

Umweltökonomische Gesamtrechnungen

Erweitertes Input-Output Modell für Energie und
Treibhausgase
Methoden und Ergebnisse



2011

Erschienen am 01.02.2011

Fachliche Informationen zu dieser Veröffentlichung können Sie direkt beim Statistischen Bundesamt erfragen:
Telefon: +49 (0) 611 / 74 45 85; Fax: +49 (0) 611 / 75 39 71 oder
www.destatis.de/kontakt/

© Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2011

Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet.

**Statistisches Bundesamt
Umweltökonomische Gesamtrechnungen**

**Erweitertes Input-Output Modell für Energie
und Treibhausgase**

Methoden und Ergebnisse

**Helmut Mayer
Christine Flachmann**

Wiesbaden, Februar 2011

**Dieses Projekt wurde vom Statistischen Amt der Europäischen
Gemeinschaften, Luxemburg, im Rahmen eines Grants gefördert
(No 50304.2009.001-2009.249 Theme 5.03: Environmental Accounts).**

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Übersichten und Tabellen

Abkürzungen

1. Einleitung	11
1.1 Zielsetzung und Rechenkonzept	11
1.2 CO ₂ -Emissionen nach UGR- und IPCC-Konzept.....	11
1.3 Erstellung der Energie-Input-Output Tabellen für 2000 und 2007 und Berechnung von (Primär-) Energie- und CO ₂ -Koeffizienten	12
1.4 Bestimmung der Endnachfrage – Berechnung der Importe nach Herkunftsländern.....	13
1.5 Berechnungssegmente der IO-Analyse/ produktions- und verbrauchsorientierter Ansatz....	13
2. Ergebnisse.....	17
2.1 Die wichtigsten Ergebnisse	17
2.2 Aufkommen und Verwendung von Energie und CO ₂	23
2.3 Energie- und CO ₂ -Gehalt von Gütern (indirekter Energieverbrauch bzw. indirekte Emissionen)	26
2.4 CO ₂ -Emissionen der Importe und Exporte	29
2.5 Außenhandelsaldo für Energie und CO ₂	31
2.6 Privater Konsum.....	33
2.6.1. CO ₂ -Gehalt von Gütern nach Bedarfsfeldern (pro Kopf)	33
2.6.2. Energie- und CO ₂ -Gehalt nach Gütergruppen	36
2.6.3. Energie- und CO ₂ -Gehalt nach Produktionsbereichen.....	37
2.6.4. Energieintensität der Konsumnachfrage	38
2.6.5. Konsumausgaben, Energie- und CO ₂ -Gehalt von Gütern nach Herkunft der Güter.....	39
2.6.6. CO ₂ -Emissionen der Importgüter (privater Konsum) nach Herkunftsländern	40
2.6.7. Emissionsintensität der inländischen Produktionsbereiche.....	42
2.7 Emissionsintensität der Importe.....	42
2.8 Energiegehalt und CO ₂ -Emissionen 2007 nach Importländern.....	43
3. Analyseinstrumente	45
3.1 Das Input-Output Analysemodell.....	45
4. Das Berechnungskonzept	48
4.1. Das hybride Input-Output Modell	48
4.2. Berechnungen für das Inland und für die Importe.....	50
4.2.1 Regionalisierung der Importe.....	50
4.2.2 Berücksichtigung der länderspezifischen Produktionsverhältnisse.....	52
4.3. Erstellung der hybriden Input-Output Tabelle	55

4.3.1 Inland.....	55
4.3.2 Berechnungen für die ausländischen Energiebereiche.....	58
4.3.3 Sonderrechnung für den Stahlsektor (WZ 27.1-3)	60
4.3.4 Sonderrechnung für die Aluminiumindustrie (WZ 27.42)	65
4.3.5 Sonderrechnung für die Herstellung von Zellstoff, Papier und Pappe (WZ 21.1)	68
5. Der Einfluss von Technologieannahmen auf die Ergebnisse	69
5.1. Aggregationseffekt: CO ₂ -Gehalt von Importgütern am Beispiel der Importe von Metallen	70
5.2. Effekte einer mengenbasierten Berechnung (hybrides I/O-Modell.....)	72
6. Vergleichsrechnungen zwischen hybriden und monetärem Modell mit unterschiedlicher Gliederungstiefe	75
6.1 Vergleich des Energiegehalts von Gütern bei unterschiedlicher Rechentiefe (hybrides Modell)	75
6.2 Vergleich des Energie- und CO ₂ -Gehalts von Gütern im monetären und im hybriden Modell	77
6.3 Vergleich des Energie- und CO ₂ -Gehalts von Gütern im monetären Modell bei unterschiedlicher Gliederungstiefe	79

Tabellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Verzeichnis Anhang

Abkürzungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufkommen und Verwendung von Energie 2000 und 2007	23
Tabelle 2: Aufkommen an CO ₂ -Emissionen	25
Tabelle 3: Endnachfrage nach Gütern und Energieeinsatz bei deren Herstellung 2000 bis 2007	27
Tabelle 4: CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Gütern nach Verwendungskategorien	28
Tabelle 5: Exporte von Gütern und importierte Vorleistungen	29
Tabelle 6: CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Importen und Exportgütern 2000 bis 2007	31
Tabelle 7: Konsumausgaben, Energie- und CO ₂ -Gehalt des privaten Konsums 2007 – pro Kopf –	35
Tabelle 8: Konsumausgaben der privaten Haushalte, Energie- und Kohlendioxidgehalt ausgewählter Konsumgüter.....	36
Tabelle 9: CO ₂ -Emissionen in Zusammenhang mit dem privaten Konsum nach ausge- wählten Produktionsbereichen – Insgesamt, im Inland, Importe	38
Tabelle 10: Energie- und CO ₂ -Gehalt der Konsumausgaben (Intensitäten)	38
Tabelle 11: Energie- und Kohlendioxidgehalt der Konsumgüter nach Herkunft der Güter.....	39
Tabelle 12: Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen der Importe von Konsumgütern nach Herkunftsländern 2007	41
Tabelle 13: CO ₂ -Emissionen und Produktionswerte der inländischen Produktionsbereiche (Intensitäten)	42
Tabelle 14: CO ₂ -Intensitäten der Importe.....	43
Tabelle 15: Energiegehalt und CO ₂ -Emissionen nach Ländern bei deutscher Endnachfrage 2007.....	43
Tabelle 16: Warenimporte 2006 nach Herkunftsländern.....	51
Tabelle 17: Energie- und CO ₂ -Gehalt von Gütern bei Regionalisierung der Importe (Vergleichsrechnung)	54
Tabelle 18: Energieeinsatz und CO ₂ -Emissionen bei der Stromerzeugung in Deutschland und China 2006	60
Tabelle 19: Stahlerzeugung in Deutschland und ausgewählten Ländern, Importe von Stahl nach Deutschland 2006.....	62
Tabelle 20: Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen bei der Stahlherstellung in Deutschland und ausgewählten Lieferländern (Italien, Österreich, Frankreich und China) 2006 ..	64
Tabelle 21: Herstellung von Rohaluminium, Energieeinsatz und CO ₂ -Emissionen in der Aluminiumherstellung in Deutschland und ausgewählten Lieferländern 2006	66
Tabelle 22: Importanteile bei ausgewählten Vorleistungsgütern mit einem hohen Energiegehalt 2007.....	69
Tabelle 23: Importe von Stahl und NE-Metallen 2007 und CO ₂ -Emissionen	71
Tabelle 24: Importe von Stahl und Stahlerzeugnissen 2007 und CO ₂ -Emissionen	72
Tabelle 25: Importe von Elektrizität aus Frankreich 2007 und CO ₂ -Emissionen	73
Tabelle 26: Energiegehalt von Gütern 2006 bei unterschiedlicher Rechentiefe 1	76

Tabelle 27: Energie- und CO ₂ -Gehalt von Gütern im monetären und hybriden Rechenmodell 2006 (R67) – ausgewählte Bereiche –	77
Tabelle 28: Energiegehalt von Gütern und Energiekosten ausgewählter Produktionsbereiche 2006	79
Tabelle 29: Energiegehalt und CO ₂ -Emissionen von Gütern bei unterschiedlicher Rechen- tiefe der IOT	80
Tabelle 30: Vergleich der CO ₂ -Emissionen des Landverkehrs 2006 in I/O-Rechenmodellen mit unterschiedlicher Gliederungstiefe	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktionsorientierter und verbrauchsorientierter Ansatz.....	14
Abbildung 2: CO ₂ -Emissionen in Deutschland nach dem Konzept der UGR und des IPCC.....	17
Abbildung 3: Direkte und indirekte CO ₂ -Emissionen in Deutschland 2007	18
Abbildung 4: CO ₂ -Emissionen in Deutschland 2007 je Einwohner	19
Abbildung 5: CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Import- und Exportgütern.....	20
Abbildung 6: CO ₂ -Emissionen der privaten Haushalte und CO ₂ -Gehalt der Privaten Konsums 2007 (pro Kopf)	21
Abbildung 7: Energieverbrauch und Energieeinsatz bei der Güterherstellung 2007	24
Abbildung 8: CO ₂ -Emissionen der Exportgüter nach Art der Güter 2007	30
Abbildung 9: CO ₂ -Emissionen bei der Herstellung von Import- und Exportgütern.....	32
Abbildung 10: CO ₂ -Emissionen der privaten Haushalte und CO ₂ -Gehalt des Konsums 2007.....	33
Abbildung 11: Energieverbrauch der privaten Haushalte und Energiegehalt der Konsumgüter 2000 bis 2007	37
Abbildung 12: CO ₂ -Emissionen der privaten Haushalte und Emissionen bei der Herstellung der Konsumgüter im In- und Ausland.....	40
Abbildung 13: Berechnung des Energie- und CO ₂ -Gehaltes von Gütern.....	46
Abbildung 14: Berechnungsschema für Hybridansatz	48
Abbildung 15: Hybride Energie-IOT und Energiebilanz.....	57
Abbildung 16: Berechnung des direkten und indirekten Energieverbrauchs am Beispiel Stahlherstellung.....	61

Übersicht

Übersicht 1: Erfassung des Energieverbrauchs (Luftemissionen) aus Entstehungs- und aus Verbrauchssicht.....	14
Übersicht 2: Berechnungssegmente des Energie-Analysemodells.....	15
Übersicht 3: Verfügbarkeit von Energieeinsatz- und Emissionskoeffizienten nach Produktions- bereichen und Lieferländern	53
Übersicht 4: Unterteilung von Produktionsbereichen in den nationalen IOT	55
Übersicht 5: Aufteilung von Produktionsbereichen in der Energie-IOT	56

Übersicht 6: Erfassungsmerkmale bei den Bereichen der Energiegewinnung – und Umwandlung.....	59
Übersicht 7: Gliederung der Produktionsbereiche im hybriden I/O-Analysemodell nach 73 bzw. 67 Bereichen	75
Übersicht 8: Gliederung der IOT nach 67 und 55 Produktionsbereichen.....	80

