des Produkts, für die Verwendung des Produkts und seine Entsorgung nach der Verwendung erforderlich sind (Vorleistungen). Diese Berechnungsmethode fokussiert,

im Gegensatz zum MEFA Framework, auf ein Produkt oder eine Produktgruppe und ist dadurch die Schwierigkeit einer sauberen Systemgrenzenziehung charakterisiert: Die Herstellung der Zwischenprodukte erfordert ebenfalls wieder Transport und Zwischentransporte, welches zu der Verunmöglichung der Bilanzierung führen würde. Im Falle von Koppel-Produktion, also der Herstellung mehrerer Produkte aus dem selben Rohstoff hergestellt wurden, kann ein LCA Ansatz sogar nicht systematisch von Doppelzählungen freigehalten werden. LCA Ansätze sind jedoch mit nur einem Bruchteil der Daten- und Arbeitsaufwand assoziiert und sind, hinsichtlich Datenquellen mit dem MEFA Framework kompatibel, was die Anwendung eines LCA Ansatzes in dieser Machbarkeitsstudie rechtfertigt.

In dem hier berechneten Beispiel wurden über LCA Faktoren exemplarisch die Flüsse der Vorleistungsketten berechnet. Die Vorleistungen für Importe von Kuppelprodukten werden daher auch mehrfach gezählt. In einem ECA System könnte dieses grundlegende Problem vermieden werden, da – wie im Fallbeispiel 1 dargestellt – ein gesamtwirtschaftlicher Ansatz verfolgt und Input-Output Tabellen angewandt werden könnten. Auch würden die hier beschriebenen fossilen CO₂-Emissionen wären in anderen Sektoren abgebildet und müssten nicht mittels eines LCA-Ansatzes bilanziert werden.

Emissionsfaktoren für die Produktion und den Transport (z.B. tC-Emissionen pro t Produkt oder tkm) stammen aus der Emissionsdatenbank GEMIS (Umweltbundesamt 2004), welche Prozessdaten für sehr viele Prozessstufen der Holz- und Papierproduktion enthält. Die Daten beziehen sich hauptsächlich auf den Mitteleuropäischen Raum, Internationale Daten sind nur vereinzelt vorhanden. Dies stellt eine weitere Unsicherheitsquelle dar. Da aber im Rahmen der Machbarkeitsstudie methodische Fragen im Vordergrund stehen, ist höchstmögliche Qualität und Vollständigkeit der Daten nicht ein primärer Anspruch; vielmehr wurde auf eine saubere systematische Konzeption des Berechnungsschemas Wert gelegt. Damit sollen Schlussfolgerungen hinsichtlich Datennotwendigkeit zur Erstellung eines ECAs ermöglicht werden.

Im Folgenden werden Datengrundlagen für die durchgeführten Berechnungen und die jeweiligen Methoden besprochen. Um den Bericht übersichtlicher zu gestalten, werden die erzielten – exemplarischen – Ergebnisse jeweils am Ende der einzelnen Abschnitte präsentiert.

4.1. Produktion und Handel von Holz und Holzprodukten

Als Datenbasis für das Fallbeispiel wurde die statistische Datenbank der Welternährungsorganisation FAO herangezogen (FAO 2004). Diese Datenbank beinhaltet Daten über die Produktion und den Handel mit Holz und Holzprodukten für (beinahe) alle Staaten der Erde. In der Bilateralen Handels-Matrix sind Importe und Exporte eines Landes für dreizehn Produktkategorien nach Ursprungs- bzw. Zielländern doppelzählungsfrei aufgelistet. Für die Berechnungen wurden Produktions- und Handelsdaten für das Jahr 2000 verwendet (so nicht anders angegeben).

Nach der Umrechnung der von der FAO reportierten Einheiten auf Tonnen Trockenmasse bzw. Tonnen Kohlenstoff (siehe Anhang 7.1), wurden die dreizehn FAO Kategorien für diese Studie zu fünf Handelsmatrizen nach Produktkategorien zusammengefasst:

1. **Rohholz:** enthält die Kategorien *Industrial Roundwood Wood in the rough (Coniferous)*, *Industrial Roundwood Wood in the rough (Non-Coniferous) Other*, *Industrial Roundwood Wood in the rough (Non-Coniferous) Tropical*
2. **Bretter und Pellets:** enthält die Kategorien *Sawnwood (Coniferous)*, *Sawnwood (Non-Coniferous)*, *Chips and Particles*
3. **Platten:** enthält die Kategorien *Fibreboard*, *Plywood*, *Veneer Sheets*, *Particle Board*
4. **Papier und Zellstoff:** enthält die Kategorien *Newsprint*, *Paper and Paperboard exclusive Newsprint*, *Wood Pulp*

Mit den verfügbaren Handelsdaten für Importe wurden für die genannten fünf Produktgruppen in Microsoft Excel Handelsmatrizen **H** erstellt. Tabelle 3 zeigt schematisch den Aufbau dieser Matrizen.

Tabelle 3: Aufbau der verwendeten Handelsmatrix H

<i>Importeur</i> → <i>Exporteur</i> ↓	Staat A	Staat B	Staat C	Staat D	Staat E	Export TOTAL
Staat A		300	100	150	200	750
Staat B	200		50	200	400	850
Staat C	300	100		200	150	750
Staat D	300	300	150		200	950
Staat E	150	100	50	50		350
Import Total	950	800	350	600	950	

4.1.1. Bereinigung der Handelsdaten

Ein Problem der verfügbaren Handelsdaten liegt darin begründet, dass als Herkunftsland jenes Land aufscheint, in dem der letzte Akt der Wertschöpfung stattfand. Darunter fällt die Weiterverarbeitung von Rohholz genauso wie auch z.B. das Umladen beim Transport. Für einen Teil der Betrachtungen in dieser Studie ist aber von Interesse, wo das Holz in den gehandelten Holzprodukten aber tatsächlich gewachsen ist und geschlägert wurde. (Indirekte Kohlenstoffflüsse aus Felling Losses, Landnutzungsdiskussion). Aufgrund dieser Anforderung des Projekts wurde die Handelsstatistik nach Herkunftsländern bereinigt.

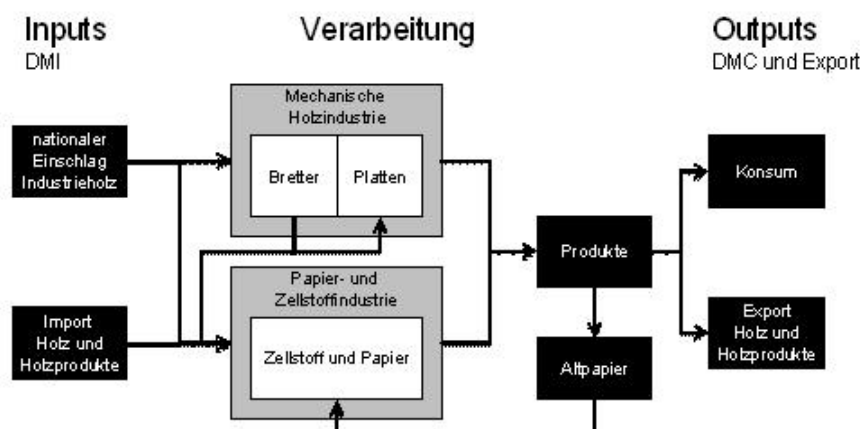
Um das jeweilige „tatsächliche“ Ursprungsland der von Österreich importierten Holz- und Holzprodukten zu ermitteln wurde angenommen, dass sich der Export der jeweiligen Ursprungsländern aus deren eigenen Inlandsproduktion und deren Importe zusammensetzt. Das heißt, die Importe aus einem Land stammen zu jenem Anteil aus diesem Land, zu dem die Inlandsproduktion zum Gesamten Wirtschaftsinput (DMI, Summe aus Inlandsproduktion und Import) beiträgt. Die restliche Menge stammt aus den Importländern dieses Landes. Dieser Exportanteil von wird als Handelsstrom den jeweiligen Herkunftsländern „gutgeschrieben“. Für diesen so neu zugewiesenen Strom kann dieselbe Prozedur unter den genannten Annahmen für beliebig viele Iterationen wiederholt werden, um in Näherung eine Annahme über die „physischen“ Ursprungslän-

der zu erhalten. In der hier vorliegenden Studie wurde diese Iteration 5 mal vorgenommen, mit der Annahme, dass nicht mehr als 5 Re-exporte von Importen üblich sind.

Auf Basis dieser Bereinigung ergibt sich eine bereinigte Handelsmatrix H_c , in der unter den getroffenen Annahmen die Importe aus der Produktion des Herkunftslandes stammen (und damit die Exporte aus der Produktion des betrachteten Landes). Die Bereinigung erfolgt produktspezifisch. Dies bringt weitere Ungenauigkeiten mit sich, da Veredelungsschritte in einem Land nicht berücksichtigt werden. Bereinigt man z.B. die Handelsmatrix für Papierprodukte, so erhält man als Ergebnis die jeweiligen Herkunftsländer in denen das Papier produziert wurde. Dies ermöglicht aber noch keine Aussage wo das Holz für die Papierproduktion seinen Ursprung hat. Um den „physischen“ Ursprung des in den Produkten enthaltenen Holzes zu berechnen, wurde angenommen, dass der Export sich prozentuell als Summe von der Produktion des Landes und dem gesamten Import an Rohholz und Holzhalbfertigwaren zusammensetzt. D.h. wenn ein Land z.B. viel Rohholz importiert und damit Papier produziert, so folgt die Aufteilung des in dem Papier enthaltenen Holz noch immer dem genannten Schema. Diese Annahme wurde nur für Industrieholz getroffen, für Brennholz wurde angenommen, dass es im jeweiligen Land selbst verbraucht wird. Recyclingströme der Papierindustrie (also Altpapier) wurde in der Bereinigung nicht berücksichtigt, da hierfür keine ausreichenden Daten vorhanden sind.

Abbildung 16 stellt die Konzeption dar in der in diesem Fallbeispiel die Materialflüsse für den Rohstoff Holz betrachtet wurden. Dabei stellt die Kategorie Industrieholz gemeinsam mit den Importen und dem Altpapier die Rohstoffbasis für die anderen drei Kategorien dar. Nebenprodukte aus der Bretterindustrie werden von der Platten- und Papier- und Zellstoffindustrie verwendet, die aber auch Rohholz bzw. importierte Vorprodukte und Altpapier als Input haben können. Die von der Holzwirtschaft erstellten Produkte können entweder in den nationalen Konsum (DMC) gehen oder exportiert werden.

Abbildung 16: Schema der angenommenen Materialflüsse in der Holzwirtschaft



Quelle: eigene Darstellung nach Pingoud und Lehtil 2002).

Insgesamt wurden fünf nach dem beschriebenen Schema bereinigte Handelsmatrizen erstellt. Eine, wie eben ausgeführt, für den Rohstoff Holz als solchen. Vier andere nach den eingangs beschriebenen Produktkategorien um die Emissionen aus der Produktion zuzurechnen. Hier wird angenommen dass die Emissionen aus der Produktion in jenem Land anfallen in dem der letzte

Produktionsschritt passiert. Dies impliziert, dass es keine komplizierten Vorproduktionsketten für die genannten Kategorien gibt. Diese stark vereinfachende Annahme stellt allerdings die einzig machbare Lösung dieses Problems im Rahmen dieser Studie dar. Aus Abbildung 16 ist die jeweilige Position der einzelnen Produktkategorien in den angenommenen Produktionsverknüpfungen ersichtlich.

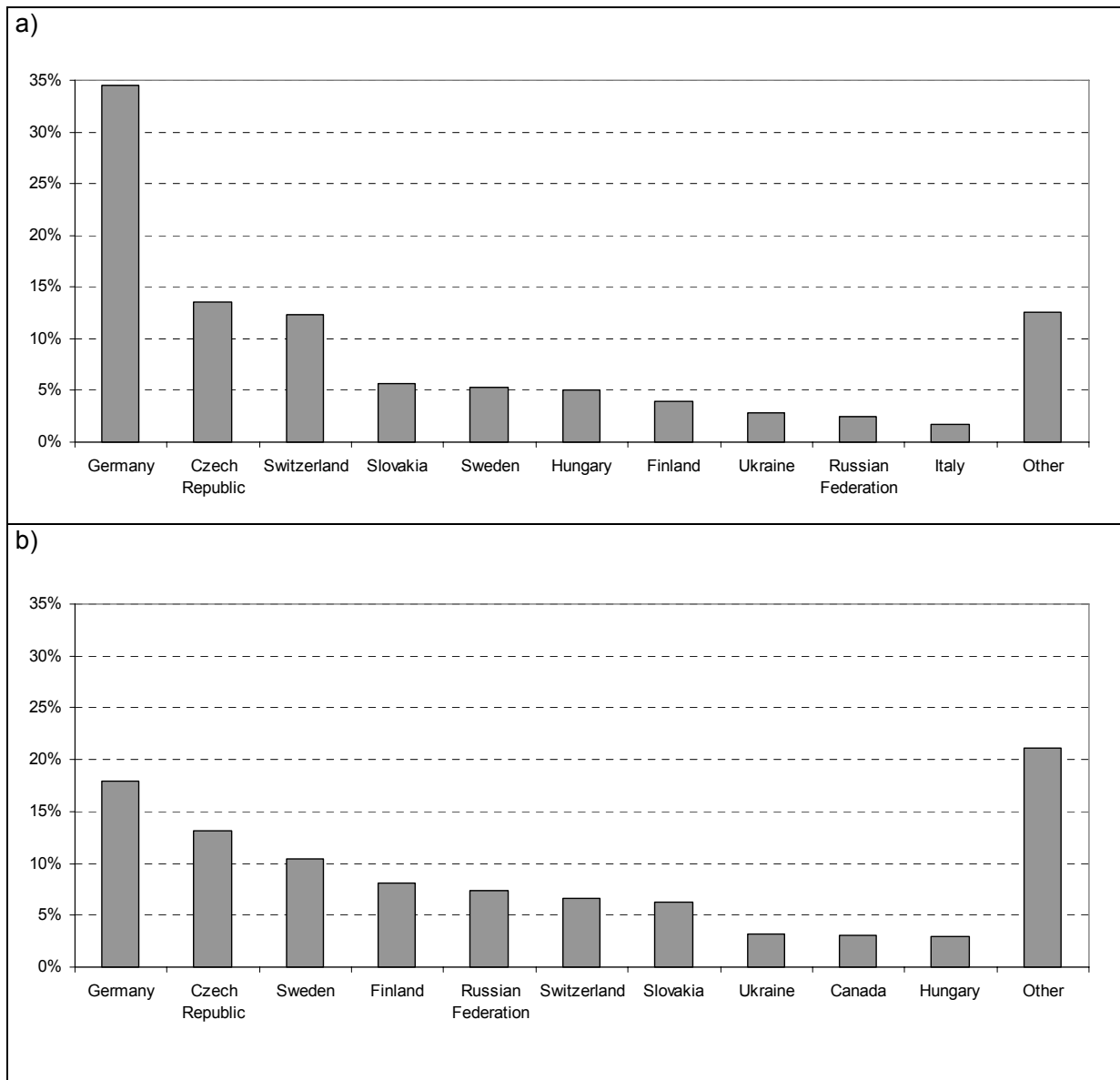
Die Daten für die Inlandsproduktion und den Außenhandel Österreichs aus der FAO-Datenbank wurden mit nationalen Quellen abgeglichen (Holzbilanz, Außenhandelsstatistik). Ein Problem bei diesen Vergleichen stellen unterschiedliche Reportierungsnormen dar (über bzw. unter Rinde; Frischgewicht bzw. Volumen; etc.) Da die in der Datenbank der FAO angegebenen Daten mit denen der österreichischen Statistiken im Großen übereinstimmen, wurden die FAO-Daten in dieser Studie als Datenquelle übernommen. Damit wird die Übertragung der Berechnungen sauf andere Staaten möglich.