Verzeichnis Anhang

Tabelle 1: Hybride (Energie-) Input-Output-Tabelle für Deutschland 2000	1
Tabelle 2: Hybride (Energie-) Input-Output-Tabelle für Deutschland 2006	2
Tabelle 3: Verwendung von Energie nach Energieträgern und Produktionsbereichen 2006 (VGR-Konzept) *) – Terajoule	3
Tabelle 4: Brennstoffeinsatz bei der Stromgewinnung 2006 in Deutschland und in ausgewählten Lieferländern.....	5
Tabelle 5: Stahlherstellung, CO ₂ -Emissionen und CO ₂ -Emissionskoeffizienten bei der Stahlherstellung.....	6
Tabelle 6: CO ₂ -Emissionen nach Wirtschaftsbereichen 2006 in 1000 Tonnen	7
Tabelle 7: CO ₂ -Emissionskoeffizienten nach Wirtschaftsbereichen 2006 (in 1000 t CO ₂ per Mill. €).....	8
Tabelle 8: CO ₂ -Emissionskoeffizienten nach Wirtschaftsbereichen 2006 (Deutschland = 100*)	9
Übersicht 1: Erweitertes Input-Output-Modell mit Wertangaben und mit gemischten Einheiten - Beispielrechnung	10
Übersicht 2: Gliederung der Produktionsbereiche in der Energie-Input-Output-Tabelle *).....	11
Übersicht 3: Gliederung der Energieträger in der Energieflussrechnung der UGR	14
Abbildung 1: Energieaufwand bei der Herstellung von Aluminium und Aluminiumerzeugnissen in Deutschland und bei der Herstellung von Alu-Importerzeugnissen.....	15

Abkürzungsverzeichnis

DE oder D	= Deutschland
FR	= Frankreich
NL	= Niederlande
IT	= Italien
UK	= Vereinigtes Königreich
ES	= Spanien
AT	= Österreich
SE	= Schweden
BE	= Belgien
PO	= Polen
NO	= Norwegen
RS	= Russland
CH	= China
US	= Vereinigte Staaten
JP	= Japan
IOT	= Input-Output-Tabelle
IOA	= Input-Output-Analyse
CO ₂	= Kohlendioxid
NAMEA	= National Accounting Matrix including Environmental Accounts
IEA	= International Energy Agency
UGR	= Umweltökonomische Gesamtrechnungen
NE	= Nicht-Eisen
TJ	= Terajoule
€	= EURO
WZ	= Wirtschaftszweig
H.v.	= Herstellung von
CRF	= Common Reporting Format
UNFCCC	= United Nations Framework Convention on Climate Change
Eurostat	= Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften
PKA	= Prozesskettenanalyse

1. Einleitung

1.1 Zielsetzung und Rechenkonzept

Das Rechenkonzept basiert auf der Verwendung der Input-Output Tabelle (IOT) und der Anwendung der Input-Output-Analyse¹. Insbesondere wird auf eine getrennte Berechnung des Energie- und CO₂-Gehalts von inländischen und von Importgütern nach Deutschland Wert gelegt. Bei den Berechnungen für die Importe erfolgt keine vollständige Berücksichtigung der Technologie der Lieferländer (d.h. der nationalen IOT). Lediglich bei bedeutenden energieintensiven Branchen, wie bei den Energiegewinnungs- und Umwandlungsbereichen, bei der Stahlerzeugung und bei der Aluminiumherstellung werden die nationalen Energieeinsatzverhältnisse bei den wichtigsten Lieferländern der deutschen Importe berücksichtigt. Dadurch und durch die Berücksichtigung der branchenspezifischen Energie- und Emissionskoeffizienten der Lieferländer soll eine weitgehende Annäherung an den tatsächlichen Energieeinsatz und die Emission von CO₂ in den Lieferländern bei der Herstellung der (deutschen) Importgüter erfolgen.

Bei den Importen wurde nach 14 Lieferländern unterschieden (siehe Kapitel 4.2.1), die zusammen 67,5 % der deutschen Warenimporte im Jahr 2006 abdecken.

Der gewählte hybride Rechenansatz mit gemischten monetären und physischen Einheiten (für die Energiebereiche) in der IOT ermöglicht eine relativ disaggregierte Berechnung nach 73 Produktionsbereichen. Dabei konnten die Angaben zum Energieeinsatz der wichtigsten energieintensiven Branchen im Bereich der Energiesektoren und der metallherzeugenden Industrie in den Lieferländern aus den Energiebilanzen dieser Länder (hrsg. von Eurostat und IEA) entnommen werden (siehe beispielsweise die Angaben für den Brennstoffeinsatz in der Stromerzeugung in Anhangstabelle 4). Diese Angaben wurden sowohl bei der Vorleistungsverflechtung, als auch bei der Berechnung der spezifischen Energiekoeffizienten berücksichtigt. Allerdings bleiben hinsichtlich des Energieeinsatzes der übrigen Bereiche noch erhebliche Lücken, da keine disaggregierte Angaben zum Energieeinsatz nach Produktionsbereichen (sogenannte NAMEA-Tabellen) zur Verfügung stehen.

Bei den CO₂-Koeffizienten konnten für die europäischen Länder auf Basis der NAMEA-Air Daten für alle Produktionsbereiche branchenspezifische Koeffizienten ermittelt werden. Für die außereuropäischen Länder dagegen nur für die ausgewählten energieintensiven Produktionsbereiche.

Die Berechnungssegmente (siehe Übersicht 2 Kapitel 1.5) sehen eine getrennte Berechnung des Energieeinsatzes im In- und Ausland und für die Verwendungskategorien „Export“ und „Privater Konsum“ vor. Gleichzeitig erfolgt eine Berechnung der „Insgesamt-Größe“, d.h. des gesamten Energie- und CO₂-Gehalts der Endnachfrage (-güter). Bei den Berechnungen für die Importe wird weiter nach Vorleistungsgütern – mit ihrem entsprechenden Energiegehalt – und den Gütern der Endverwendung (Konsumgütern) unterschieden. Diese Unterscheidung ermöglicht eine explizite Analyse der Folgen einer zunehmenden internationalen Produktionsverflechtung (Globalisierung der Produktion). Beispielsweise kann untersucht werden, ob es im Zeitablauf zu einem „Offshoring“ energieintensiver (emissionsintensiver) Produktionsprozessen gekommen ist.

1.2 CO₂-Emissionen nach UGR- und IPCC-Konzept

Die CO₂-Emissionen werden hier nach dem Konzept der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) berechnet und dargestellt (siehe Kapitel 2.1). Dieses Konzept weicht von dem des In-

¹ Die nationalen Input-Output-Tabellen werden veröffentlicht unter: www.destatis.de

tergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ab, das für die internationale Berichterstattung zu den Treibhausgasen verbindlich ist. Das UGR-Konzept ist umfassender, als das IPCC-Konzept: Zusätzlich zu den Emissionen lt. IPCC enthält es die Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse – in Deutschland überwiegend Holz – und Emissionen aus der internationalen Luftfahrt und Schifffahrt. Diese Emissionen werden in der internationalen Berichterstattung lediglich als „nachrichtliche Angaben“ ausgewiesen. Bei den Gesamtwerten bleiben sie jedoch unberücksichtigt. Außerdem werden nach dem UGR-Konzept die Emissionen aus Auslandsbetankungen im Straßenverkehr (abzüglich Emissionen aus Betankungen von Gebietsfremden) einbezogen. Die Abgrenzung in den UGR orientiert sich an den Definitionen und Abgrenzungen der volkswirtschaftlichen Leistungsgrößen in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR). Nach dem internationalen System der VGR (System of National Accounts, SNA 2008) bezieht sich die Messung der Aktivitäten auf die wirtschaftlichen Einheiten – die Gebietsansässigen (Inländer) – in einem Wirtschaftsgebiet. Die Berechnung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen erfolgt deshalb in den UGR ebenfalls nach dem Inländerkonzept. Dabei werden sowohl bei den inländischen Wirtschaftsbereichen, als auch bei den privaten Haushalten die Transportleistungen und Betankungen außerhalb des Wirtschaftsgebiets einbezogen, die der ausländischen Einheiten im Inland jedoch ausgeschlossen. Unberücksichtigt bleiben bei den Berechnungen hier allerdings die Konsumausgaben der Inländer im Ausland (Reiseausgaben). Die Abgrenzung der Konsumausgaben folgt hier der Abgrenzung in den nationalen Input-Output Tabellen.

1.3 Erstellung der Energie-Input-Output Tabellen für 2000 und 2007 und Berechnung von (Primär-) Energie- und CO₂-Koeffizienten

Zur Implementierung des Energie- und CO₂-Analysemodells wurden in einem ersten Schritt die Arbeiten an der Erstellung einer hinreichend disaggregierten (Energie-) IOT für die Berichtsjahre 2000, 2005, 2006 und 2007 durchgeführt. Ausgehend von der nationalen IOT in einer Gliederung nach 71 Produktionsbereichen wurden hierfür weitere Unterteilungen bei den Energiebereichen und bei anderen bedeutenden energieintensiven Branchen – wie der Chemie und der NE-Metallindustrie vorgenommen (siehe Kapitel 4.3.1). Bei der Unterteilung der Energiesektoren wurde weitgehend die in den Energiebilanzen übliche Gliederung der Gewinnungs- und Umwandlungsbereiche von Energie angewandt. In der Chemie wurde die Grundstoffchemie, in der NE-Metallindustrie die Aluminiumherstellung und Verarbeitung herausgelöst (die aggregierten hybriden Energie-IOT für 2000 und 2006 sind im Anhang enthalten, siehe Tabelle 1 und 2).

Aus Gründen der Rechengenauigkeit wurde bei der Erstellung der IOT und bei der Input-Output Analyse ein hybrider Rechenansatz gewählt. Bei diesem Ansatz enthält die IOT im Nachweis der Vorleistungsverflechtung und der Endverwendung von Gütern sowohl Angaben in monetären, als auch in physischen Einheiten. Methodische Erläuterungen zu diesem Rechenkonzept erfolgen in Kapitel 4.1. Angaben in physischen Einheiten erfolgen in der IOT für die Energiebereiche und für den Bereich der Stahlherstellung und Verarbeitung (hier jedoch nur bei den Berechnungen für die Lieferländer der deutschen Importgüter). Der hybride Rechenansatz ermöglicht – in der Inlandsberechnung – die vollständige Integration der mengenmäßigen Angaben zur Verwendung von Energie aus der Energieflussrechnung der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR). In der Importberechnung können für die Lieferländer die Angaben aus den Energiebilanzen (siehe Kapitel 4.3.2) und aus den Sonderrechnungen für den Stahl- und Aluminiumsektor unmittelbar berücksichtigt werden (Kapitel 4.3.3 und 4.3.4).

Bei der Berechnung der branchenspezifischen CO₂-Koeffizienten konnte – im Unterschied zum Energieeinsatz - für die europäischen Lieferländer auf die NAMEA-Air Tabellen zurückgegriffen werden. Diese Angaben wurden bei den Berechnungen vollständig integriert. Für die außereuropäischen Lieferländer konnten für die Energiebereiche und für die Stahl- und Aluminiumindustrie spezifische Koeffizienten abgeleitet und berücksichtigt werden. Hier ist für einen späteren Berechnungszeitpunkt die Berechnung und Verwendung weiterer branchenspezifischer Koeffizien-

ten – auf Grundlage der Energiebilanzen und Angaben aus den nationalen Emissionsinventaren zu den Treibhausgasen – beabsichtigt.

1.4 Bestimmung der Endnachfrage – Berechnung der Importe nach Herkunftsländern

Bei den Importen wurde eine nach 14 Lieferländern unterteilte Sonderauswertung der Außenhandelsstatistik durchgeführt (siehe Kapitel 4.2.1). Bei den Importen wurden die Wiederausfuhren (Re-Exporte) länderweise geschätzt und aus den Importen herausgerechnet. Die Dienstleistungsimporte wurden länderweise anhand von Angaben aus der Zahlungsbilanzstatistik geschätzt. Die gesamten Importe nach Lieferländern wurden im weiteren Rechenablauf nach Gütern der Endverwendung und Vorleistungsgütern aufgeteilt (siehe Kapitel 1.5).

1.5 Berechnungssegmente der IO-Analyse/ produktions- und verbrauchsorientierter Ansatz

Entsprechend der Berechnungssegmente (siehe Übersicht 2) wurden getrennte Rechenabläufe für die Verwendungskategorien „Export“, „Privater Konsum“ und „Endverwendung insgesamt“ definiert und angelegt.

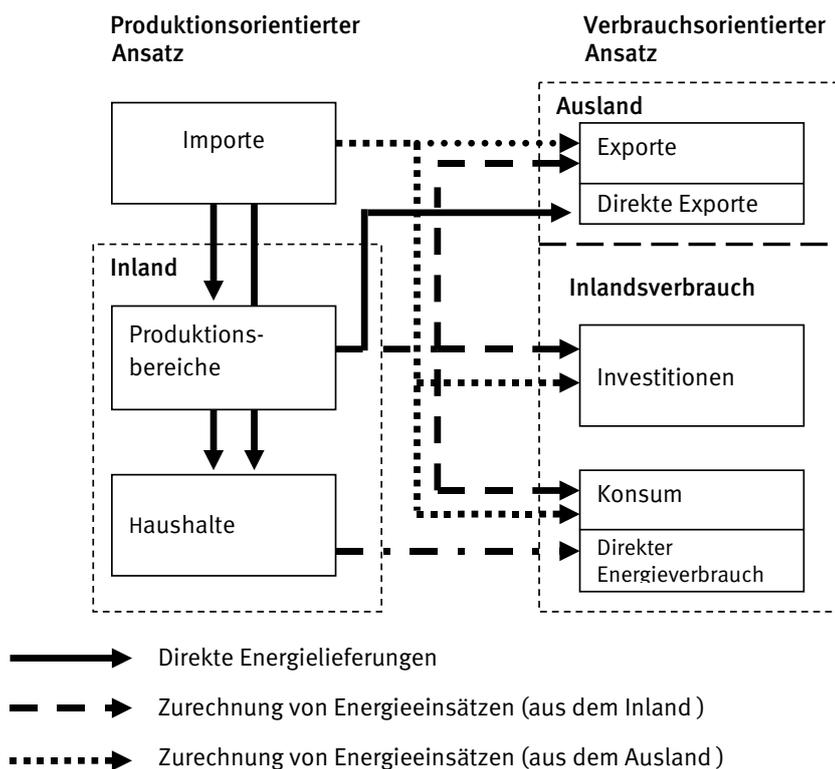
Bei den Importen wird eine getrennte Berechnung für Vorleistungsgüter durchgeführt. Dabei werden für jedes Lieferland zunächst die Importe nach Gütern für die Endverwendung und Vorleistungsgüter unterschieden. Für die Vorleistungsgüter erfolgt anschließend eine Zurechnung zu den Endverwendungskategorien (der inländischen Endnachfrage). Diese Berechnung ermöglicht somit beispielsweise die Berechnung des gesamten Energieaufwands in Zusammenhang mit der Herstellung von Exportgütern. Zusätzlich zum inländischen Produktionsaufwand werden dabei auch die importierten Vorleistungen - mit ihrem Energie- und CO₂-Gehalt – einbezogen, die bei der inländischen Herstellung der Exporte eingesetzt werden.

Die Berechnungen wurden so strukturiert, dass eine Auswertung der Ergebnisse zum Energiegehalt und den CO₂-Emissionen sowohl nach Gütern der Endnachfrage (-Kategorien), als auch nach Produktionsbereichen möglich ist. Dies ermöglicht sowohl eine produktionsorientierte als auch eine verbrauchsorientierte Analyse.

Der Energieverbrauch einer Volkswirtschaft wird meistens mit Bezugnahme auf das Territorium eines Staates nachgewiesen und umfasst den Energieverbrauch auf dem Territorium eines Staates (Territorialprinzip). Die für zeitliche und räumliche Vergleiche wichtigste Energie-Kenngröße – der Primärenergieverbrauch im Inland – bezieht sich auf den inländischen Verbrauch an Primärenergie. Dieser wird durch Abzug der Ausfuhr von Energie und der Bestandsaufstockung von Energie vom Aufkommen an Primärenergie im Inland ermittelt. Der Primärenergieverbrauch einer Volkswirtschaft enthält neben dem gesamten Endenergieverbrauch die Verluste bei der Umwandlung von Energieträgern und den Eigenverbrauch der Energiebereiche zuzüglich des nicht-energetischen Verbrauchs von Energieträgern.

Alternativ zu der territorialbezogenen Erfassung des Energieverbrauchs - und von Treibhausgasen - kann der Energieverbrauch - und die Emission von Treibhausgasen - auch verbrauchsorientiert ermittelt werden. Bei diesem Ansatz ist der Anknüpfungspunkt der inländische Verbrauch von Gütern (Konsum- und Investitionsgüter). Diesem wird der gesamte Energieverbrauch zugerechnet der erforderlich ist, um die im Inland nachgefragten Konsum- und Investitionsgüter (Waren und Dienstleistungen) - im In- und Ausland - herzustellen (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Produktionsorientierter und verbrauchsorientierter Ansatz



Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Übersicht 1: Erfassung des Energieverbrauchs (Luftemissionen) aus Entstehungs- und aus Verbrauchersicht

	Was wird erfasst?	Wo wird erfasst?
Entstehungs-sicht (Territorialbezug)	Direkter Energieverbrauch im Inland (Inlandsbelieferungen) Emissionen auf dem Territorium	Inland: Verbrauchssektoren/ Emittentengruppen: - Kraftwerke, sonst. Umwandlungsber. - Industrie - Haushalte - Kleinverbraucher - Verkehr
Verbrauchs-sicht	Direkte (r) Energieverbrauch / Emissionen der privaten Haushalte zuzüglich Energieverbrauch / Emissionen bei der Herstellung der Güter des Inlandsverbrauchs (Konsumgüter, Investitionen) Ohne Energie / Emissionen bei der Herstellung von Exportgütern Einschl. Energie / Emissionen bei der Herstellung der Importe	Haushalte Produktionsbereiche im Inland Produktionsbereiche im Ausland

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Neben dieser Zurechnung des Energieverbrauchs der Produktionsbereiche enthält der verbrauchsorientierte Ansatz – wie auch der produktionsorientierte Ansatz (oder Territorialansatz) – den direkten Energieverbrauch der privaten Haushalte. Beim verbrauchsorientierten Ansatz wird der Energieaufwand, der im Inland bei der Herstellung von Exportgütern anfällt nicht dem inländischen Verbrauch, sondern dem Verbrauch der übrigen Welt zugerechnet.

Das Modell wurde so aufgebaut, dass eine Berechnung des Energieverbrauchs und der Kohlendioxid (CO₂) –Emissionen nach dem verbrauchsorientierten Ansatz ermöglicht wurde. Dabei werden auf der Verbrauchsseite der Export und der Konsum der privaten Haushalte gesondert betrachtet. Der Energieverbrauch und die Emissionen in Zusammenhang mit der Herstellung von Exportgütern werden bei der Verbrauchssicht nicht dem inländischen Verbrauch sondern dem Ausland „angelastet“. Entstehungsseitig werden der Energieverbrauch der inländischen Produktionsbereiche zur Herstellung von Gütern für den Export und für die Inlandsnachfrage sowie der Energieverbrauch der ausländischen Produktionsbereiche bei der Herstellung der (deutschen) Importgüter unterschieden (Übersicht 2):

Übersicht 2: Berechnungssegmente des Energie-Analysemodells

Energieverbrauch der Produktionsbereiche	Güterkategorien	Zurechnung zu ...	Herkunft
im Inland	H.v. Exportgütern (einschließl. Vorprodukte)	Export	Inland
	H. v. Konsumgütern	Konsum	Inland
	H.v. sonstigen Gütern	Keine explizite Betrachtung!	Inland
im Ausland	H.v. Vorprodukten für Exporte (nach D)	Export	Importe
	H.v. Vorprodukten für Konsumgüter	Konsum	Importe
	H. v. Konsumgütern	Konsum	Importe
	H. v. sonst. Importgütern	Importe	Importe

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Die einzelnen Berechnungssegmente sollen eine tiefer gehende Analyse der Güterkategorien ermöglichen:

Analyse des Konsums:

- Welche Güternachfrage ist mit einem hohen spezifischen Energieeinsatz verbunden?
- Wie hat sich die Energieeinsatz in Bezug auf die monetäre Nachfrage (Energieintensität) im Zeitablauf verändert?
- Welche Anteile am Energiegehalt der Konsumgüter haben das Ausland und welche das Inland?
- Welcher Energieaufwand entsteht bei der Herstellung der Exporte insgesamt?
- Welches Gewicht haben dabei die importierten Vorleistungen, die bei der Herstellung von Exportgütern im Inland eingesetzt werden? Haben sich die Anteile des Inlands und der Importe im Zeitablauf verschoben (off-shoring)?

Analyse der Importe:

- Wie hoch ist der Energieaufwand zur Herstellung der Importgüter insgesamt?
- Welche Herkunftsländer haben welche Anteile am gesamten Energieaufwand?
- Ist der Energieaufwand bei der Herstellung von Gütern im Ausland höher als bei der inländischen Herstellung?
- Ist der gesamte Energieaufwand bei der Herstellung der Importgüter höher als bei der inländischen Herstellung von Exportgütern (erweiterte Außenhandelsbilanz: siehe Abbildung 9)?
- Welche Nachfragefaktoren – Nachfrage nach Fertigerzeugnissen, Rohstoffen und Vorprodukten – tragen zum Energieaufwand im Ausland bei?