4.1.1.1. Ergebnis der Bereinigung

Abbildung 17 gibt ein Ergebnis der neu erstellten Handelsmatrix wider. Sie stellt die anteilmäßige Aufteilung der Herkunftsländer Österreichs vor und nach der Bereinigung gegenüber. Der Hauptimporteur Deutschland, aber auch die Schweiz, verlieren deutlich an Gewicht durch die Bereinigung, d.h. diese Länder treten als Re-Exporteure von importiertem Holz auf, während durch die Bereinigung vor allem die skandinavischen Länder (Schweden und Finnland) und insbesondere Russland weiter nach vorne gereiht werden.

Diese Bereinigung wurde, durch die Verwendung der bilateralen Handelsmatrizen der FAO, auch für alle anderen Länder möglich. Ähnliche Effekte wie in Österreich treten hier ebenso auf. So betragen die österreichische Exporte laut offiziellen Statistiken rund 19 Prozent der italienischen Importe, aus Österreich selbst stammen nach der Bereinigung allerdings nur noch ca. 7 Prozent.

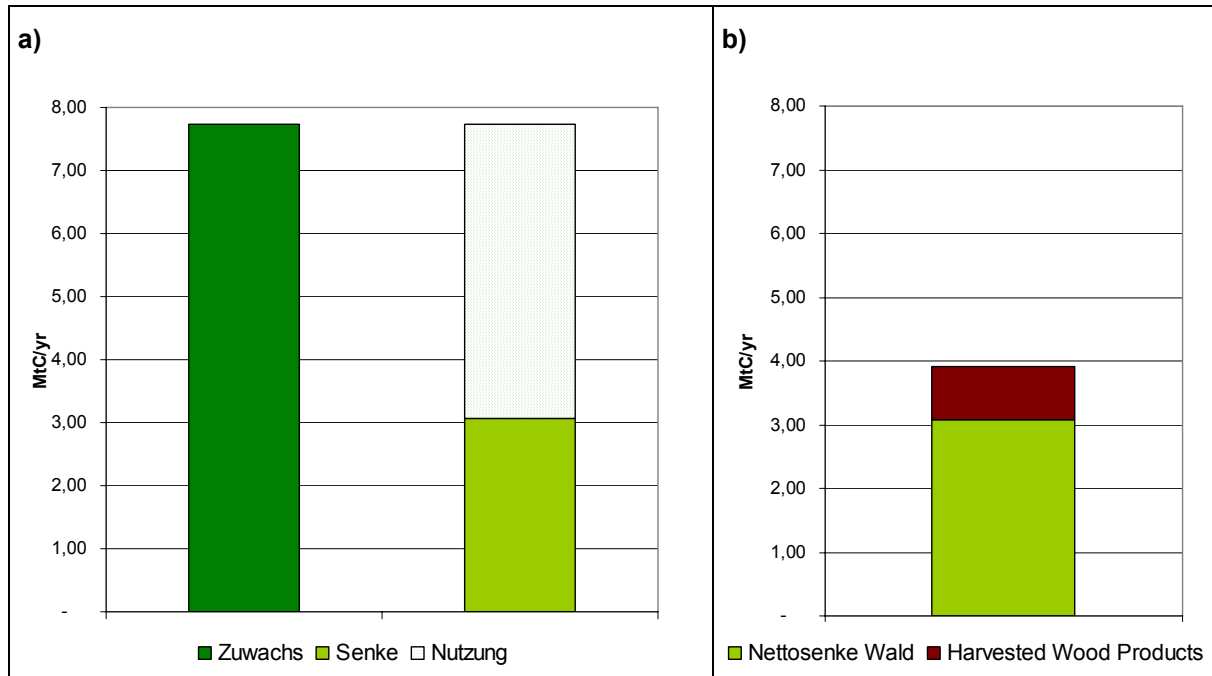
Abbildung 17: Vergleich der Herkunftsländer vor (a) und nach (b) der Bereinigung der Handelsmatrix in Prozent



4.1.2. Kohlenstoffflüsse in Österreich: Senke in Wald und Holzprodukten

Abbildung 18a zeigt den jährlichen Zuwachs Österreichs Wälder in Tonnen Kohlenstoff. Dieser beträgt rund 7,7 Mio. tC/yr. Dieser jährliche Zuwachs ist einerseits darauf zurückzuführen, dass Österreichs Wälder durch den jährlichen Holzeinschlag von rund 3 Mio. tC/yr außerhalb des ökologischen Gleichgewichts gehalten werden, beruht aber auch auf der Tatsache, dass sich der Wald in Fläche und Bestockung von geschichtlichen Bestandesverlusten erholt (Erb 2004, Krausmann 2001). Die Holzernte verringert die Bruttosenke, den Holzzuwachs, im betrachteten Jahr 200 sodass sich eine Nettosenke von rund 5 Mio tC/yr ergibt (Schieler und Schadauer 2004).

Abbildung 18: a) Zuwachs der Österreichischen Wälder und dem Einschlag verbleibende Senke, b) Senke im Wald und durch gesellschaftliche Bestandsänderung im Wald und von Holzprodukten



Quelle: Daten zu Zuwachs und Nutzung aus {Schieler, 2004 17048 /id}, Daten zur HWP Bestandsänderung aus (Pingoud, 2002)

Die Ernte von Holz stellt nicht notwendigerweise eine unmittelbare und direkte Emission von Kohlenstoff in die Atmosphäre dar, sondern wird teilweise auch in langlebigen Holzprodukten gespeichert. In Abbildung 18b ist eine Berechnung dieses Nettoflusses für das Jahr 2000 nach Pingoud (2003) der Kohlenstoffsenke im Wald gegenübergestellt. In Österreich beträgt die jährliche durch den Aufbau eines gesellschaftlichen Holzbestandes (und damit Kohlenstoffpool) bedingte Senke rund 0,7 MtC/yr.³

³ Die Berechnung dieser Kohlenstoffsenke erfolgte nach den Richtlinien der IPCC für nationale Treibhausinventare von 2006 zur Berechnung der „Harvested Wood Products“ (HWP; Hashimoto und Moriguchi 2004 Volume 4 Chapter 12). Über Annahmen der Lebensdauer verschiedener Holzprodukte, deren Produktion und Handel wird die jährliche Änderung der gesellschaftlichen Bestände ermittelt. Die Berechnung der Bestandesveränderungen erfolgt anhand verschiedener Ansätze hinsichtlich der Aggregation (territorial oder consumption based). Details finden hierzu finden sich in Hashimoto und Moriguchi 2004) und bei Pingoud (2003). In dieser Studie wurde die Berechnung für die wichtigsten Industrienationen durchgeführt und der HWP Fluss erscheint als ein bedeutsamer Posten der Kohlenstoffbilanz. Allerdings ist zu beachten, dass diese Senke/Quelle sehr stark von der historischen, aber ihre Entwicklung auch von der zukünftigen Nutzung von langlebigen Holzprodukten abhängt. Sinkt die Verwendung von solchen Produkten (z.B. durch vermehrte Nachfrage an Holz für energetische Zwecke), kann sich Österreichs Senke hier in Zukunft in eine Quelle verwandeln.

4.1.3. Berechnung der Kohlenstoffflüsse der Vorleistungsketten der Holz und Holzprodukte Herstellung

Hier wird die Berechnung der eingangs erwähnten indirekten Kohlenstoffflüsse, die an der Produktion von Holz und Holzprodukten und deren Handel hängen, beschrieben. Grundsätzlich wurden alle Berechnungen für drei Posten durchgeführt:

1. nationale Inlandsproduktion
2. Importe
3. Exporte

Ein territorialer Ansatz würde die nur die Flüsse der Inlandsproduktion rechnen. Im Konsumansatz ergibt sich der Wert grundsätzlich aus der Summe von Produktion und der Bilanz von Importen und Exporten. Bei der Berechnung wurden biogene Vorleistungsflüsse, das sind Kohlenstoffflüsse in Biomasseverlusten, getrennt von Vorleistungsketten basierend auf Fossilenergie (Produktion und Transport) berechnet.

4.1.3.1. Biogene Kohlenstoffflüsse

Die beim Holzeinschlag und der Holzbringung anfallenden Verluste an Waldbiomasse und Rinde (Felling Losses) wurden länderspezifisch pro Tonne Rundholz berechnet. Damit wurde berechnet, welche Kohlenstoffflüsse durch die Holzbringung in den jeweiligen Importländern mit den Importen nach Österreich assoziiert sind.

Die Berechnung der Felling Losses erfolgte über die so genannte Recovery Rate. Diese gibt an, wie viel Prozent des gefällten Holzes tatsächlich aus dem Wald geborgen wird. Die Recovery Rate bezieht sich auf Rundholz inklusive Rinde, daher wurden die Handelstatistiken der FAO um diese Faktor korrigiert (Bark Factor). Die Werte für Recovery Rate und Barkfaktor unterscheiden zwischen Nadel- und Laubholz, stammen aus einer umfangreichen Literaturrecherche (z.B. Pulkki 1997, Brown 1997, Penman et al. 2003, UN 2000, FAO 2001).

Für die inländische Produktion eines Landes wurden die Felling losses über die Produktion an Rundholz berechnet (wobei wie gesagt Nadel- und Laubholz unterschieden wurden). Die Formel dafür lautet:

$$FL = \frac{Rwd}{BF * RR} - \frac{Rwd}{BF}$$

mit

<i>FL</i>	<i>Felling Losses in t DM</i>
<i>Rwd</i>	<i>Rundholzproduktion unter Rinde in t DM</i>
<i>BF</i>	<i>Rindenfaktor</i>
<i>RR</i>	<i>Recovery Rate</i>

Für die Berechnung der an den Handelsströmen hängenden Felling Losses wurden die Daten aus der für den Rohstoff Holz bereinigten Handelsmatrix verwendet (siehe oben).

Ein Problem bei den Handelsströmen stellt die Tatsache dar, dass zur Herstellung von einer Tonne eines bestimmten Holzproduktes üblicherweise mehr als eine Tonne Rohholz notwendig

ist. (als Faustzahl z.B. zwei Tonnen Rohholz für eine Tonne Bretter). Allerdings werden die dabei anfallenden Nebenprodukte (Mill Residues) üblicherweise genutzt, energetisch oder als Materialinputs in andere Sektoren der Holz- und Papierwirtschaft dar (vergleiche Abbildung 16). In den Holzwirtschaften von Industrieländern kann angenommen werden dass die Nutzung des gebrachten Holzes annähernd hundert Prozent beträgt, während in (vor allem tropischen) Entwicklungsländern ein nicht unbeträchtlicher Prozentsatz dieser „Milling Residues“ ungenutzt bleibt (Enters 2001). Eine korrekte Berücksichtigung dieser „Vorleistungen“ kann nur über nationale Strukturdaten der Holzwirtschaft erfolgen. Aus Gründen der Datenverfügbarkeit und –Qualität wurde ein pragmatischer Ansatz gewählt: Je nach Entwicklungsstand eines Landes wurde ein „Effizienzfaktor“ der Holzwirtschaft angenommen, welcher diese Verluste innerhalb des Gesamtsystems bezeichnet. Dieser Faktor erlaubt die Berechnungen der Biomassverluste je Tonne Holzimport nach Österreich: Bei einem Effizienzfaktor von hundert Prozent steckt in jeder Tonne exportiertem Gut genau eine Tonne Rundholz (unter Rinde). Für die vorliegende Studie wurden die in Tabelle 4 aufgeführten Werte verwendet.

Tabelle 4: Annahme zu den Effizienzen der Holzwirtschaft nach Entwicklungsstand der jeweiligen Nation

Entwicklungsstand des Landes	Effizienz der Holzwirtschaft
Industrial Countries	98%
Transition Countries	85%
Developing Countries	75%
Least Developed Countries	75%

Die Importe nach der bereinigten Handelsmatrix wurden durch die eben genannte Effizienz der Holzwirtschaft des jeweiligen Ursprungslandes dividiert. Danach wurden mit den länderspezifischen Faktoren analog zu Formel oben die daran hängenden Felling Losses berechnet. Für die Exporte wird analog verfahren. Der für den Konsumansatz verwendete Wert für die Felling Losses die von der Wirtschaft eines Landes verursacht werden ergibt sich aus den mit der nationalen Holzproduktion verbundenen plus den am bereinigten Import hängenden minus jenen an den bereinigten Exporten.

4.1.3.2. Kohlenstoffflüsse aus Fossilenergie: Prozesskette

Für die Berechnungen der Emissionen aus dem Energieeinsatz bei der Forstaufzucht, dem Holzeinschlag, der Produktion von Holzprodukten und deren Transport wurde, wie bereits erwähnt, eine LCA-Ansatz verfolgt.

Als Datengrundlage wurde die Faktorensammlung von GEMIS (Umweltbundesamt 2004) herangezogen. Diese Datenbank enthält Faktoren zur Berechnung des Energieeinsatzes und der damit verbundenen Emissionen (CO₂-Äquivalente), einzelner Prozessschritte. Die Qualität der GEMIS-Daten konnte im Rahmen dieser Studie nicht überprüft werden. Grundsätzlich kann

hier jedoch angemerkt werden, dass die Anwendung der sehr spezifischen GEMIS-Daten, welche einzelne Prozesse abbildet, auf sehr hohem Niveau (in dieser Studie wir der gesamte Holzsektor auf 4 Produktkategorien aggregiert) zu Verzerrungen führen kann. Diesem Problem wurde, wo möglich, durch die Bildung von Mittelwerten der Produktionsketten in den jeweiligen Kategorien begegnet. Wie bereits angesprochen würden die durch den LCA-Ansatz auftretenden Probleme, wie z.B. der Doppelzählungsfreiheit bei einem gesamtwirtschaftlichen Ansatz mit Input-Output Tabellen vielfach wegfallen.

Eine weitere Unsicherheitsquelle ist darin zu finden, dass die Datenqualität und –Menge in den einzelnen in GEMIS enthaltenen Ländern deutlich variiert (abhängig vom Energiemix, dem Technologiestandard, etc.) Wo möglich, wurden für die Berechnung der inländischen Vorleistungen Österreichspezifische Werte verwendet (für Rohholz, Bretter und Platten). Für andere Produktionsketten wurden typische Werte für Industrieländer verwendet (z.B. bei Papier), bzw. Mittelwerte benutzt. Für die Importe erfolgte ein prozentueller „Effizienz“-Aufschlag je nach Entwicklungsstand des Landes. Tabelle 5 gibt die verwendeten Faktoren für die vier Produktkategorien wieder.

Tabelle 5: verwendete Faktoren für die Emissionen aus der Produktion von Holzprodukten in kg CO₂ pro t DM Produkt

	Rohholz [kgCO ₂ /tDM]	Bretter und Pellets [kgCO ₂ /tDM]	Platten [kgCO ₂ /tDM]	Papier und Zellstoff [kgCO ₂ /tDM]
Österreich	28	103	545	844
Industrienation	31	129	692	844
Land mit Wirtschaft in Transition	32	135	727	886
Entwicklungsland	34	142	761	928
Least Developed Countries	34	142	761	928

Quelle: Emissionsdatenbank GEMIS (Mittelwerte für Produkte der jeweiligen Kategorien). Verwendete Aufschläge nach Entwicklungsstand: Transitionswirtschaft 5 %, Entwicklungsländer und LDC 10%

Territorialer Ansatz

Hier werden die Emissionen aus der nationalen Produktion der drei Kategorien Bretter und Pellets, Platten, Papierprodukte summiert. Dabei wird in der Papierkategorie der Zellstoff nicht berücksichtigt, da er eine Doppelzählung darstellen würde. Des weiteren werden von dieser Summe die Produktionsemissionen von Rohholz den Importen abgezogen und jene an den Exporten addiert. Dies geschieht in nach der Logik, dass Emissionen am importierten Rundholz nicht am jeweiligen nationalen Territorium anfallen, jene an den Exporten aber schon.

Eine Formel kann lauten:

$$P_{ter} = \frac{12}{44} * (bp_{nat} * ef_{bp} + pl_{nat} * ef_{pl} + pa_{nat} * ef_{pa} - e_{imb,rwd} + e_{exb,rwd})$$

mit

P_{ter} Emissionen aus der Produktion in t C territorialer Ansatz

$bp_{nat}, pl_{nat}, pa_{nat}$ nationale Produktion an Brettern und Pellets, Platten bzw. Papierprodukten in t DM

$ef_{bp}, ef_{pl}, ef_{pa}$ Emissionsfaktoren für die Produktion von Brettern und Pellets, Platten bzw. Papierprodukten in t CO₂/t DM

$e_{imb,rwd}, e_{exb,rwd}$ Emissionen an den bereinigten Importen bzw. Exporten von Rundholz in t CO₂

Konsumansatz

Im Konsumansatz wurden die nationalen Emissionen aus der Produktion der drei genannten Produktkategorien mit jenen an den bereinigten Importen und Exporten dieser Kategorien verrechnet, d.h. jene an den Importen werden addiert und jene an den Exporten subtrahiert.

Das Rundholz wird der Einfachheit halber und auch wegen seiner im Vergleich zu den anderen Produkten geringen Emissionswerte im Konsumansatz nicht verrechnet.

Die Formel für diesen Ansatz kann lauten:

$$P_{cns} = \frac{12}{44} * (bp_{nat} * ef_{bp} + pl_{nat} * ef_{pl} + pa_{nat} * ef_{pa} + e_{imb,bp} + e_{imb,pl} + e_{imb,pa} - e_{exb,bp} - e_{exb,pl} - e_{exb,pa})$$

mit

P_{cns} Emissionen aus der Produktion in t C Konsumansatz

$bp_{nat}, pl_{nat}, pa_{nat}$ nationale Produktion an Brettern und Pellets, Platten bzw. Papierprodukten in t DM

$ef_{bp}, ef_{pl}, ef_{pa}$ Emissionsfaktoren für die Produktion von Brettern und Pellets, Platten bzw. Papierprodukten in t CO₂/t DM

$e_{imb,rwd}, e_{imb,bp}, e_{imb,pl}, e_{imb,pa}$ Emissionen an den bereinigten Importen von Brettern und Pellets, Platten bzw. Papierprodukten in t CO₂

$e_{exb,rwd}, e_{exb,bp}, e_{exb,pl}, e_{exb,pa}$ Emissionen an den bereinigten Exporten von Brettern und Pellets, Platten bzw. Papierprodukten in t CO₂

4.1.3.3. Kohlenstoffflüsse aus Fossilenergie: Transport

Aus Tabelle 6 sind die ebenfalls aus der GEMIS-Datenbank stammenden Faktoren für den Transport zu entnehmen. Beim Transport wird grundsätzlich zwischen Inlandtransport und transnationalem Transport unterschieden. Für den Inlandtransport, also jene Distanz, den das Produkt im Land der Produktion, transportiert wird, d.h. Transportwege zu weiterverarbeitenden Industrien für Rohstoffe und Halbfertigwaren und der Weg zum Verkauf für Fertigware, wurden wiederum unterschiedliche Emissionsfaktoren je nach Entwicklungsstand der Länder verwendet. Dafür wurden Mittelwerte aus in der GEMIS-Datenbank verfügbaren Ländern erstellt. Beim transnationalen Transport wurde grundsätzlich zwischen Landweg und Seeweg unterschieden. Für den Landweg wird angenommen, dass dieser Transport hauptsächlich per Eisenbahn erfolgt.

Tabelle 6: verwendete Emissionsfaktoren für den Gütertransport jeweils in kg CO₂ pro 1000 Tonnenkilometer

	Inlandstranport	transnationaler Transport	
Industrienation	43	Landweg	53
Land mit Wirtschaft in Transition	102	Seeweg	28
Entwicklungsland	81		
Least Developed Countries	135		

Quelle: eigene Berechnung aus GEMIS (Umweltbundesamt 2004)

Zur Berechnung der Transportemissionen wurden folgende Annahmen über die Transportdistanzen getroffen: Für den Inlandstranport wurde angenommen, dass der Transport mit der Fläche des jeweiligen Landes in Beziehung steht (größere Länder haben weitere Transportwege). Es wurde angenommen, dass die Distanz des Inlandstranportes in einem bestimmten Land seinem Radius entspräche, wenn das Land eine perfekte Kreisform hätte. Für den transnationalen Transport nach Österreich wurde die Entfernung (Luftlinie) zwischen der Hauptstadt des jeweiligen Ursprungs- und Ziellandes als Grundlage für die Berechnung herangezogen. Die Datenbasis dafür bildet eine Entfernungsmatrix die diese Entfernungen für über 200 Länder. Diese Matrix wurde mithilfe eines Programms das die Luftlinie zwischen zwei geographischen Koordinaten berechnet, erstellt.⁴ Dieses Programm beinhaltet schon die Koordinaten für die Hauptstädte der erwähnten Länder. Beim transnationalen Transport wurde für Transportdistanzen unter 2000 Kilometer der Landweg (Eisenbahn), ansonsten der Seeweg angenommen.

Für die Berechnung der Produktionsemissionen die an den gehandelten Holzprodukten hängen wurden die eingangs erwähnten bereinigten Matrizen für die vier Produktkategorien verwendet. Dies geschieht unter der Annahme, dass die gesamten Emissionen in jeweils dem Land anfallen, in dem der letzte Produktionsschritt passiert. Dies entspricht natürlich nicht der Realität, aber stellt aufgrund der Datenlage die einzige Rechenmöglichkeit dar.

Für die Berechnung der Emissionen aus dem Transport wurde die für den Rohstoff Holz bereinigte Matrix (allerdings ohne den Abzug des Altpapieranteils) verwendet. Dies geschieht in nach der Logik, dass diese Matrix ja den Ursprung und den Zielort des Konsums des Holzes im jeweiligen Produkt aufzeigt. Der Tatsache dass das Produkt auch schon Umwege (über Vorprodukte) hinter sich hat wird dadurch Rechnung getragen, dass ein so genannter Re-Exportfaktor eingeführt wird. In der vorliegenden Studie wurde dieser 1,3 gesetzt. Er reflektiert auch die Tatsache, dass die tatsächlichen Transportwege länger sind als die Luftlinie.

Die Berechnung der Emissionen aus dem Transport erfolgt über die genannten Faktoren pro Tonnenkilometer. Dabei muss man berücksichtigen, dass die Holzprodukte in der Handelsmatrix in ofentrockenen Tonnen berichtet werden. So, wie sie gehandelt werden, besitzen sie allerdings eine gewisse Restfeuchte. Um dies zu berücksichtigen wurden für den Transport alle Handelsda-

⁴ Das Programm ist zu finden auf: <http://www.wcrl.ars.usda.gov/cec/java/capitals.htm>

ten mit einem adjustierbaren Feuchtefaktor multipliziert. Für die präsentierten Ergebnisse wurde dieser mit 1,25 angenommen.

Für den Territorialen Ansatz wurden die Emissionen aus dem Transport wie folgt berechnet: Die durchschnittliche Entfernung pro Tonne Inlandsproduktion folgt der oben genannten Formel. Die gesamten Handelsvolumina erhalten jeweils die Hälfte dieser Entfernung. Die Formel kann lauten:

$$T_{ter} = \frac{12}{44} (rwd * d_{dom} + (im_u + ex_u) * \frac{d_{dom}}{2}) * ff * ef$$

mit

$\frac{12}{44}$ Umrechnungsfaktor von t CO₂ auf t C

T_{ter} Emissionen aus dem Transport in t C territorialer Ansatz

rwd nationale Rundholzproduktion unter Rinde in t DM

d_{dom} durchschnittliche Distanz Inlandstransport in km

im_u, ex_u unbereinigte Import- und Exportvolumina des betrachteten Landes in t DM

ef Emissionsfaktor in t CO₂/tkm

ff Feuchtefaktor, in dieser Studie mit 1,25 angenommen

Im Konsumansatz werden die Emissionen aus dem Inlandstransport der nationalen Rundholzproduktion analog berechnet. Die Formel dafür lautet:

$$e_{nat} = \frac{12}{44} * rwd * d_{dom} * ef * ff$$

mit

e_{nat} Emissionen aus dem Inlandstransport der nationalen Holzproduktion in tC

rwd nationale Rundholzproduktion unter Rinde in t DM

Diese Emissionen werden dann mit den bereinigten Handelsdaten wie folgt verrechnet:

- Die Summe der Emissionen aus dem Inlandstransport der jeweiligen Herkunftsländer für die importierten Mengen wird zur Bilanz addiert.