2. Ergebnisse

2.1 Die wichtigsten Ergebnisse

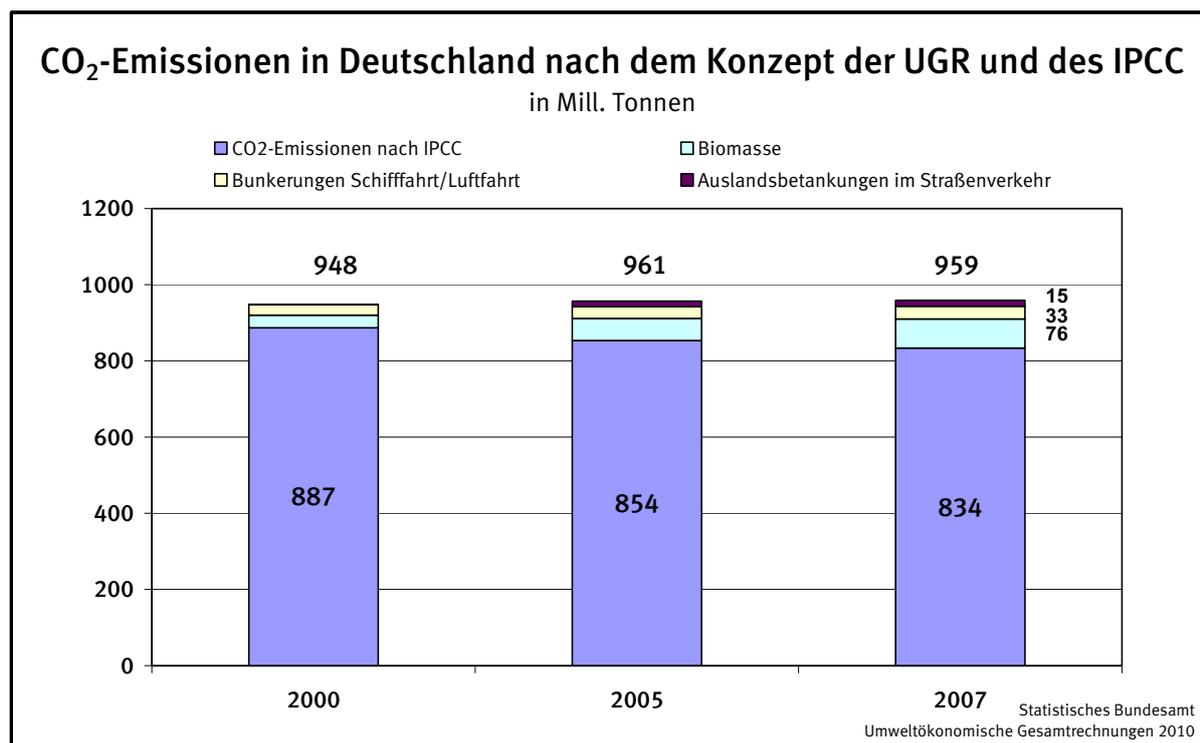
Direkte CO₂-Emissionen im Inland

An direkten CO₂-Emissionen entstanden im Inland – in der Abgrenzung der UGR – im Jahr 2007 959 Mill. Tonnen*). Davon entfielen auf die (inländischen) Produktionsbereiche 755 Mill. Tonnen, auf die privaten Haushalte 204 Mill. Tonnen. Im Jahr 2000 betragen die CO₂-Emissionen 948 Mill. Tonnen.

CO₂-Emissionen aus Biomasse Abgrenzung nach Kyoto-Protokoll

Ursache für den leichten Anstieg der CO₂- (Brutto-) Emissionen im Inland war ein erhöhter Energieverbrauch von Biomasse mit entsprechenden CO₂-Emissionen. Diese Emissionen haben sich zwischen 2000 und 2007 mehr als verdoppelt (2000: 33 Mill. Tonnen, 2007: 76 Mill. Tonnen). Ohne die Emissionen aus Biomasse, aus Auslandsbetankungen und ohne Emissionen aus der internationalen Schifffahrt und Luftfahrt sind die inländischen Emissionen – entsprechend der Abgrenzung des IPCC**) – um 6% von 887 Mill. Tonnen (2000) auf 834 Mill. Tonnen (2007) gesunken.

Abbildung 2: CO₂-Emissionen in Deutschland nach dem Konzept der UGR und des IPCC



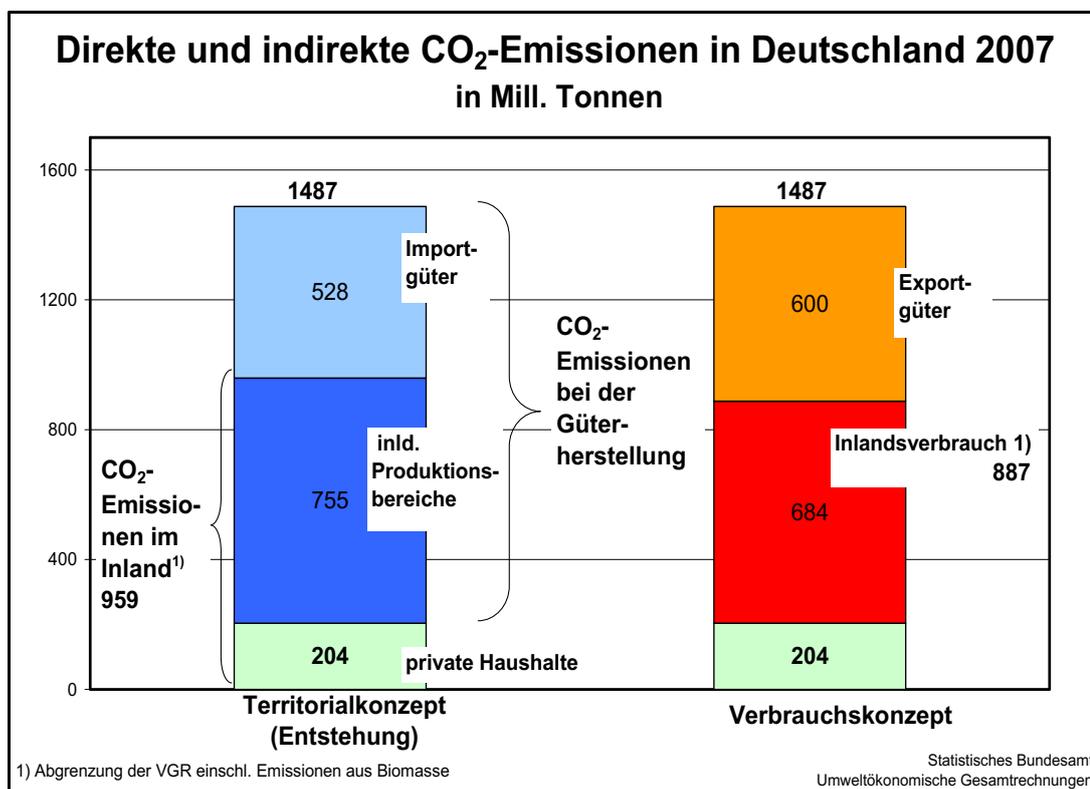
*) Einschließlich Emissionen aus Biomasse, aus Bunkerungen von Gebietsansässigen in der internationalen Schifffahrt und Luftfahrt und aus Auslandsbetankungen im Straßenverkehr.

**) IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. Emissionen ohne die Position "Land use, land use change, forestry" (LULUCF).

Emissionen im Ausland

Bei der Herstellung der Importgüter fallen weitere CO₂-Emissionen an. Diese betragen 2007 528 Mill. Tonnen. Das ist mehr als die Hälfte (55,1 %) der gesamten inländischen Emissionen (2007: 959 Mill. Tonnen). Im Jahr 2000 waren es noch 444 Mill. Tonnen (46,8 %).

Abbildung 3: Direkte und indirekte CO₂-Emissionen in Deutschland 2007



Emissionsentwicklung zwischen 2000 und 2007

Das gesamte Aufkommen an CO₂-Emissionen ist zwischen 2000 und 2007 um 6,9 % von 1 392 Mill. Tonnen auf 1 487 Mill. Tonnen gestiegen und damit sehr viel stärker, als das Aufkommen im Inland (+1,2 % von 948 Mill. Tonnen auf 959 Mill. Tonnen). Die Ursache für diesen Anstieg ist zum einen der stark gestiegene Emissionsgehalt der Importgüter, zum anderen ein sehr kräftiger Anstieg bei den Exporten (+44,2 % von 416 Mill. Tonnen im Jahr 2000 auf 600 Mill. Tonnen im Jahr 2007).

Emissionen der Importgüter

Die CO₂-Emissionen der Importgüter sind zwischen 2000 und 2007 um 19,0 % von 444 Mill. Tonnen auf 528 Mill. Tonnen gestiegen. Die inländischen Emissionen der Produktionsbereiche und der privaten Haushalte haben sich lediglich um 1,2 % von 948 auf 959 Mill. Tonnen erhöht. Damit sind CO₂-Emissionen vom Inland auf das Ausland verlagert worden. Eine Hauptursache für diese Verlagerung liegt in dem weit überdurchschnittlichen Wachstum der Emissionen von Importgütern, die bei der Herstellung von Exportgütern benötigt werden.

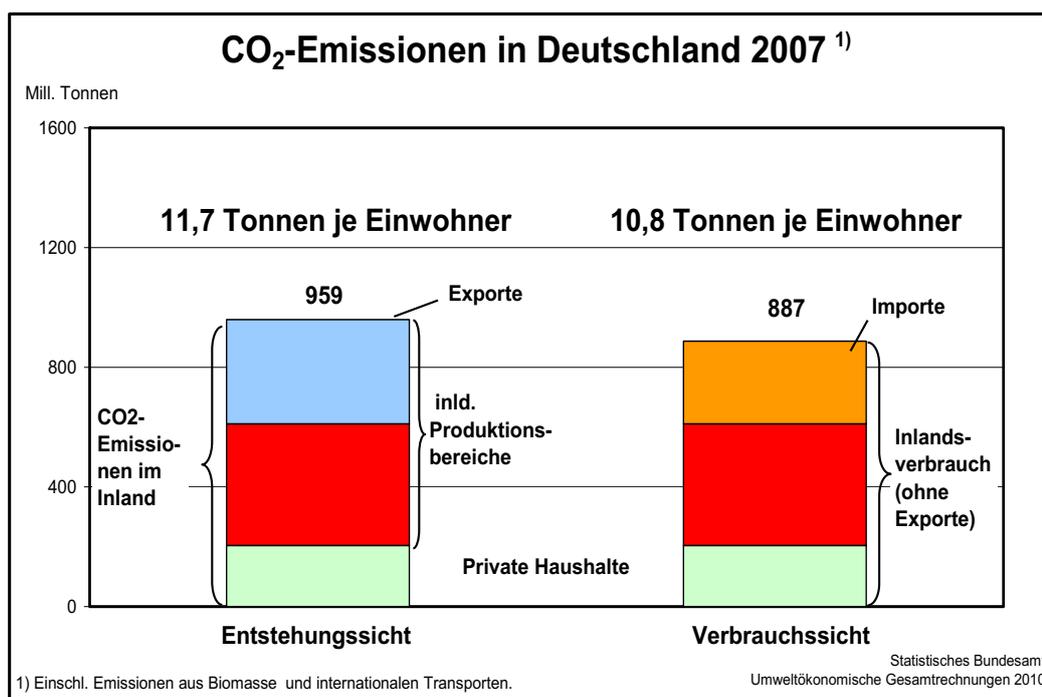
Emissionen je Einwohner aus Entstehungssicht

Aus Entstehungssicht entfielen auf jeden Einwohner im Jahr 2007 11,7 Tonnen an CO₂-Emissionen. Diese Emissionen umfassen die gesamten im Inland entstandenen Emissionen. Aus Verbrauchssicht betragen die Pro-Kopf-Emissionen 10,8 Tonnen. Die Emissionen aus Verbrauchssicht waren niedriger, als die Emissionen aus Entstehungssicht, weil insgesamt mehr Emissionen bei der Herstellung von Exportgütern anfielen, als bei der Herstellung der Importe.

Emissionen je Einwohner aus Verbrauchssicht

Die Emissionen aus Verbrauchssicht enthalten nur die Emissionen aus dem Inlandsverbrauch von Gütern und aus dem Direktverbrauch von Brenn- und Kraftstoffen der privaten Haushalte. Sie schließen auch die CO₂-Emissionen bei der Herstellung der Importgüter für den Inlandsverbrauch ein. Sie enthalten jedoch nicht die Emissionen bei der Herstellung von Exportgütern, die aus Verbrauchssicht den Ländern zuzurechnen sind, für die die Exporte bestimmt sind.