Dabei wird für jedes Herkunftsland die jeweilige Transportdistanz und der spezifische Transportfaktor verwendet. Die Formel für die Summe dieser Emissionen kann lauten:

$$e_{imb} = \frac{12}{44} * \sum_{i=1}^N im_{b,i} * d_{dom,i} * ef_i * ff_i$$

mit

N Anzahl der Länder aus denen das betrachtete Land Waren importiert

e_{imb} Summe der Emissionen aus dem Inlandstransport in jeweiligen Herkunftsländern der bereinigten Importe in t C

$im_{b,i}$ bereinigte Importe aus dem Land i in t DM

$d_{dom,i}$ durchschnittliche Distanz des Inlandstransports im Land i in km

ef_i Emissionsfaktor des Landes i in t CO₂/tkm

ff_i Feuchtefaktor, in dieser Studie im 1,25 angenommen

- Die Emissionen aus dem Inlandstransport der Exportmenge werden von der Bilanz subtrahiert. Die Formel dafür lautet:

$$e_{exb} = \frac{12}{44} * ex_b * d_{dom} * ef * ff$$

mit

e_{exb} Emissionen aus dem Inlandstransport der exportierten Güter des betrachteten Landes in t C

ex_b bereinigte Exporte des betrachteten Landes in t DM

d_{dom} durchschnittliche Distanz des Inlandstransports in km

ef Emissionsfaktor in t CO₂/tkm

ff Feuchtefaktor, in dieser Studie im 1,25 angenommen

Weiters werden beim Konsumansatz noch die Emissionen aus transnationalem Transport berücksichtigt. Das sind jene Emissionen die durch den Transport aus dem jeweiligen Ursprungsland in das Zielland erfolgen.

Diese werden mit folgender Formel berechnet:

$$e_{irn} = \frac{12}{44} * ff * \sum_{i=1}^N im_{b,i} * d_{irn,i} * ef_{irn,i}$$

mit

e_{irn} Emissionen aus dem transnationalen Transport der der bereinigten Importe des betrachteten Landes in t C

$d_{irn,i}$ Transportentfernung des Landes i ins betrachtete Land in km

$ef_{irn,i}$ Emissionsfaktor des transnationalen Transports aus dem Land i in t CO₂/tkm(Land- oder Seeweg)

Die gesamten Emissionen aus dem Transport errechnen sich im Konsumansatz folglich aus der Summer des Inlandstransports der Inlandsproduktion, jener an den Importen minus jenen an den Exporten, plus Emissionen aus dem transnationalen Transport:

$$T_{cns} = e_{nat} + e_{imb} - e_{exb} + e_{irn}$$

mit

T_{cns} Emissionen aus dem Transport in t C Konsumansatz

e_{nat} Emissionen aus dem Inlandstransport der nationalen Holzproduktion in t C

e_{imb} Summe der Emissionen aus dem Inlandstransport in jeweiligen Herkunftsländern der bereinigten Importe in t C

e_{exb} Emissionen aus dem Inlandstransport der exportierten Güter des betrachteten Landes in t C

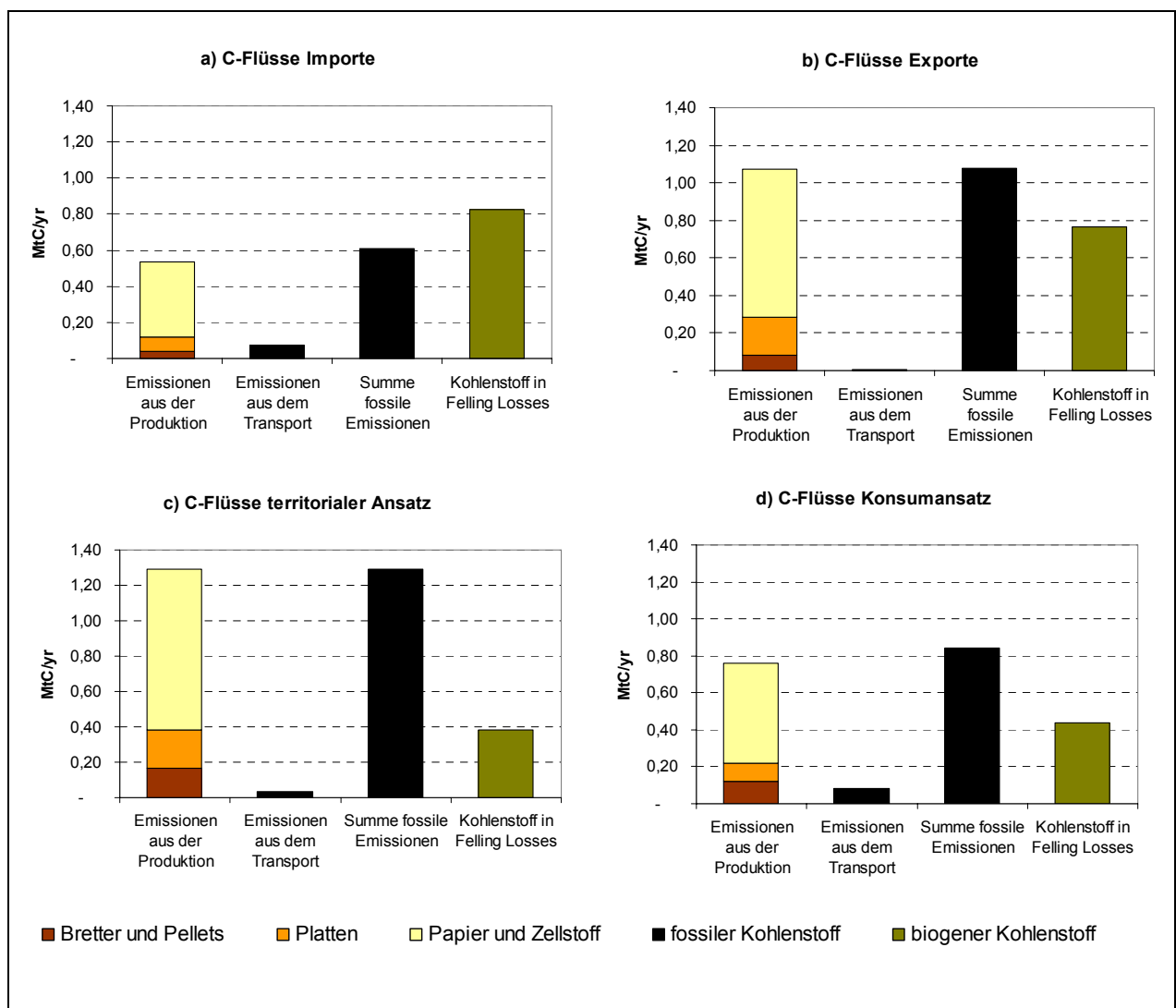
e_{irn} Emissionen aus dem transnationalen Transport der der bereinigten Importe des betrachteten Landes in t C

4.1.4. Ergebnisse: indirekte Kohlenstoffflüsse in der Holzwirtschaft

Hier sollen kurz Ergebnisse der beschriebenen Berechnungen für die indirekten Kohlenstoffflüsse der Holzwirtschaft übersichtsartig und exemplarisch dargestellt werden. Abbildung 19 zeigt die berechneten Flüsse für Österreichs Holzwirtschaft. Dabei zeigt sich, dass die Werte für die fossilen Emissionen aus der Produktion im territorialen Ansatz deutlich über jenen im Konsumansatz liegen. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass, wie bereits erwähnt, Österreichs Holzindustrie als Veredelungswirtschaft betrachtet werden kann, in der vor allem emissionsintensive Fertigprodukte (wie Papier und Zellstoff) exportiert werden und wenig emissionsintensive Rohstoffe (Rundholz) importiert werden. Des Weiteren wird aus Abbildung 19 ersichtlich, welche herausra-

gende Rolle die Papier- und Zellstoffindustrie bei den Emissionen hat (bei Verwendung der angenommenen Emissionsfaktoren). Die Emissionen aus dem Transport sind für Österreich vergleichsweise gering und liegen im Konsumansatz höher als im territorialen. Dies lässt sich durch die Berücksichtigung des transnationalen Transports erklären. Beim Kohlenstoff in den Felling Losses dreht sich die Handelsbilanz Österreichs ganz leicht um. D.h. die Felling Losses pro Tonne Holz in importierten Gütern liegen höher als jene die pro in Österreich gebrachter Tonne Rohholz anfallen. (In Zahlen 0,24 t C Felling Losses pro t C importiertes Holzprodukt gegen 0,19 t C Felling Losses pro t C exportiertes Holzprodukt).

Abbildung 19: Indirekte Flüsse von Österreichs Holzwirtschaft für das Jahr 2000, a) Importe, b) Exporte, c) territorialer Ansatz, d) Konsumansatz

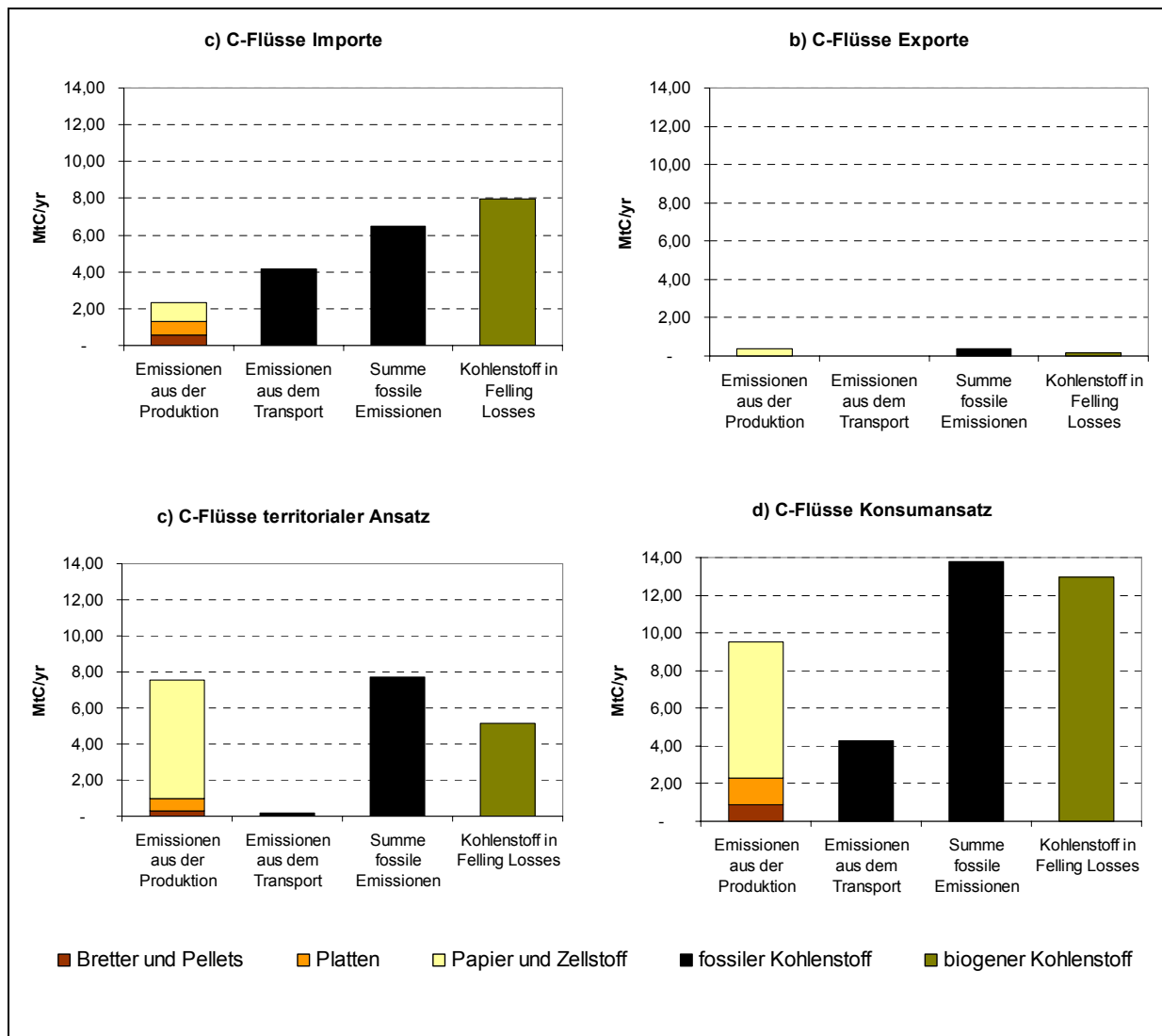


Quelle: eigene Berechnungen; Felling losses bezieht sich nur auf oberirdische Biomasse

Abbildung 20 zeigt eine zu Abbildung 19 analoge Darstellung für Japans Holzwirtschaft. Japan ist das Extrembeispiel eine Importeurs von Holz und Holzprodukten. Der Konsumansatz zeigt, dass die indirekten Kohlenstoffflüsse die Japans Holzkonsum verursacht, deutlich über jenen

laut territorialem Ansatzes liegen. Augenscheinlich ist hier der hohe Wert für Emissionen aus dem Transport, der v.a. durch den transnationalen Transport und der großen Distanz Japans von den Herkunftsländern seiner Importe. Die Felling Losses pro importiertes Gut liegen mit 0,52 t C/t C importiertes Holzprodukt sehr hoch. Dies liegt darin in den beträchtlichen Importströmen Japans aus tropischen Ländern wie Malaysia und Indonesien, in denen große Mengen an Felling Losses Anfallen.

Abbildung 20: Indirekte Flüsse von Japans Holzwirtschaft für das Jahr 2000 a) Importe, b) Exporte, c) territorialer Ansatz, d) Konsumansatz



Quelle: eigene Berechnungen; Felling losses bezieht sich nur auf oberirdische Biomasse

Die in Abbildung 19 und 20 gezeigten Ergebnisse zeigen, dass die Effekte von Handelsströmen verglichen mit den territorialen Emissionen eine beachtliche Größenordnung erreichen. Eine konsistente Zurechnung der Vorleistungsemissionen bzw. ein Abzug der bei der Exportproduktion anfallenden Emissionen ist daher besonders wichtig, wenn Handlungsoptionen innerhalb einer Volkswirtschaft zur Diskussion stehen.