Abbildung 4: CO₂-Emissionen in Deutschland 2007 je Einwohner



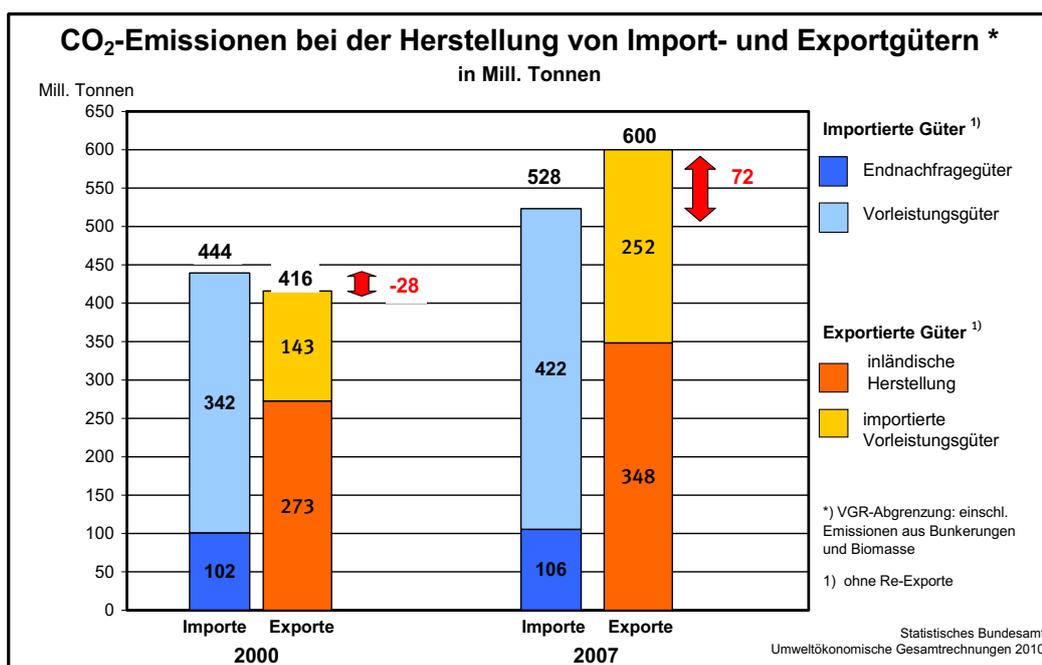
Emissionsgehalt der Exporte

Noch stärker als die Emissionen der Importgüter sind die Emissionen in Zusammenhang mit den Exportgütern angewachsen. Sie stiegen um 44,2 % von 416 Mill. Tonnen auf 600 Mill. Tonnen.

Außenhandelssaldo der CO₂-Emissionen

Der Emissionsgehalt der Exportgüter ist im Jahr 2007 um 72 Mill. Tonnen höher als der der Importe. Im Jahr 2000 war der Emissionsgehalt der Importe noch um 28 Mill. Tonnen höher als der der Exporte.

Abbildung 5: CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Import- und Exportgütern



CO₂-Emissionen der Exporte und inländische Produktion

Von den gesamten inländischen Emissionen der Produktionsbereiche steht im Jahr 2007 bereits knapp die Hälfte (46,1 %) in Zusammenhang mit der Herstellung von Exportgütern. Im Jahr 2000 waren dies erst 38,1 %.

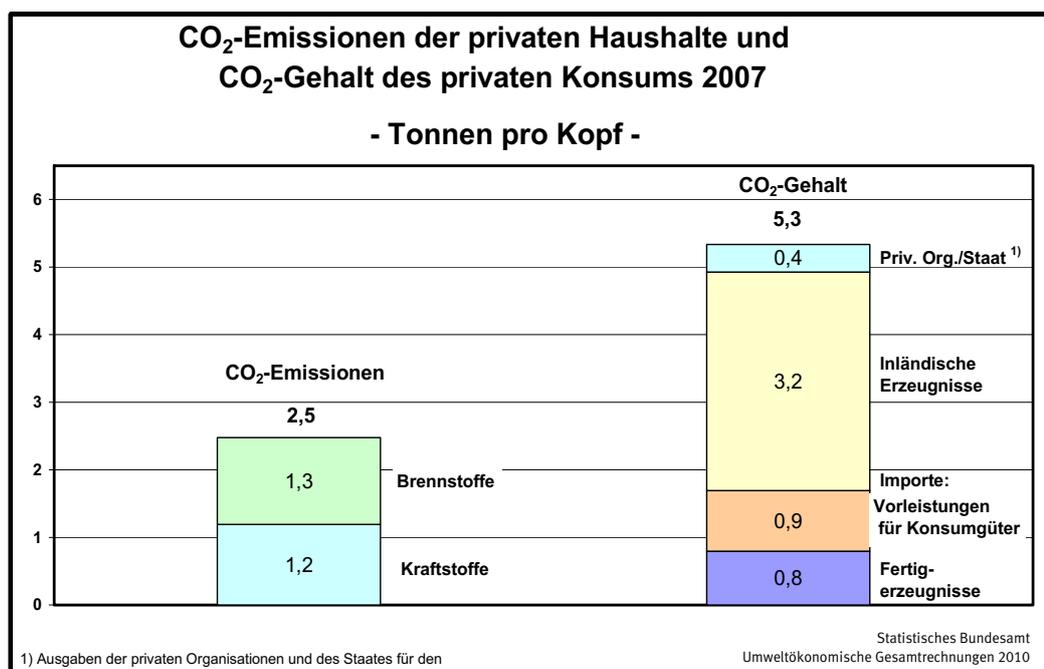
Emissionen auf importierten Vorprodukten

Ein hoher Anteil der gesamten Emissionen der Exporte entfällt auf Vorprodukte und Materialien aus dem Ausland. Die Emissionen bei der Herstellung dieser Vorprodukte betragen im Jahr 2007 42 % des Emissionsgehalts der Exportgüter, im Jahr 2000 waren es erst 34 %.

CO₂-Emissionen der privaten Haushalte (carbon-footprint)

Die gesamten den privaten Haushalten zurechenbaren CO₂-Emissionen (carbon-footprint) betragen im Jahr 2007 im Durchschnitt 7,8 Tonnen. Die CO₂-Emissionen in Verbindung mit den Konsumgütern (5,3 t) machten dabei mehr als das Doppelte der direkten CO₂-Emissionen (2,5 Tonnen) der privaten Haushalte aus.

Abbildung 6: CO₂-Emissionen der privaten Haushalte und CO₂-Gehalt der Privaten Konsums 2007 (pro Kopf)



Direkte CO₂-Emissionen der Haushalte

Die direkten CO₂-Emissionen der privaten Haushalte fallen zu etwa gleichen Teilen beim Einsatz von Brennstoffen (1,3 Tonnen) und von Kraftstoffen (1,2 Tonnen) an.

CO₂-Gehalt der Konsumgüter

Vom gesamten CO₂-Gehalt der Konsumgüter (2007: 4,9 Tonnen ohne Emissionen der Privaten Organisationen und des Staates) entfallen 1,7 Tonnen bzw. 35 % auf Emissionen bei der Herstellung von importierten Konsumgütern (einschl. importierte Vorleistungen zur Herstellung von Konsumgütern im Inland). Bei den Käufen beträgt der Importanteil 24,9 %. Das bedeutet, dass Importgüter im Vergleich zu inländischen Gütern im Durchschnitt mit einem höheren Aufwand an Energie und CO₂-Emissionen je Euro-Wert hergestellt werden. 3,2 Tonnen CO₂ pro Kopf – das sind 65 % der gesamten indirekten Emissionen – fallen bei der inländischen Herstellung von Konsumgütern an.

Emissionsgehalt der Konsumgüter aus inländischer Herstellung

Im Inland fallen die meisten Emissionen bei der Bereitstellung von Elektrizität an: 2007 waren dies 36 % der gesamten inländischen Emissionen. Der zweithöchste Anteil entfällt auf die Handelsleistungen in Zusammenhang mit den Konsumgü-

terkäufen. Auf sie entfielen 13,1 %. Es folgen die Emissionen aus (fremden) Verkehrsleistungen mit einem Anteil von 9,3 %.

Emissionsgehalt der Importe – Ernährungsgüter, Kfz

Bei den Importen fallen die meisten CO₂-Emissionen bei der Herstellung der Ernährungsgüter an: 2007 waren dies 13,9 % der gesamten auf die importierten Fertigerzeugnisse entfallenden Emissionen. Die zweithöchsten Emissionen wurden durch die Kfz-Importe verursacht (13,4 %).

Öffentliche Dienstleistungen für den Individualverbrauch

Bei der Erbringung von Dienstleistungen der privaten Organisationen und des Staates für den Individualverbrauch (ohne Leistungen der öffentlichen Verwaltung) entstehen weitere Emissionen. Diese können ebenso – wie bei den Ausgaben – den privaten Haushalten zugerechnet werden. Diese Dienstleistungen im Bereich von Bildung (Erziehung und Unterricht), Gesundheit (Arzt- und Krankenhausleistungen) und Kultur und Sport verursachten CO₂-Emissionen in Höhe von 0,4 Tonnen pro Einwohner.

2.2 Aufkommen und Verwendung von Energie und CO₂

Das direkte Aufkommen an Energie (= gesamte Verwendung von Energieträgern) betrug 2007 in Deutschland 25,5 EJ. Bereinigt um Doppelzählungen an Energie aus der inländischen Umwandlung von Energieträgern ergeben sich ein Aufkommen an (direkter) Primärenergie (= Primärenergieverbrauch) von 16,7 EJ und ein Primärenergieverbrauch (PEV) im Inland von 14,3 EJ (= 16,7 – 2,4 EJ Exporte).

Tabelle 1: Aufkommen und Verwendung von Energie 2000 und 2007

Kategorie	2000	2007	2000	2007	2000	2007
	Direkt		Indirekt 1)		Kumuliert	
Petajoule						
1 Gewinnung im Inland	12.099	13.163			12.099	13.163
2 + Importe	12.279	12.472	7.488	8.826	19.767	21.297
3 = Aufkommen	24.378	25.635	7.488	8.826	31.866	34.460
4 - Umwandlungsausstoß	8.307	8.912			8.307	8.912
5 = Aufkommen Primärenergie	16.071	16.723	7.488	8.826	23.560	25.549
6 - Produktionsbereiche	10.381	10.580	-10.381	-10.580	0	0
7 = Endnachfrage	5.690	6.143	17.869	19.405	23.560	25.549
8 - Exporte	1.792	2.428	6.963	9.576	8.755	12.004
9 = Inlandskonsum	3.898	3.715	10.907	9.830	14.805	13.545
10 darunter: private Haushalte / Privater Konsum	3.914	3.570	6.218	5.745	10132	9.315
Anteile in %						
1 Gewinnung im Inland					38,0	38,2
2 Importe	76,4	74,6	41,9	45,5	62,0	61,8
3 Aufkommen					100,0	100,0
4 Umwandlungsausstoß	23,6	25,4				
5 Aufkommen Primärenergie	100,0	100,0			100,0	100,0
6 Produktionsbereiche	64,6	63,3	58,1	54,5		
7 Endnachfrage			100,0	100,0		
8 darunter: Exporte	11,1	14,5	39,0	49,3	37,2	47,0
10 Private Haushalte / Privater Konsum	24,4	21,3	34,8	29,6	43,0	36,5

1) Energieeinsatz bei der Güterherstellung.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Bei der Herstellung der Importgüter fallen – im Ausland – weitere 8,8 EJ an Energie an. Das sind 52,7 % (= 8,8 / 16,7 EJ) des inländischen Aufkommens an Primärenergie. Zusammen mit der inländischen Primärenergie ergibt sich ein kumuliertes Aufkommen an Primärenergie von 25,5 EJ. Nach Abzug der direkten Exporte von Energieträgern und des Energiegehalts der Exportgüter ergibt sich ein (kumuliertes) Energieaufkommen im Inland von 13,5 EJ. Dies ist der gesamte, dem Inlandskonsum zurechenbare Energieverbrauch.

Direkter Energieverbrauch im Inland	16,7 EJ (Entstehungssicht)
+ Energiegehalt der Importgüter	8,8 EJ
= Kumuliertes Aufkommen	25,5 EJ
- Energiegehalt Exportgüter	12,0 EJ
= Aufkommen Inlandskonsum	13,5 EJ (verbrauchsorientierte Sicht)
davon:	
Direkter Energieverbrauch priv. HHe	3,6 EJ
Energiegehalt Inlandskonsum	9,8 EJ

Der Energieaufwand bei der Herstellung der Importgüter ist zwischen 2007 und 2000 um 17,9 % gestiegen und damit sehr viel stärker als das Aufkommen an Primärenergie (4,1 %). Noch stärker als der Energiegehalt der Importgüter ist der Energieaufwand bei der Herstellung der Exporte angestiegen – um 37,5 %. Nach Abzug des kumulierten Energiegehalts der Exporte ergibt sich für den kumulierten Primärenergieverbrauch im Inland (Inlandskonsum) ein Rückgang von 14,8 EJ (2000) auf 13,5 EJ (2007). Das entspricht einem prozentualen Rückgang im Jahr 2007 von knapp 9 % gegenüber dem Jahr 2000.

Abbildung 7: Energieverbrauch und Energieeinsatz bei der Güterherstellung 2007

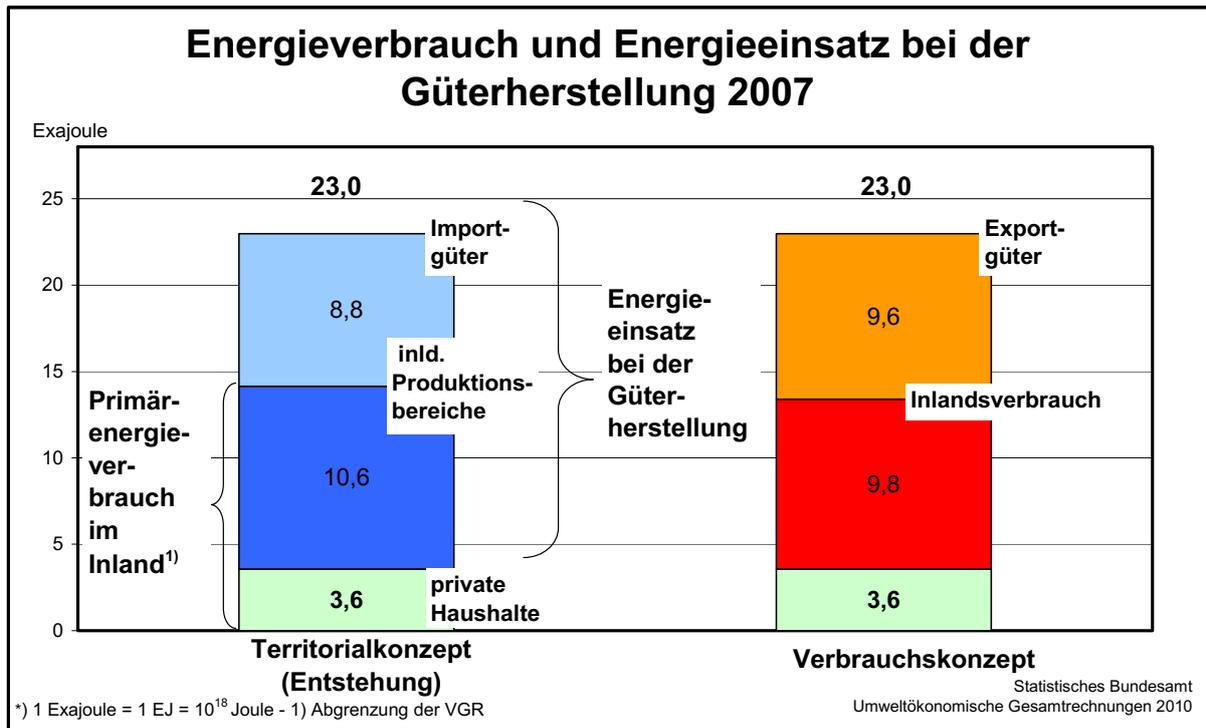


Tabelle 2: Aufkommen an CO₂-Emissionen

Kategorie	2000	2007	2000	2007	2000	2007
	Direkt		Indirekt 1)		kumuliert	
Mill. Tonnen						
1 Entstehung im Inland 2)	948	959			948	959
2 + Importe			444	528	444	528
3 = Aufkommen	948	959	444	528	1.392	1.487
4 - Produktionsbereiche	716	755	-716	-755	0	0
5 = Aufkommen bereinigt	232	204	1.159	1.284	1.392	1.487
6 - Exporte			416	600	416	600
7 = Inlandskonsum	232	204	743	684	976	887
8 darunter: private Haushalte / Privater Konsum	232	204	422	405	654	609
Anteile in %						
1 Entstehung im Inland 2)	100,0	100,0			68,1	64,5
2 Importe			38,3	41,2	31,9	35,5
3 Aufkommen	100,0	100,0	38,3	41,2	100,0	100,0
4 Inld. Produktionsbereiche	75,5	78,8	61,7	58,8		
5 Aufkommen bereinigt			100,0	100,0	100,0	100,0
6 Exporte			35,9	46,7	29,9	40,3
7 Inlandskonsum			64,1	53,3	70,1	59,7
8 darunter: private Haushalte / Privater Konsum	24,5	21,2	36,4	31,6	47,0	40,9

1) CO₂-Emissionen bei der Güterherstellung.

2) Einschl. Emissionen aus Bunkerungen und Biomasse.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

An direkten CO₂-Emissionen entstehen im Inland – in der Abgrenzung der VGR² – 2007 959 Mill. Tonnen. Davon entfallen auf die (inländischen) Produktionsbereiche 755 Mill. Tonnen, auf die privaten Haushalte 204 Mill. Tonnen. Bei der Herstellung der Importgüter sind 2007 CO₂-Emissionen i.H. von 528 Mill. Tonnen angefallen. Das ist mehr als die Hälfte – 55,1 % – der inländischen Emissionen.

Der CO₂-Gehalt der Endnachfragegüter (indirekte Emissionen) stieg zwischen 2000 und 2007 um 10,7 % von 1 159 Mill. auf 1 284 Mill. Tonnen. Damit erhöhten sich die CO₂-Emissionen stärker als der Energiegehalt der Güter (2007/2000: + 8,6%).

Zusammen mit den direkten Emissionen ergeben sich für 2007 kumulierte Emissionen von 1 487 Mill. Tonnen. Nach Abzug des CO₂-Gehalts der Exporte vom gesamten Aufkommen ergibt sich für den Inlandskonsum ein CO₂-Gehalt von 887 Mill. Tonnen.

Direkte Emissionen im Inland	959 Mill. Tonnen (Entstehungssicht)
+ Emissionen der Importgüter	528 Mill. Tonnen
= Kumuliertes Aufkommen	1 487 Mill. Tonnen
- Emissionen Exportgüter	600 Mill. Tonnen
= Emissionen Inlandskonsum	887 Mill. Tonnen (verbrauchsorientiert)
darunter:	
Direkte Emissionen private Haushalte	204 Mill. Tonnen
Emissionsgehalt des priv. Konsums	405 Mill. Tonnen

² Einschließlich Emissionen aus Biomasse und von Bunkerungen von Gebietsansässigen in der internationalen Schifffahrt und Luftfahrt und von Auslandsbetankungen Gebietsansässiger.

Der verbrauchsorientierte Gesamtwert der CO₂-Emissionen liegt mit 887 Mill. Tonnen um 72 Mill. Tonnen – das sind 7,5 % – unter den auf dem Territorium entstandenen Emissionen.

Das (kumulierte) Aufkommen an CO₂-Emissionen ist zwischen 2000 und 2007 um 6,9 % von 1 392 Mill. Tonnen auf 1 487 Mill. Tonnen gestiegen und damit sehr viel stärker, als das Aufkommen im Inland (+1,2% von 948 Mill. Tonnen auf 959 Mill. Tonnen). Die Ursache für diesen Anstieg ist der stark gestiegene Energiegehalt der Importgüter, der sich um 19,0 % (von 444 Mill. Tonnen auf 528 Mill. Tonnen) erhöht hat.

Noch stärker als die Emissionen der Importgüter sind die CO₂-Emissionen der Exportgüter angestiegen – um 44,2% (von 416 Mill. Tonnen auf 600 Mill. Tonnen).

Für die Güter des Inlandsverbrauchs ergibt sich ein Rückgang der CO₂-Emissionen um 3,9%. Der CO₂-Gehalt der Konsumgüter ist von 422 Mill. Tonnen (2000) auf 405 Mill. Tonnen gesunken (näheres siehe Abschnitt 2.6.).

2.3 Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern (indirekter Energieverbrauch bzw. indirekte Emissionen)

Energie

Der Energiegehalt der gesamten Endnachfrage von Gütern (Inlandskonsum und Exportgüter) ist zwischen 2000 und 2007 um 8,6 % von 17,9 EJ auf 19,4 EJ gestiegen. Dies ist insbesondere auf die gestiegene Endnachfrage nach Gütern zurückzuführen, die einen erhöhten Energieeinsatz erforderte.

**Tabelle 3: Endnachfrage nach Gütern und Energieeinsatz bei deren Herstellung
2000 bis 2007**

Endnachfragekategorien	2000	2005	2007	07-00
	Mrd. EUR			VÄ in %
Endnachfrage aus ...				
1 inländischer Produktion	2.261	2.504	2.768	22,4
2 Importe (Endnachfrage) 1)	180	182	210	16,9
3 zusammen (1+2)	2.441	2.686	2.978	22,0
4 importierte Vorleistungen	358	426	526	46,8
5 Importe insgesamt (2+4) 1)	538	608	736	36,8
6 Verwendung insgesamt (3+4)	2.799	3.112	3.504	25,2
	% von Verwendung			VÄ in %-Pkt.
Endnachfrage aus ...				
1 inländischer Produktion	80,8	80,5	79,0	-1,8
2 Importe (Endnachfrage) 1)	6,4	5,8	6,0	-0,4
3 zusammen (1+2)	87,2	86,3	85,0	-2,2
4 importierte Vorleistungen	12,8	13,7	15,0	2,2
5 Importe insgesamt (2+4) 1)	19,2	19,5	21,0	1,8
6 Verwendung insgesamt (3+4)	100,0	100,0	100,0	
	Petajoule			VÄ in %
Energie zur Herstellung von				
1 inländischer Produktion	10.381	10.617	10.580	1,9
2 Importe (Endnachfrage)	1.677	1.601	1.714	2,2
3 zusammen (1+2)	12.059	12.219	12.294	2,0
4 importierte Vorleistungen	5.811	6.376	7.112	22,4
5 Importe insgesamt (2+4)	7.488	7.977	8.826	17,9
6 Indirekte Energie insgesamt (3+4)	17.869	18.594	19.405	8,6
	% von Energie insg.			VÄ in %-Pkt.
Energie zur Herstellung von				
1 inländischer Produktion	58,1	57,1	54,5	-3,6
2 Importe (Endnachfrage)	9,4	8,6	8,8	-0,6
3 zusammen (1+2)	67,5	65,7	63,4	-4,1
4 importierte Vorleistungen	32,5	34,3	36,6	4,1
5 Importe insgesamt (2+4)	41,9	42,9	45,5	3,6
6 Indirekte Energie insgesamt (3+4)	100,0	100,0	100,0	

1) Ohne wiederausgeführte Güter

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Allerdings beeinflussen auch andere Faktoren wie die Zusammensetzung des Energieverbrauchs nach Energieträgern, die Effizienz der Energiegewinnung und die Herkunft der Importe nach Lieferländern die Ergebnisse zum gesamten Energiegehalt.