4.2. Flüsse durch Landnutzungsänderung

Biomasse besteht etwa zur Hälfte aus organisch gebundenem Kohlenstoff. Die Vegetation ist daher ein bedeutsamer Faktor im globalen Kohlenstoffkreislauf. Landnutzungsveränderungen, welche Veränderungen der Vegetationsbedeckung nach sich ziehen, sind daher in diesem Kontext von großer Bedeutung. Ernte von Biomasse ist nicht notwendigerweise mit solchen Landnutzungsveränderungen verbunden. Wenn aber die Ernte die Regenerationsfähigkeit der Ökosysteme überschreitet und es zu Bestandesverlusten kommt, bzw. zur Gewinnung von Ackerflächen Waldökosysteme gerodet werden, können diese Emissionen auch als „Rucksäcke“ der Biomasseernte interpretiert werden. Mit dem Import von Biomasse importiert ein Land – nach dem *Consumer-based* Aggregationsprinzip – auch Teile dieser durch Landnutzungsveränderungen verursachten Emissionen. In diesem Teil der Machbarkeit wurde versucht, diese „hidden flows“ der Holzimporte nach Österreich in einem ersten Schritt zu quantifizieren und konzeptionelle Einsichten aus dieser Rechenaufgabe abzuleiten.

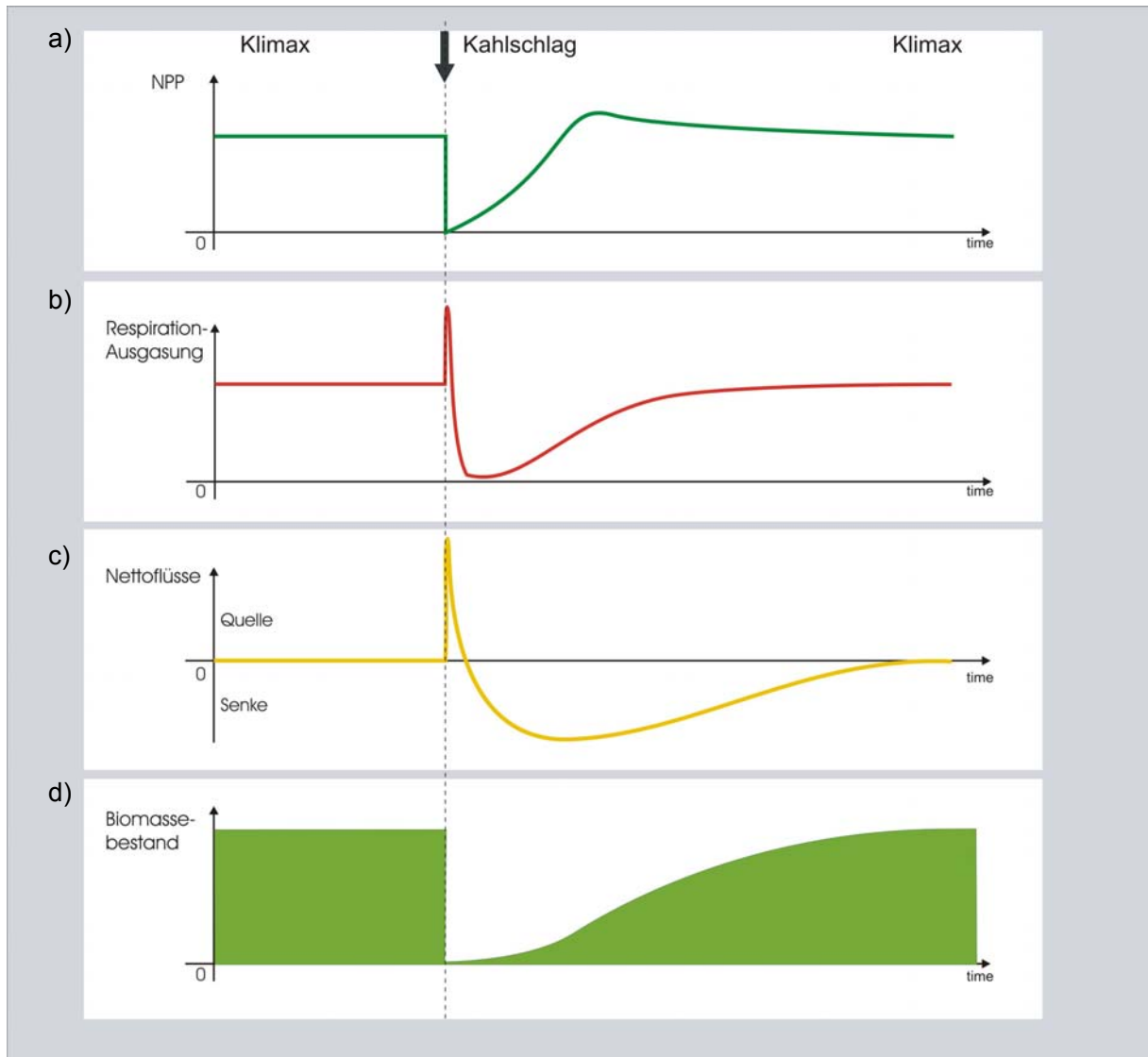
Eine solche Quantifizierung ist allerdings mit einigen konzeptionellen Schwierigkeiten verbunden. Zunächst einmal ist eine Erfassung dieser C-Flüsse, der Kohlenstoffspeicherung in ökosystemaren Kompartimenten wie Boden und Biomasse, und deren Netto-Veränderungen, mit großer Datenunsicherheit behaftet. Zusätzlich – und bedeutend gewichtiger – handelt es sich bei den terrestrischen Ökosystemen um komplexe, dynamische Systeme mit langen Zeitverzögerungen im Reaktionsverhalten. D.h. aktuelle Flüsse resultieren nicht nur aus aktuellen Aktivitäten, sondern hängen von der Geschichte des Systems selbst ab. Dies verunmöglicht eine direkte Bilanzierung der Flüsse wie im Beispiel der Fossil-Energie.

Würde man analog zur Berechnung der Vorleistungsketten verfahren, würde dies zu paradoxen Ergebnissen führen: Betrachtet man Holzimporte aus einem Land, welches selbst eine Kohlenstoffsenke in der Vegetation aufweist, so müsste man diesen Holzimporten einen „positiven“ Rucksack gutschreiben, d.h. einer Nettobindung von Kohlenstoff. Das würde aber bedeuten, dass man durch die Zurechnung der Senke zum Holzimport bzw. zur Holzproduktion annähme, die Holzernte würde die Senke hervorrufen. Tatsächlich ist – wie schon beschrieben – das Gegenteil der Fall: Holzernte verringert die Senkenfunktion des Waldes in jedem Fall.

Abbildung 21 verdeutlicht diesen Sachverhalt. Diese Abbildung zeigt schematisch die Entwicklung der Kohlenstoffflüsse innerhalb eines Waldökosystems, welches exemplarisch durch Kahlschlag „gestört“ wird. Vor einem solchen Eingriff kann befindet sich das Ökosystem (gewisse Fluktuationen vernachlässigend) im Gleichgewicht, dem „Klimaxzustand“. Nettoprimärproduktion und Respiration halten sich die Waage und die Netto-Emissionen des Systems sind gleich Null. Durch den Kahlschlag steigt die Ausgasung abrupt an, während NPP auf annähernd Null abfällt und der im System gespeicherte Kohlenstoff drastisch abnimmt: Das System ist in diesem Zustand eine Netto-Quelle an Kohlenstoff. Im Laufe der Zeit nach dem Kahlschlag wächst die Nettokohlenstoffbindung immer stärker an, mehr noch als die Respirationsverluste. Dies führt zur Herausbildung einer Kohlenstoffsenke: Nettoabsorption an Kohlenstoff. Nach einiger Zeit befindet sich das System wieder im Gleichgewicht, und das System stellt weder Quelle noch Senke dar. Ob nun ein Ökosystem oder eine ganze Nation eine Netto-Quelle oder eine Netto-Senke

darstellt, hängt also von der Geschichte der Eingriffe in die Ökosysteme ab, und davon, in welchem Zustand sich die Ökosysteme im Durchschnitt befinden: in einer Emissions- oder Absorptionsphase.

Abbildung 21: Beeinflussung der Kohlenstoffflüsse und Bestände im Waldökosystem durch Kahlschlag. a) Nettoprimärproduktion (NPP), b) Respiration und Ausgasung (R), c) Nettoflüsse (NPP – R), d) resultierende Bestände



Quelle: eigene Darstellung; NPP...Nettoprimärproduktion

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden dennoch die „Importe“ an Quellen und Senken aus anderen Ländern, analog zur Berechnung der Vorleistungskette, durchgeführt, obwohl die oben angestellten Überlegungen eine solche Bilanzierung fragwürdig erscheinen lassen. Dabei wurde der Forstwirtschaft im jeweiligen Land die gesamte Senke oder Quelle in der Vegetation dieses Landes zugeschrieben. Zudem wurde angenommen, dass die Quelle oder Senke nur vom Forstmanagement des jeweiligen Jahres abhängt, eine Annahme, welche eben die Geschichte

der Eingriffe ausblendet. Obwohl beide Annahmen im Grunde falsch sind, wurden sie verfolgt. Die Quantifizierung dieser Flüsse soll der Abschätzung des Ausmaßes dieser Flüsse dienen und damit dazu beitragen, das Potential eines *Consumer-based* Ansatzes im Gegensatz zu einem Territorialen Ansatz zu beleuchten.

4.2.1. Datengrundlage

Die Datengrundlage für den versuchten pragmatischen Rechenansatz liefert das Global Forest Resource Assessment 2005 der FAO (FAO 2006). Dort enthalten sind Angaben zu den jährlichen Bestandsänderung der Wälder eines Landes für die Zeiträume 1990-2000 und 2000-2005 in Vorratsfestmetern. Daraus wurde ein jährlicher Mittelwert für den Zeitraum 1990-2005 errechnet. Diese enthalten sowohl die Änderungen im Kohlenstoffbestand aufgrund der Änderungen der Waldfläche als auch der Änderungen der mittleren Bestockung der Wälder in den jeweiligen Ländern

4.2.2. Rechenweg

Die Daten zur Bestandsänderung aus der FRA 2005 wurden mit den in Anhang 7.1 erwähnten Faktoren auf ofentrockene Tonnen umgerechnet. Es wurden die Ländern dann in zwei Gruppen eingeteilt:

- jene mit Bestandszuwachs: Hier stellen die Wälder eine Senke dar
- jene mit Bestandsabnahme: Hier stellen die Wälder eine Quelle dar

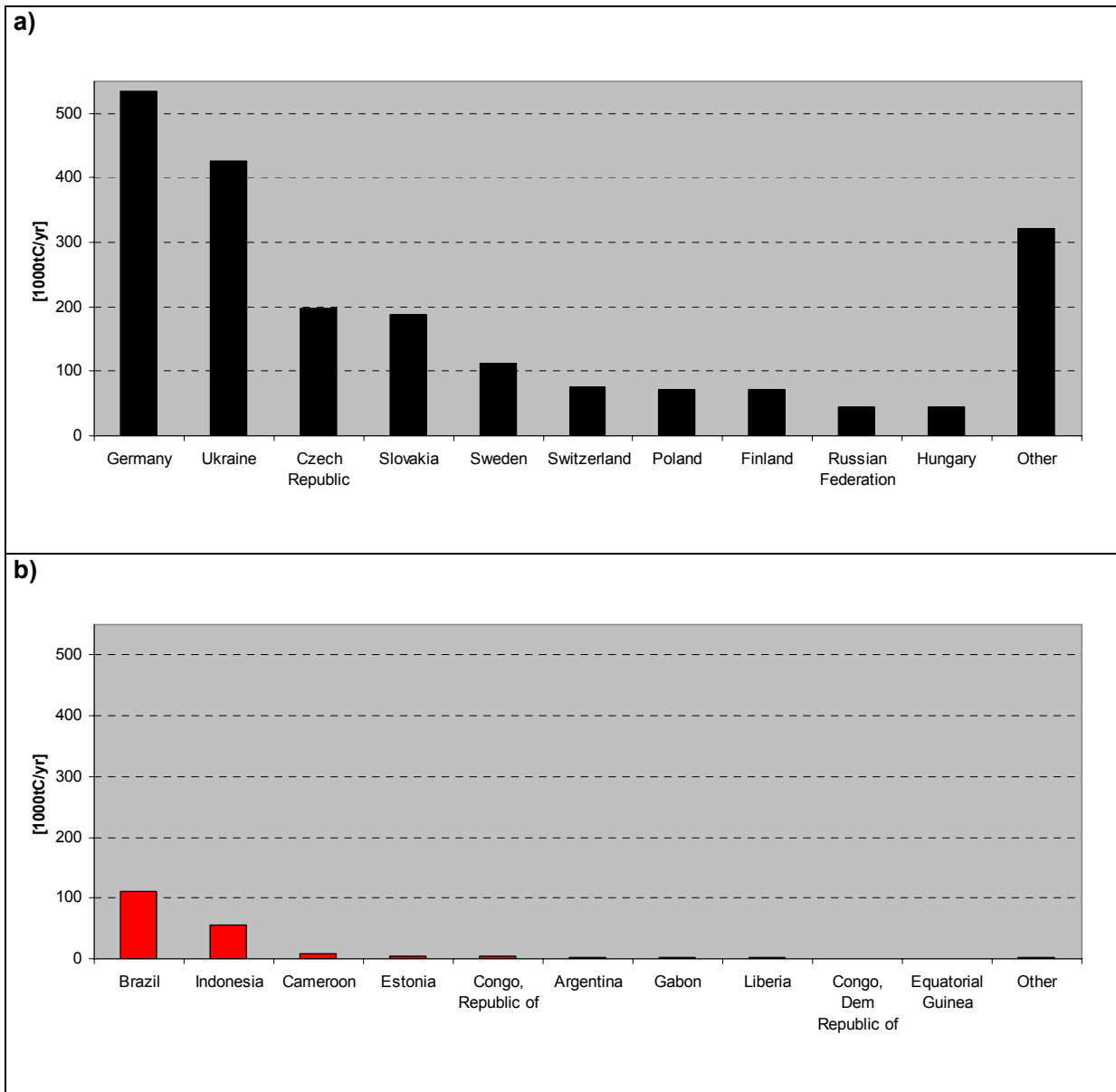
Senken und Quellen wurden in dem Rechenansatz nicht gegeneinander verrechnet, um ein klareres Bild gewinnen zu können.

In Folge wurde die Senke bzw. Quelle eines Landes pro Tonne Rundholzproduktion (unter Rinde, hier sowohl Industrie- als auch Brennholz) errechnet (Gesamtquelle/-senke der Forste dividiert durch die gesamte Rundholzproduktion unter Rinde). Diese Werte wurden dann mit den Importen (nach Herkunftsland) bzw. Exporten der für den Rohstoff Holz bereinigten Handelsmatrix multipliziert. So ergeben sich nach den getroffenen (wie Eingangs erwähnten, falschen) Annahmen Werte für die an den Handelsströmen als „Rucksäcke“ hängenden Landnutzungsänderungen. Dabei werden die gehandelten Holzprodukte analog zu der bei den Felling Losses beschriebenen Methode über Annahmen zu Effizienz der jeweiligen Holzwirtschaft auf Rundholzäquivalente umgerechnet.

4.2.3. Ergebnisse des pragmatischen Ansatzes

Abbildung 22 zeigt das Ergebnis der Importe Österreichs im Jahr 2000. Abbildung 23 verrechnet diese „Rucksäcke“ mit Österreichs inländischer Kohlenstoffsenke im Wald. Diese stellt im Jahr 2000 eine Senke von ca. drei MtC/ yr dar (territorialer Ansatz, vgl. FCA). An Österreichs Holzimporte stammen hauptsächlich aus Ländern mit Senken, deutlich weniger mit Quellen (Abbildung 22) – zumindest laut FRA 2005, deren Qualität im Falle von der Ukraine zumindest als fragwürdig eingestuft werden kann.

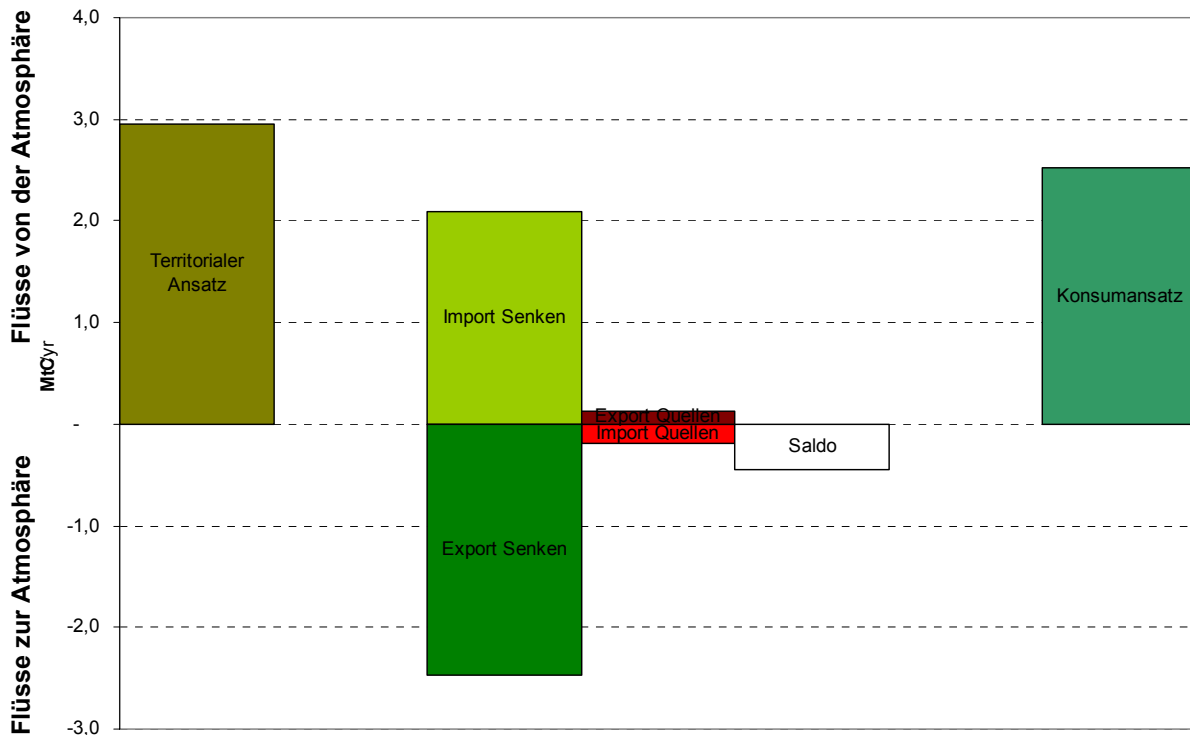
Abbildung 22: Österreichs „Importe“ von a) Senken und b) Quellen, nach Ländern



Der Import aus „Quellen-Ländern“ ist im Vergleich zu Importen aus „Senken-Ländern“ gering, aber nicht zu vernachlässigen (Abbildung 22). Importe aus den tropischen Ländern Brasilien und Indonesien dominieren das Bild. Deren Wälder stellen die weltweit größten Kohlenstoffquellen dar.

Nach Verrechnung der einzelnen Posten (Abbildung 23) würde sich im Konsumansatz Österreichs Senke im Vergleich zum Territorialen Ansatz von rund 3 MtC auf rund 2,5 MtC, also um ca. 15% verringern. Dies wäre auf den doch deutlichen „Export and Senken“ der exportorientierten Holzwirtschaft Österreichs zurückzuführen. Andere Länder, welche aus Österreich importieren, könnten sich im Consumer-based Accounting Schema Österreichs Senke im Wald „gutschreiben“.

Abbildung 23: Hypothetische Landnutzungssenken und -quellen durch Österreichs Holzwirtschaft und Außenhandel mit Holz und Holzprodukten, Basisjahr 2000

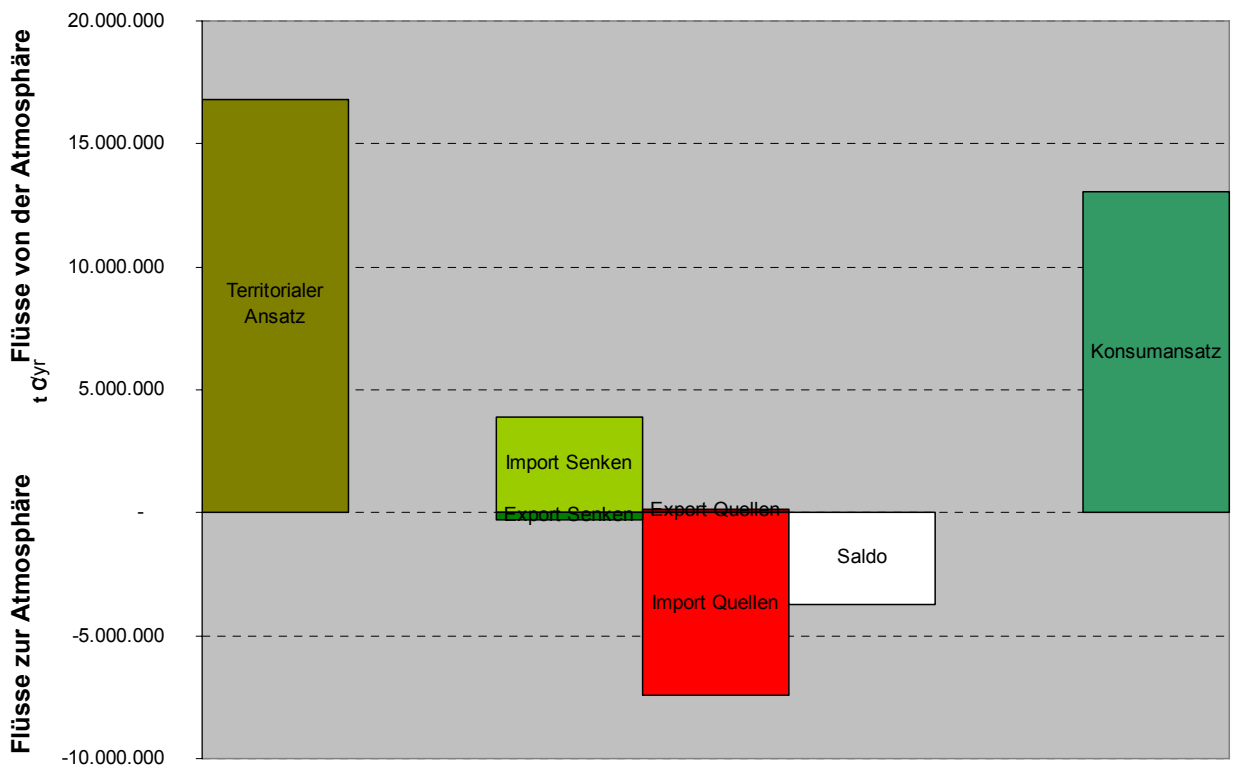


Quelle: eigene Darstellung; „Import Senken“ besagt die „Landnutzungsvorleistungen“ aus Ländern mit terrestrischen Senken, Import Quellen „Vorleistungen“ aus Ländern mit Quellen. Export gerechnet als gewichtetes Mittel von Inlandsenke und Importsenke oder -quelle pro Vfm Holzexport. Für Erklärungen siehe Text.

Zur Veranschaulichung der Auswirkungen eines Konsum-basierten Ansatzes wurde dieselbe Bilanzierung auch für Japan durchgeführt. Abbildung 24 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnung. Japans Vegetation wirkt - nach den Daten der FRAU 2005 – selbst als Senke von ca. 17 MtC. Japan importiert aber vornehmlich aus Ländern mit Kohlenstoffquellen, daher verringert sich die Senkenstärke deutlich im Konsum-basierten Ansatz.

Interessant ist festzustellen dass Japan ca. 14,5 Millionen Tonnen Kohlenstoff in Form von Holz (roh und in Produkten) netto importiert. Rechnet man die dabei anfallenden Felling Losses und Rinde und nimmt an dieses Holz müsste auf Japans Territorium gebracht werden so würde Japan sich Japans nationale starke Senke in eine Quelle umwandeln. Hier kann man eigentlich klar von einer Problemlagerung Japans Wirtschaft sprechen, wobei jene Länder mit Quellen in der Forstwirtschaft aus denen Japan importiert größtenteils keine Annex 1 Staaten im Kyoto Protokoll sind.

Abbildung 24: Senken und Quellen an den gehandelten Holzprodukten und Vergleich territorialer Ansatz vs. Konsumansatz für das Jahr 2000: Japan



Die hier präsentierten Ergebnisse zu den landnutzungsbedingten C-Emissionen verdeutlichen, dass es hier um sehr große Flüsse geht, deren konsistente Berücksichtigung im Rahmen eines ECA äußerst wesentlich wäre. Allerdings stehen hierfür bislang geeignete Methoden nicht zur Verfügung und konnten im Rahmen dieser Feasibilitystudie auch nicht entwickelt werden. Dies würde ein größeres Forschungsprojekt erfordern. Ein solches wäre aus unserer Sicht sehr wichtig, da es einerseits Handlungsoptionen aufzeigen könnte. Andererseits zeigen bereits die hier präsentierten vorläufigen (und noch nicht zuverlässigen) Ergebnisse, dass es um sehr beachtliche Effekte geht.

4.2.4. Diskussion zur Methode: Berechnung der Landnutzungsbezogenen C-Flüsse

Die Erfassung von landnutzungsbezogenen C-Flüssen ist in jedem Fall mit großen Unsicherheiten behaftet. Diese betreffen z.T. Faktoren, mit Hilfe derer aus erfassten Flüssen auf Gesamtflüsse hochgerechnet wird, z.T. Unsicherheiten in Bezug auf wesentliche Prozesse im natürlichen System, die den Flüssen zugrundeliegen, die letztlich am derzeit noch unzureichenden Stand der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung liegen. Die hier exemplarisch berechneten Zahlen enthalten keine Angaben zur unterirdischen Kohlenstoffbeständen in Vegetation (z.B. Wurzeln) und zum Bodenkohlenstoff (*Soil Organic Carbon, SOC*) und sind daher unvollständig. Sie sind nur dazu geeignet, einen Eindruck über die Größenordnung der zu erwartenden Effekte zu vermitteln, können aber nicht als endgültiges Ergebnis interpretiert werden.

Die Feasibilitystudie hat weiters gezeigt, dass neben diesen Unsicherheiten bzw. dem unvollständigen Stand des naturwissenschaftlichen Wissens auch noch Probleme bei der Konzeption eines geeigneten Accounting-Tools bestehen. Diese resultieren im Wesentlichen daraus, dass die Quellen und Senken in einem Forstökosystem eines bestimmten Jahres nicht nur aus den menschlichen Aktivitäten im jeweiligen Jahr resultieren, sondern auch eine Folge historischer Nutzungen bzw. Nutzungsänderungen darstellen. Dabei können Effekte mehrere Jahrzehnte, sogar Jahrhunderte lang nachwirken. Es besteht daher auch Forschungsbedarf im Hinblick auf die Konzeptionierung eines entsprechenden Accounting-Tools.