Die gesamte Endnachfrage erhöhte sich – in jeweiligen Preisen – in diesem Zeitraum um 25,2 %. Dabei weisen die Importe ein sehr viel stärkeres Wachstum, als die inländische Produktion auf. Sie stiegen nominal um 36,8%, während die Endnachfrage aus inländischer Produktion lediglich um 22,4 % zulegte. Ein besonders hohes Wachstum verzeichneten die Importe von Vorleistungsgütern mit einem Anstieg von knapp 47 % zwischen 2000 und 2007.

In Folge dieser erhöhten Nachfrage nach Importgütern erhöhte sich der Energiegehalt der Importe zwischen 2000 und 2007 mit einem Anstieg von 17,9 % weit überdurchschnittlich. Der Energiegehalt der Erzeugnisse aus inländischer Produktion stieg dagegen mit 1,9 % nur leicht an.

Ursache für das hohe Wachstum der Importe war insbesondere der Anstieg bei den importierten Vorleistungen. Die stark gestiegene Nachfrage nach diesen Gütern führte zu einem Anstieg des Energiegehalts um 22,4 % (von 5,8 EJ im Jahr 2000 auf 7,1 EJ in 2007). Der Energiegehalt der gesamten Importe ist von 7,5 EJ (2000) auf 8,8 EJ (2007), d.h. um 17,9 % gestiegen. Rund 80 % des gesamten Energieaufwands im Ausland zur Herstellung der Importgüter fallen damit bei der Herstellung der importierten Vorleistungsgüter an.

Das starke Wachstum der importierten Vorleistungen steht in engem Zusammenhang mit dem kräftigen Wachstum der Exporte. Durch eine verstärkte Verlagerung von (Teil-) Fertigungsprozessen ins Ausland und durch einen erhöhten Bezug von Vorprodukten aus dem Ausland – auf Grund einer veränderten internationalen Arbeitsteilung – wurden bei der Herstellung der Exportgüter verstärkt importierte Vorleistungen verwendet (siehe Abschnitt 2.4., Tabelle 5).

Tabelle 4: CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Gütern nach Verwendungskategorien

Verwendungskategorien	2000	2007	07/00	2000	2007
Güter aus inländischer Produktion und Einfuhr					
	Mill. Tonnen		%	% von insgesamt	
Endnachfrage insgesamt	1159	1284	10,7	100,0	100,0
Export	416	600	44,2	35,9	46,7
Letzte inländische Verwendung	743	684	-8,0	64,1	53,3
darunter:					
Konsum der privaten Haushalte	422	405	-3,9	36,4	31,6
Güter aus inländischer Produktion					
	Mill. Tonnen		%	% von insgesamt	
Endnachfrage insgesamt	716	755	5,6	100,0	100,0
Export	273	348	27,7	38,1	46,1
Letzte inländische Verwendung	443	407	-8,0	61,9	53,9
darunter:					
Konsum der privaten Haushalte	279	266	-4,5	38,9	35,2
Konsum der privaten Organisationen	5	4	-7,2	0,7	0,6
Konsum des Staates	52	47	-8,1	7,2	6,3
Anlageinvestitionen	89	72	-19,0	12,4	9,5
Vorräte	19	18	x	2,7	2,3
Importe					
	Mill. Tonnen		%	% von insgesamt	
Endnachfrage insgesamt	444	528	19,0	100,0	100,0
Export	143	252	75,7	32,3	47,7
Letzte inländische Verwendung	300	276	-8,0	67,7	52,3
davon					
Konsum der privaten Haushalte	143	139	-2,8	32,3	26,4

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Bei der Herstellung der Güter des Inlandskonsums und der Exporte wurden 2007 insgesamt 1 284 Mill. Tonnen CO₂ freigesetzt. Auf die Fertigung der Exportgüter entfielen dabei 46,7 %, auf die Herstellung der Konsumgüter knapp 31,6%. Die restlichen Emissionen sind den Investitionsgütern und den Gütern des Staatskonsums zuzurechnen. Der CO₂-Gehalt der Exporte ist zwischen 2000 und 2007 um gut 44 % auf 600 Mill. Tonnen gestiegen. Der CO₂-Gehalt der Konsumgüter sank dagegen um 3,9 % von 422 auf 405 Mill. Tonnen.

Damit ist die Fertigung der Exportgüter die bedeutendste Quelle für die Entstehung der CO₂-Emissionen. Dies gilt sowohl für die Fertigung im Inland (Anteil der Exporte: 46,1 %), als auch bei den Importen. Bei den Importen weisen insbesondere die Vorleistungsimporte zur Herstellung von Exportgütern im Inland einen hohen Anstieg von 75,7% auf. 47% der auf Importgüter entfallenden CO₂-Emissionen stehen im Zusammenhang mit den Exporten.

2.4 CO₂-Emissionen der Importe und Exporte

Importe

528 Mill. Tonnen, das sind 41 % der gesamten CO₂-Emissionen in Zusammenhang mit der Güterproduktion, entfielen 2007 auf die Herstellung von Importgütern. Im Jahr 2000 waren es noch 444 Mill. Tonnen bzw. 38,3 %. Damit sind die Emissionen der Importgüter 2007 um 19,0 % gegenüber 2000 angewachsen.

Einen besonders hohen Anstieg von gut 75 % verzeichneten dabei die Emissionen der Importgüter in Verbindung mit den Exporten. Dabei handelt es sich um die Emissionen bei der Fertigung von importierten Vorleistungsgütern, die für die inländische Herstellung der Exportgüter benötigt werden. 42% der auf die Exporte insgesamt entfallenden Emissionen sind inzwischen diesen Importen zuzurechnen.

Die Emissionen in Verbindung mit den importierten Vorleistungen für Exporte stehen in engem Zusammenhang mit der inländischen Exportgüterproduktion.

Tabelle 5: Exporte von Gütern und importierte Vorleistungen

Produktionsbereiche / Güter	Export 2007 Rang	Exporte			Importierte Vorleist. /		
		2000	2007	07/00	2000	2007	VÄ in
		Mrd. EUR		%	%	%	%-Pkt.
Kraftwagen und Kraftwagenteile	1	101,3	157,3	55,3	21,9	25,2	3,3
Maschinen	2	75,2	123,6	64,3	25,1	25,7	0,6
Chemische Erzeugnisse (oh. pharm. Erz.)	3	51,2	73,2	43,0	24,5	24,9	0,4
HV- und Großhandelsleistungen	4	34,2	52,6	53,7	8,7	9,5	0,8
Geräte der Elektrizitätserzeugung u.ä.	5	24,7	37,2	50,5	20,7	23,8	3,0
NE-Metalle und Halbzeug daraus	10	12,6	28,6	127,1	45,9	57,9	12,0
Büromaschinen, EDV-Geräte u.ä.	24	6,7	8,7	30,2	42,6	54,4	11,8
Insgesamt		576,6	940,1	63,1	18,6	21,3	2,7

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen

Tabelle 5 zeigt das hohe nominale Wachstum der Exporte (inländische Produktion ohne Re-Exporte) zwischen 2000 und 2007 von 63,1 %. Die fünf wertmäßig bedeutendsten Produktionsbereiche steigerten ihre Exporte zwischen 43 % und 64 %.

Der Anteil der importierten Vorleistungen an den gesamten Vorleistungen ist insgesamt von 18,6% auf 21,3 % gestiegen. Einen besonders hohen Anstieg wiesen der NE-Metallbereich und die H.v. Büromaschinen und EDV-Geräten auf.

Betrachtet man nur die Waren und lässt die – weniger CO₂-intensive – Erstellung von Dienstleistungen außer Betracht, dann ist der Anteil der Warenimporte an der gesamten Verwendung von Waren von 28,3 % (2000) auf 30,3 % (2007) gestiegen.

Diese Faktoren – das dynamische Exportwachstum und der erhöhte Bezug von importierten Vorleistungen – haben wesentlich zu dem Anstieg der CO₂-Emissionen der Importgüter beigetragen.

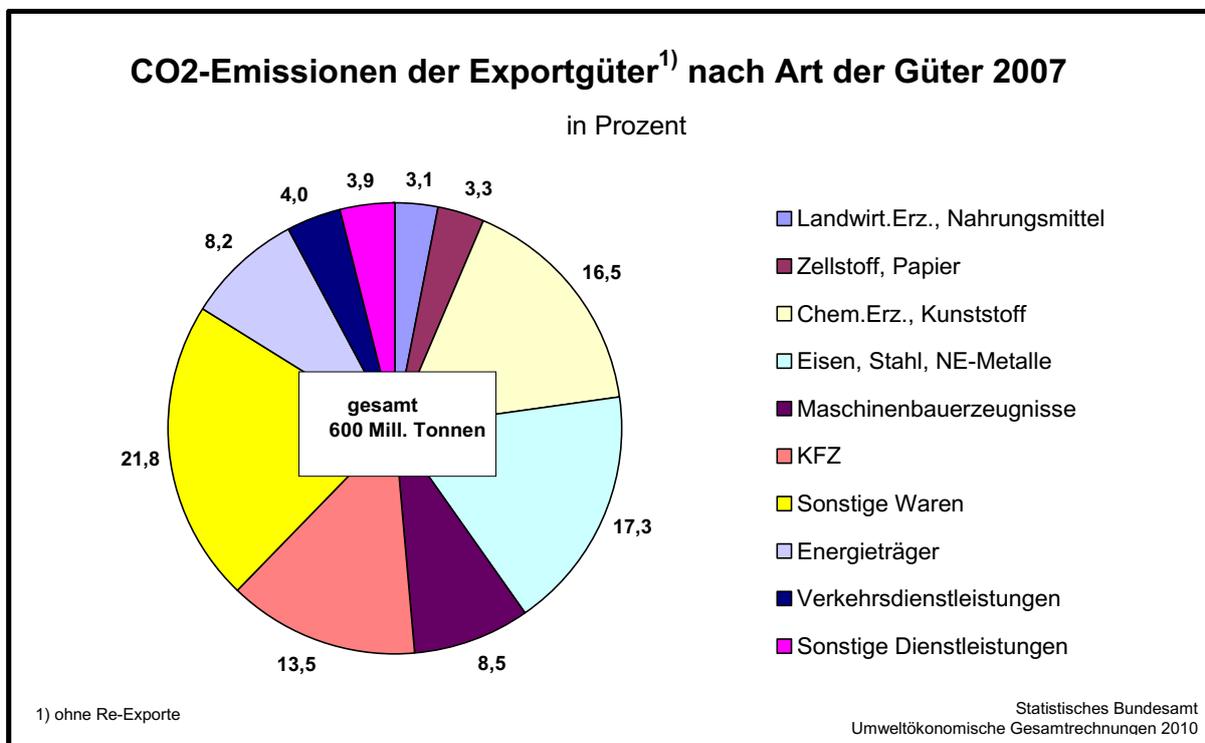
Bei den CO₂-Emissionen der Importgüter nach Produktionsbereichen hat die Elektrizitätserzeugung (35,2%) den höchsten Anteil. An zweiter Stelle folgt die Stahlerzeugung mit einem Anteil von 28,3%.