Die hier exemplarisch dargestellten Berechnungen beruhen auf der (falschen) Annahme, dass die Quelle/Senke der Forstökosysteme eines Landes mit der Holzernte im jeweiligen Land und Jahr in einem direkten Zusammenhang steht. Tatsächlich aber verringert die Ernte von Holz aus einem Forst in jedem Fall die C-Akkumulation im Forstökosystem im jeweiligen Jahr. Dieser Effekt wird aber in dem hier dargestellten System nicht berücksichtigt. Eine konsistente Berücksichtigung derartiger Effekte müsste auf einem wesentlich besseren Verständnis der komplexen Beziehungen zwischen Beständen und Flüssen in Forstökosystemen beruhen als heute verfügbar. Denkbar wäre etwa – als ein Element einer solchen Berechnung – ein Opportunitäts-“kosten“-Ansatz, der die entgangene Absorptionsleistung des Forstökosystems (ohne Ernte) berücksichtigen würde. Ein solcher konnte aber mit den Ressourcen der vorliegenden Feasibilitystudie nicht verfolgt werden.

5. Schlussfolgerungen

Die in den Kapiteln 3 und 4 präsentierten Ergebnisse zeigen, dass in Österreich

- Fossilenergiebedingte Flüsse, die mit Importen und Exporten verbunden sind, im Vergleich mit den am nationalen Territorium anfallenden Emissionen eine beachtliche Größenordnung erreichen und somit in einem ECA berücksichtigt werden sollten;
- Eine Berücksichtigung dieser Flüsse mit Hilfe von Methoden der hybriden und physischen Input-Output-Rechnung mit vertretbarem Aufwand möglich wäre;
- Da sowohl die Zuverlässigkeit als auch die politische Relevanz von Input-Output Modellierungen mit zunehmender Aggregation der Sektoren abnimmt, wäre es wünschenswert die NAMEA Statistik in einer möglichst hohen sektoralen Auflösung, vor allem der Produktionssektoren, weiterzuführen. Zusätzlich sollte schon bei der Erstellung der Datengrundlagen auf deren Verknüpfbarkeit auch bei hoher Disaggregation geachtet werden;
- Eine Berücksichtigung der Vorleistungsemissionen durch Importe erheblich genauer erfolgen könnte, wenn entsprechende IO-Daten für andere Volkswirtschaften bzw. Regionen verfügbar wären; dies würde Anstrengungen im Bereich der multiregionalen IO-Modellierung erfordern, wie sie zum Beispiel von der OECD unternommen werden;
- Landnutzungsbezogene Flüsse durch Importe von Biomasse (Holz, Agrarprodukte) ebenfalls eine erhebliche Größe erreichen können und daher in einem ECA unbedingt konsistent berücksichtigt werden sollten;
- Eine Erfassung der fossilenergiebedingten Vorleistungsemissionen durch Importe/Exporte von Biomasse, insbesondere Holz und Holzprodukten, auf Basis von LCA-Modellen wie etwa GEMIS mit vertretbarem Aufwand machbar ist und konzeptionell keine Probleme aufwirft; wesentliche Verbesserungen in diesem Bereich könnten durch regional spezifische LCA-Faktoren erreicht werden;
- Eine konsistente Berücksichtigung der landnutzungsbezogenen C-Flüsse derzeit noch nicht möglich ist, sowohl auf Grund des noch nicht ausreichenden naturwissenschaftlichen Prozessverständnisses als auch mangels einer überzeugenden Konzeption eines geeigneten Accounting-Tools. In diesem Bereich wird der größte Forschungsbedarf geortet.

6. Koordinaten des Projekts

Das vorliegende Projekt wurde am 19.01.2006 im Auftrag des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Abteilung V/10 Umweltökonomie und Energie, offiziell beauftragt und in weiterer Folge seitens des Instituts für Soziale Ökologie formell gestartet. Der vorliegende Endbericht schließt diese Machbarkeitsstudie ab.

Auftraggeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)
Abteilung V/10: Umweltökonomie und Energie

Projektteam

Institut für Soziale Ökologie, Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung IFF (Klagenfurt, Graz, Wien) der Universität Klagenfurt: Karl-Heinz Erb, Thomas Kastner, Stefan Zandl, Helga Weisz, Helmut Haberl

International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA): Matthias Jonas

Insgesamt wurden im Rahmen der Machbarkeitstudie 3 Workshops mit österreichischen ExpertInnen durchgeführt, in deren Rahmen wichtige methodische, inhaltliche und forschungsstrategische Fragen diskutiert wurden.

Workshop I, 28. 03. 2006

TeilnehmerInnen: Dr. Karlheinz Erb (IFF-Soziale Ökologie), Prof. Dr. Helmut Haberl (IFF-Soziale Ökologie), Mag. Ulla Hlawatsch (BMLFUW), Dr. Matthias Jonas (IIASA), Mag. Christopher Lambort (BMLFUW), Dipl. Ing. Manfred Ritter (UBA), Dr. Martina Schuster (BMLFUW), Mag. Caroline Vogl (BMLFUW)

Ziel des Workshops: Vorstellung des Projektvorhabens, Darstellung der Vorteile und Nachteile einer möglichen Verknüpfung von MFA und Full Carbon Accounting (FCA), Abklärung der strategischen Ausrichtung des Projekts, Einbeziehung und Information der ExpertInnen des BMLFUW Abteilung V/4: Immissions- und Klimaschutz und des Umweltbundesamts.

Workshop II, 28. 03. 2006

TeilnehmerInnen: Dipl. Ing. Petra Bußwald (Akaryon), Dr. Karlheinz Erb (IFF-Soziale Ökologie), Prof. Dr. Helmut Haberl (IFF-Soziale Ökologie), Mag. Ulla Hlawatsch (BMLFUW), Dr. Matthias Jonas (IIASA), Mag. Christopher Lambort (BMLFUW), Dr. Rudolf Orthofer (Austrian Research Centers Seibersdorf), Dipl. Ing. Manfred Ritter (UBA), Mag. Caroline Vogl (BMLFUW), Prof. Dr. Helga Weisz (IFF-Soziale Ökologie), Doz. Dr. Andreas Windsberger (Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten), Doz. Dr. Wilfried Winiwarter (Austrian Research Centers Seibersdorf, IIASA), Mag. Susanne Woess-Gallasch (Joanneum Research)

Ziel des Workshops: Auswahl der Fallbeispiele, Diskussion der strategischen Ziele der Machbarkeitsstudie, Abstimmung des Zeitplanes

Workshop III, 16. 10. 2006

TeilnehmerInnen: Dipl. Ing. Petra Bußwald (Akaryon), Dr. Karlheinz Erb (IFF-Soziale Ökologie), Prof. Dr. Helmut Haberl (IFF-Soziale Ökologie), Mag. Ulla Hlawatsch (BMLFUW), Mag. Christopher Lambort (BMLFUW), Dr. Horst Lunzer (Energieagentur Waldviertel), Dr. Rudolf Orthofer (Austrian Research Centers Seibersdorf), Prof. Dr. Helga Weisz (IFF-Soziale Ökologie), Doz. Dr. Andreas Windsberger (Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten)

Ziel des Workshops: Präsentation und Diskussion der vorläufigen Ergebnisse, Resumé

7. Anhang

7.1. Umrechnung der Daten auf Trockenmasse und Kohlenstoff

Die FAO reportiert Holz und Holzprodukte in Kubikmeter (m³; bei Rohholz unter Rinde). Papier und Zellstoff werden in lufttrockenen Tonnen (t lufttrocken) berichtet. Für die Studie war es notwendig diese Daten in Tonnen Kohlenstoff (t C) umzurechnen. Dazu war in einem ersten Schritt eine Konversion in Tonnen ofentrockenes Gewicht (t DM) nötig. Tabelle A1 zeigt die verwendeten Faktoren. Für Rundholz und Bretter wurde in den Faktoren zwischen Nadel und Laubholz unterschieden, der Wert für Chips and Particles ist ein Gewichtetes mittel der Rundholzproduktion des jeweiligen Landes.

Tabelle A1: Umrechnungsfaktoren für die verwendeten Kategorien von Holzprodukten.

Biom	Kontinent	3;6	4;7	1	2;5;8;9	10;11;12
Tropisch	Afrika	0,43	0,58	siehe Text	Globale Faktoren	0,628
	Amerika	0,43	0,60			
	Asien	0,43	0,57			
	Ozeanien	0,43	0,57			
Temperat	Afrika	0,41	0,58			
	Amerika	0,41	0,58			
	Asien	0,41	0,58			
	Europa	0,41	0,58			
	Ozeanien	0,41	0,58			
Boreal	Amerika	0,44	0,45			
	Asien	0,44	0,45			
	Europa	0,44	0,45			

Gruppen 1-9: t DM/m³; Gruppen 10-12: t DM/t lufttrocken

1:Chips and Particles, 2:Fibreboard, 3:Industrial Roundwood(C), 4:Industrial Roundwood(NC), 5:Plywood, 6:Sawnwood (C), 7:Sawnwood (NC), 8:Veneer Sheets, 9:Particle Board, 10:Newsprint, 11:Paper+-Board Ex Newsprint, 12:Wood Pulp

In einem weiteren Schritt erfolgte dann die Umrechnung auf t C. Dazu wurden Faktoren aus IPCC (IPCC 2006) verwendet. Für die Kategorie Platten ist der verwendete Faktor 0,468 für alle anderen Kategorien 0,5.

7.2. Mathematische Lösung der Bereinigung der Außenhandelsstatistik:

Mathematisch kann der gewählte Weg die beschriebene Bereinigung der Handelsmatrizen folgenderweise dargestellt werden:

Inputdaten:

Handelsmatrix	H mit h_{ij} = Export von Land i ins Land j (Import Land j aus Land i)
	Dabei ist:
	Zeilensumme
Importvektor	i mit i_i Gesamtimporte des Landes i
Spaltensumme	
Exportvektor	e mit e_i Gesamtexporte des Landes i
Produktionsvektor	p mit p_i = Produktion des Landes i

Berechnungen:

Vektoren

DMI-Vektor	a_i mit $a_i = p_i + i_i$
Anteil Inlandsproduktion am DMI	a_p mit $a_{p,i} = p_i / a_i$
Exportanteil am DMI	a_e mit $a_{e,i} = e_i / a_i$

Matrizen

Handelsströme aus Inlandsproduktion	H_p mit $h_{p,ij} = h_{ij} * a_{p,i}$
Hilfsmatrix	X mit $x_{ij} = h_{ij} / a_j$
Matrix der neu zugewiesenen Importe	M = M_{a,N} + M_{n,N}
Matrix der abgezogenen Re-Exporte	R = R_{a,N} + R_{n,N}
Bereinigte Handelsmatrix	H_c = H_p + M – R

Berechnung von **M_{a,k}**, **M_{n,k}**, **R_{a,k}** und **R_{n,k}** mittels iterativer Methode:

k	Laufvariable der Iteration
N	Anzahl der Iterationen

Für $k = 1$:

$$\mathbf{M}_{n,1} = \mathbf{X} * \mathbf{H} \qquad \mathbf{M}_{a,1} = \mathbf{0}$$

$$r_{n,1,ij} = h_{ij} * a_{e,j} \qquad \mathbf{R}_{a,1} = \mathbf{0}$$

Für $k = 2$ bis N :

$$\mathbf{M}_{a,k} \quad \text{mit } m_{a,k,ij} = m_{a,k-1,ij} + m_{n,k-1,ij} * a_{p,i} \qquad \mathbf{M}_{n,k} = \mathbf{X} * \mathbf{M}_{n,k-1}$$

$$\mathbf{R}_{a,k} \quad \text{mit } r_{a,k,ij} = r_{a,k-1,ij} + r_{n,k-1,ij} * a_{p,i} \qquad \mathbf{R}_{n,k} = \mathbf{X} * \mathbf{R}_{n,k-1}$$

Für die in dieser Studie verwendeten bereinigten wurden $N = 50$ gesetzt.

Praktisch wurde dies wie folgt gelöst:

Die Inputdaten wurden aus der FAOSTAT herunter geladen und im Programm Microsoft Excel in Matrizenform gebracht. Die reportierte Handelsmatrix der FAO wurde um jene Länder mit einem DMI von 0 bereinigt, und die Länder Belgien und Luxemburg wurden zusammengefasst um eine Doppelzählung zu vermeiden, die Anzahl der betrachteten Staaten war somit 171.

Die Handelsmatrix und der Produktionsvektor wurden in das Programm Matlab exportiert und die weiteren Rechenschritte wurden mit diesem durchgeführt. Die erhaltene Ergebnismatrix **H_c** wurde wieder ins Excel exportiert.

8. Literaturverzeichnis

- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. FAO - Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Bullard, C. und R.A. Herendeen 1975. The Energy Costs of Goods and Services. *Energy Policy* 3(4), 268-278.
- Casler, S. und S. Wilbur 1984. Energy input-output analysis: A simple guide. *Resources and Energy* 6(2), 187-201.
- Denton, R.V. 1975. The energy cost of goods and services in the Federal Republic of Germany. *Energy Policy* 3(4), 279-284.
- Enters, T. 2001. *Trash or Treasure? Logging and mill residues in Asia and the Pacific*. FAO Asia-Pacific Forestry Commission, Bangkok.
- Erb, K.-H. 2004. Land-use Related Changes in Aboveground Carbon Stocks of Austria's Terrestrial Ecosystems. *Ecosystems* 7(5), 563-572.
- FAO 2001. *Global Forest Resource Assessment 2000*. FAO, Rome.
- FAO 2004. *FAOSTAT 2004, FAO Statistical Databases: Agriculture, Fisheries, Forestry, Nutrition*. FAO, Rome.
- FAO 2006. *Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147*. FAO, Rome.
- Fleissner, P., W. Böhme, H.U. Brautzsch, J. Höhne, J. Siassi, K. Stark 1993. *Input-Output-Analyse. Eine Einführung in Theorie und Anwendungen*. Springer Verlag, Wien, New York.
- Hannon, B., T. Blazeck, D. Kennedy, R. Illyes 1983. A comparison of energy intensities: 1963, 1967 and 1972. *Resources and Energy* 5(1), 83-102.
- Hashimoto, S. und Y. Moriguchi 2004. *Data book: Material and carbon flow of harvested wood in Japan. CGER-D034-2004*. National Institute for Environmental Studies, Onogawa, Tsukabe, Ibaraki, Japan.
- IPCC 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IGES, Japan.
- Jonas, M. und S. Nilsson 2001. *The Austrian Carbon Database (ACDb). Study - Overview*. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Report i-130, Laxenburg.
- Jonas, M., S. Nilsson, M. Obersteiner, M. Gluck, Y. Ermoliev 1999. *Verification Times Underlying the Kyoto Protocol: Global Benchmark Calculations*. IIASA, Laxenburg.
- Krausmann, F. 2001. Land Use and Industrial Modernization: an empirical analysis of human influence on the functioning of ecosystems in Austria 1830 - 1995. *Land Use Policy* 18(1), 17-26.
- Leontief, W. 1936. Quantitative input-output relations in the economic system. *Review of Economics and Statistics* 18, 105-125.
- Machado, G., R. Schaeffer, E. Worrel 2001. Energy and Carbon embodied in the international trade of Brazil: an input - output approach. *Ecological Economics* 39(3), 409-424.
- Matthews, E., C. Amann, M. Fischer-Kowalski, S. Bringezu, W. Hüttler, R. Kleijn, Y. Moriguchi, C. Ottke, E. Rodenburg, D. Rogich, H. Schandl, H. Schütz, E. van der Voet, H. Weisz 2000. *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Miller, R.E. und P.D. Blair 1985. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Prentice Hall Inc., New Jersey.

- Nilsson, S., A.Z. Shvidenko, V. Stolbovoi, M. Gluck, M. Jonas, M. Obersteiner 2000. *Full Carbon Account for Russia*. IIASA, Laxemburg.
- ÖSTAT 1998. Energieaufkommen und -verwendung in der österreichischen Volkswirtschaft 1995. *Statistische Nachrichten* 2, 139-151.
- Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, F. Wagner 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. IGES-IPCC, Hayama, Kanagawa, Japan.
- Pingoud, K. und A. Lehtil 2002. Fossil carbon emissions associated with carbon flows of wood products. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 7(1), 63-83.
- Pulkki, R.E. 1997. *Literature synthesis on logging impacts in moist tropical forests*. *Global Fibre Supply Study Working Paper GFSS/WP/06*. FAO, Rome.
- Schieler, K. und K. Schadauer 2004. *The Austrian Forest Inventory 2000-2002*. Austrian Federal Office and Research Centre for Forests (BFW),
- Schulze, E.D., D. Mollicone, F. Achard, G. Matteucci, S. Federici, H.D. Eva, R. Valentini 2003. CLIMATE CHANGE: Making Deforestation Pay Under the Kyoto Protocol? *Science* 299(5613), 1669.
- Statistik Austria 2005. *Österreichische Energiebilanzen 1970 - 2003*. Statistik Austria, Wien.
- Steffen, W., I. Noble, J. Canadell, M. Apps, E.D. Schulze, P.G. JARVIS CLIMATE: The Terrestrial Carbon Cycle: Implications for the Kyoto Protocol. *Science* 280(5368), 1393-1394.
- Umweltbundesamt 2004. *GEMIS Österreich 4.2*. Umweltbundesamt: CD-ROM, Wien.
- UN 2000. *Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand (industrialized temperate/boreal countries)*. *UN-ECE/FAO Contribution to the Global Forest Resources Assessment 2000. Main Report ECE/TIM/SP/17*. United Nations Publications, New York, Geneva.

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), 22 S., EUR 3,-

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, Ch. (1990)

Band 5*

Verursacher von Umweltbelastungen. Grundsätzliche Überlegungen zu einem mit der VGR verknüpfbaren Emittenteninformationssystem. Fischer-Kowalski, M.; Kissner, M.; Payer, H.; Steurer 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, Ch.; Steurer, A. (1990), 48 S., EUR 6,70

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.; Steurer A. (1991)

Band 10

Verursacherbezogene Umweltindikatoren - Kurzfassung. Forschungsbericht gem. mit dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M.; Haberl, H.; Payer, H.; Steurer, A.; Zangerl-Weisz, H. (1991), 66 S., EUR 9,20

Band 11

Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Haberl, H. (1991), 129 S., EUR 18,-

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), 48 S., EUR 7,63

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.; Steurer, A. (1991), 82 S., EUR 11,48

Band 14

Indikatoren für die Materialintensität der österreichischen Wirtschaft. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Payer, H., unter Mitarbeit von K. Turetschek (1991), 56 S., EUR 8,72

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), 132 S., EUR 16,35

Band 16

Umwelt als Thema der allgemeinen und politischen Erwachsenenbildung in Österreich. Fischer-Kowalski M., Fröhlich, U.; Harauer, R.; Vymazal, R. (1991), 82 S., EUR 11,26

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.; Steurer, A. (1991), 11 S., EUR 1,50

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), 10 S., EUR 1,50

Band 19

Defensivkosten zugunsten des Waldes in Österreich. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung. Fischer-Kowalski et al. (1991), 62 S., EUR 10,53

Band 20*

Basisdaten für ein Input/Output-Modell zur Kopplung ökonomischer Daten mit Emissionsdaten für den Bereich des Straßenverkehrs. Steurer 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), 27 S., EUR 5,45

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), 19 S., EUR 2,50

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), 32 S., EUR 4,50

Mit * gekennzeichnete Bände sind nicht mehr erhältlich.
(Alle Preise exklusive Versandkosten)

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 25

Informationsgrundlagen struktureller Ökologisierung. Beitrag zur Tagung "Strategien der Kreislaufwirtschaft: Ganzheitl. Umweltschutz/Integrated Environmental Protection", Graz 1992. Steurer, A.; Fischer-Kowalski, M. (1992), 13 S., EUR 2,-

Band 26

Stoffstrombilanz Österreich 1988. Steurer, A. (1992), 26 S., EUR 4,-

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?". 122 S., EUR 17,-

Band 31*

Leerzeichen. Neuere Texte zur Anthropologie. Macho, Th. H. (1993), 107 S., EUR 15,-

Band 32

Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993), 38 S., EUR 5,-

Band 33

Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion. Haberl, H. (1993), 59 S., EUR 8,-

Band 34

Stoffstrombilanz Österreich 1970-1990 - Inputseite. Steurer, A. (1994), 40 S., EUR 5,60

Band 35

Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch". Haberl, H. (1994), 50 S.,

Band 36

Ökologie und Sozialpolitik. Fischer-Kowalski, M. (1994), 15 S., EUR 5,60

Band 37*

Stoffströme der Chemieproduktion 1970-1990. Payer, H., unter Mitarbeit von H. Zangerl-Weisz und R. Fellinger (1994), ca.40 S.,

Band 38

Wasser und Wirtschaftswachstum. Untersuchung von Abhängigkeiten und Entkoppelungen, Wasserbilanz Österreich 1991. Hüttler, W., Payer, H. unter Mitarbeit von H. Schandl (1994), 40 S., EUR 5,60

Band 39*

Politische Jahreszeiten. 12 Beiträge zur politischen Wende 1989 in Ostmitteleuropa, (1994), ca.160 S.,

Band 40

On the Cultural Evolution of Social Metabolism with Nature. Sustainability Problems Quantified. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1994), 32 S., EUR 6,18

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), 70 S., EUR 10,90

Band 42

Soziale Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung. Fischer-Kowalski, M., Madlener, R.; Payer, H.; Pfeffer, T.; Schandl, H. (1995, 104 S., EUR 20,-

Band 43

Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Haberl, H. (1995), 169 S., EUR 18,-

Band 44

Materialfluß Österreich 1990. Hüttler, W., Payer, H.; Schandl, H. (1996), 40 S., EUR 8,72

Band 45

National Material Flow Analysis for Austria 1992. Society's Metabolism and Sustainable Development. Hüttler, W.; Payer, H.; Schandl, H. (1997), 48 S., EUR 10,-

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), 58 S., EUR 10,90

Band 47

Materialbilanz Chemie-Methodik sektoraler Materialbilanzen Schandl, H.; Weisz, H. Wien (1997), 123 S., EUR 17,44

Band 48

Physical Flows and Moral Positions. An Essay in Memory of Wildavsky, A.; Thompson, M. (1997), 21 S., EUR 3,63

Band 49

Stoffwechsel in einem indischen Dorf. Fallstudie Merkar. Mehta, L.; Winiwarter, V. (1997), 80 S., EUR 11,63

Band 50+

Materialfluß Österreich- die materielle Basis der Österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960-1995. Schandl, H. (1998), 70 S., EUR 10,90

Band 51+

Bodenfruchtbarkeit und Schädlinge im Kontext von Agrargesellschaften. Dirlinger, H.; Fliegenschnee, M.; Krausmann, F.; Liska, G.; Schmid, M. A. (1997), 130 S., EUR 18,89

Band 52+

Der Naturbegriff und das Gesellschaft-Natur-Verhältnis in der frühen Soziologie. Lutz, J. Wien (1998), 80 S., EUR 11,63

Band 53+

NEMO: Entwicklungsprogramm für ein Nationales Emissionsmonitoring. Bruckner, W.; Fischer-Kowalski, M.; Jorde, T. (1998), 125 S., EUR 18,17

Band 54+

Was ist Umweltgeschichte? Winiwarter, V. (1998), &1 S., EUR 10,90

Mit + gekennzeichnete Bände sind unter
<http://www.iff.ac.at/socec/publs/wpapers.php>
Im PDF-Format downloadbar.

Band 55+

Agrarische Produktion als Interaktion von Natur und Gesellschaft: Fallstudie SangSaeng, Grünbühel, C. M.; Schandl, H.; Winiwarter, V. (1999), 43 S., EUR 7, 27

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), 21 S., EUR 4,36

Band 58+

Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft, Erb, K. H. (1999), 131 S., EUR 20,30

Band 59+

Das Leitbild "Nachhaltige Stadt", Astleithner, F. (1999), 76 S., EUR 13,-

Band 60+

Materialflüsse im Krankenhaus, Entwicklung einer Input-Output Methodik, Weisz, B. U. (2001), 122 S., EUR 17,44

Band 61+

Metabolismus der Privathaushalte am Beispiel Österreichs, Hutter, D. (2001), 94 S., EUR 13,66

Band 62+

Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels, Erb, K.H.; Krausmann, F.; Schulz, N. B. (2002), 83 S., EUR 30,-

Band 63+

Material Flow Accounting in Amazonia: A Tool for Sustainable Development, Amann, Ch.; Bruckner, W.; Fischer-Kowalski, M.; Grünbühel, C. M. (2002), 26 S., EUR 5,-

Band 64+

Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung, Darge, E. (2002), 140 S., EUR 20,-

Band 65+

Biomasseinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020, Haberl, H.; Krausmann, F.; Erb, K.H.; Schulz, N. B.; Adensam, H. (2002), 98 S., EUR 29,-

Band 66+

Der Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt. Gesellschaftliche Aneignung von Nettoprimärproduktion als Pressure-Indikator für den Verlust von Biodiversität, Haberl, H.; Schulz, N. B.; Plutzer, Ch.; Erb, K.H.; Krausmann, F.; Loibl, W.; Weisz, H.; Sauberer, N. (2002) 30 S., EUR 5,-

Band 67+

Materialflussrechnung London. Bongardt, B. (2002); 116 S., EUR 17,-

Band

68+

Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung, Gaube, V. (2002), 124 S., EUR 25,-

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), 28 S., EUR 4,-

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), 69 S., EUR 12,-

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), 79 S., EUR 11,-

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.; Lehner, A.; Müllauer, R.; Nourbakhch-Sabet, R.; Paler, M.; Patsch, B.; Rieder, F.; Schembera, E.; Schieder, W.; Schmiedl, C.; Schwarzmüller, E.; Stadler, W.; Wirl, C.; Zandl, S.; Zika, M. (2005), 63 S., EUR 20,-

Band 75+

Towards a model predicting freight transport from material flows. Fischer-Kowalski, M. (2004), 13 S., EUR 2,-

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), 60 S., EUR 8,50

Band 77+

Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld? Proinger, J. (2005), 83 S., EUR 18,-

Band 78+

Sozial-Ökologische Charakteristika von Agrarsystemen. Ein globaler Überblick und Vergleich, Lauk, Ch. (2005), 116 S., EUR 16,-

Band 79+

Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona, Machold, P. (2005), 112 S., EUR 20,-

Band 80+

Ecology, Rituals and System-Dynamics. An attempt to model the Socio-Ecological System of Trinket Island, Wildenberg, M. (2005), 185 S., EUR 29,-

Band 83+

HANPP-relevante Charakteristika von Wanderfeldbau und anderen Langbrachesystemen, Lauk, Ch. (2006), 59 S., EUR 6,-

Band 84+

Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit Hilfe der Sustainability Balanced Scorecard. Zeithofer, M. (2006), 39 S. EUR 4,-

Band 85+

Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Maßnahmenvorschläge zum Ressourceneinsatz. Haberl, H.; Jasch, Ch.; Adensam, H.; Gaube, V. (2006), 56 S. EUR 7,-

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), 29 S. EUR 3,-

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 88+

Vom Materialfluss zum Gütertransport. Eine Analyse anhand der EU15 – Länder (1970-2000).
Rainer, G. (2006); 80 S., EUR 14,-

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;

Band 90+

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

Band 91+

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

Band 92+

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, W. Punz (2007);

Band 93+

The Economics of Nature Management" Materials Flow Analysis for the Soviet Union. Konstantin G. Gofman and colleagues' (1974); Fischer-Kowalski, M. (editor);