Exporte

Auf die CO₂-Emissionen der Exportgüter entfielen 2007 600 Mill. Tonnen. Im Jahr 2000 waren es 416 Mill. Tonnen. Damit sind zwischen 2000 und 2007 die CO₂-Emissionen durch Exportgüter um 44,2 % gestiegen.

Bei den Exportwaren hatten die höchsten Anteile an den CO₂-Emissionen die Eisen und Stahlerzeugnisse/NE-Metalle (17,3%), gefolgt von den chemischen Erzeugnissen/Kunststoffen (16,5%). Die KFZ haben einen Anteil von 13,5% an den CO₂-Emissionen der Exportgüter und die Energieträger 8,2%.

Abbildung 8: CO₂-Emissionen der Exportgüter nach Art der Güter 2007



2.5 Außenhandelssaldo für Energie und CO₂

CO₂-Emissionen

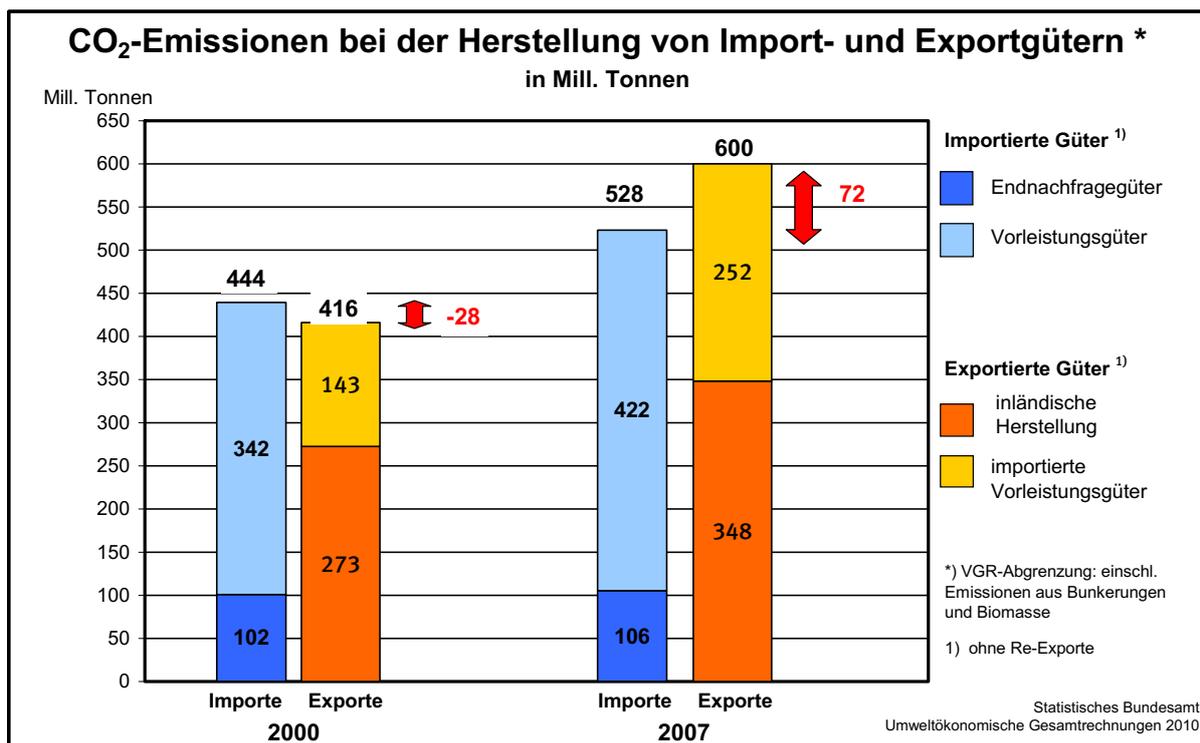
Tabelle 6: CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Importen und Exportgütern
2000 bis 2007

	Verwendungskategorien	2000	2005	2007	07-00
		Mrd. €			VÄ in %
1	Importe	538	608	736	36,8
2	Endnachfragegüter	180	182	210	16,9
3	Importierte Vorleistungen	358	426	526	46,8
4	Exporte	670	900	1116	66,6
5	Re-Exporte	93	140	176	88,8
6	Netto-Exporte (inld. Prod.) (4 - 5)	577	760	940	63,1
7	Inländische Produktion insg.	3786	4187	4651	22,8
8	dar. Endnachfragegüter	2261	2504	2768	22,4
	Außenhandelssaldo:				
9	Exporte-Importe	39	152	204	
		Anteile in %			VÄ in %- Pkt.
10	Netto-Exporte	25,5	30,4	34,5	9,0
11	Produktion v. Endnachfragegütern	100,0	100,0	100,0	
		CO₂-Gehalt			
	CO ₂ z. H. der ...	Mill t			VÄ in %
12	Importe	444	452	528	19,0
13	Endnachfragegüter	102	95	106	4,5
14	Importierte Vorleistungen	342	357	422	23,4
15	Netto-Exporte	416	504	600	44,2
16	inländische Produktion	273	316	348	27,7
17	importierte Vorleistungsgüter	143	188	252	75,7
18	Inländische Produktion insgesamt	716	733	755	5,6
19	Indirekte CO ₂ insges. (12 + 18)	1159	1185	1284	10,7
20	Exporte - Importe (15 - 12)	-28	52	72	
		Anteile in %			VÄ in %- Pkt.
22	Netto-Exporte (inländische Produktion)	38,1	43,1	46,1	8,9
23	Inländische Produktion	100,0	100,0	100,0	

*) Ohne wiederausgeführte Güter

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2

Abbildung 9: CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Import- und Exportgütern



Bei der Herstellung der Exportgüter sind 2005 und 2007 insgesamt mehr CO₂-Emissionen entstanden, als bei der Herstellung der Importgüter. Der Exportüberschuss betrug 2007 72 Mill. Tonnen CO₂.

CO₂-Emissionen 2007

Exportgüter	600 Mill. Tonnen
davon:	
aus inländischer Herstellung	348 Mill. Tonnen
Importierte Vorleistungen	252 Mill. Tonnen
Importgüter	528 Mill. Tonnen
Saldo Exporte abzgl. Importe	72 Mill. Tonnen

Die CO₂-Emissionen aus der inländischen Herstellung von Exportgüter sind von 273 Mill. Tonnen (2000) auf 348 Mill. Tonnen (2007) gestiegen (+ 27,7 %). Ursache für dieses hohe Wachstum war der Anstieg der Produktion von Exportgütern, die sich – nominal – um 63,1 % erhöhte. Die Emissionen der inländischen Produktionsbereiche bei der Herstellung von Exportgütern betragen fast die Hälfte der gesamten emittierten Emissionen der Produktionsbereiche (2007: 46,1 %).

Noch stärker als die Emissionen aus der inländischen Produktion der Exportgüter haben sich die Emissionen der importierten Vorleistungsgüter erhöht – um 75,7 %. Diese Emissionen sind anteilig auf gut 40 % der gesamten Emissionen der Exporte angestiegen. Im Jahr 2000 lag der Anteil noch bei 34 %.

2.6 Privater Konsum

2.6.1. CO₂-Gehalt von Gütern nach Bedarfsfeldern (pro Kopf)

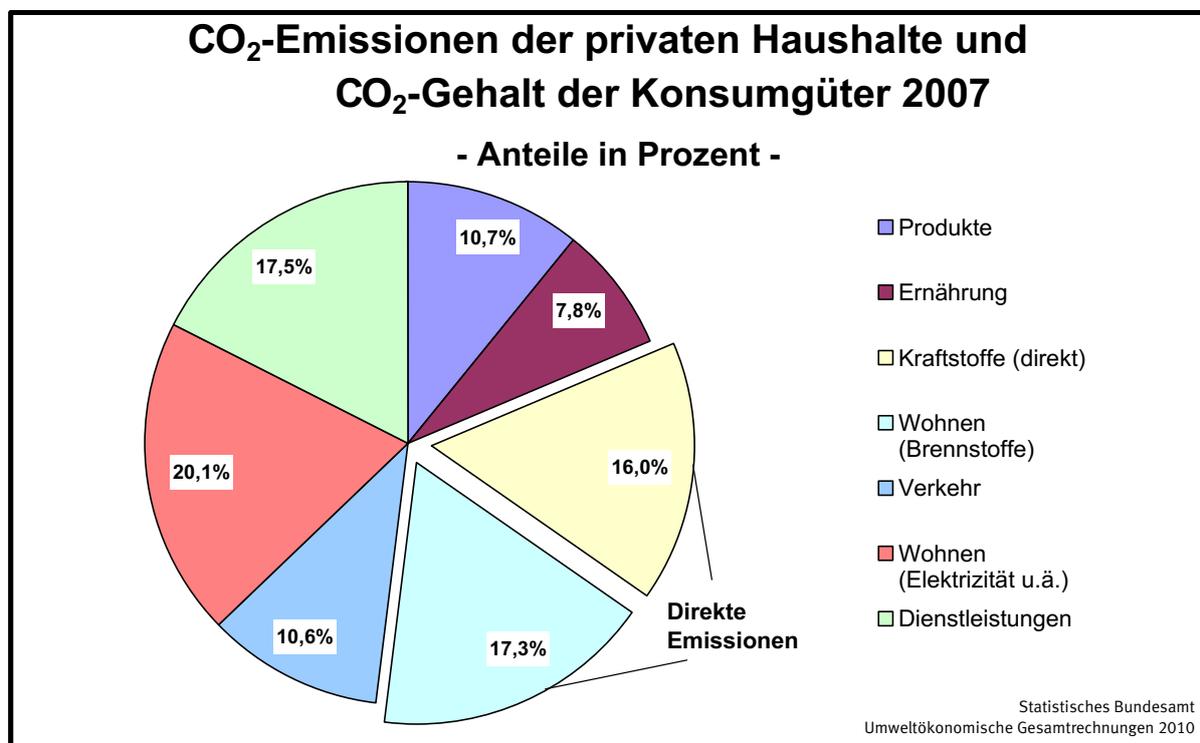
Im Jahr 2007 betragen die gesamten direkten und indirekten CO₂-Emissionen der privaten Haushalte 609 Mill. Tonnen bzw. 7,4 Tonnen pro Einwohner:

Direkte CO₂-Emissionen und CO₂-Gehalt der Konsumgüter 2000 und 2007:

	2000	2007	2000	2007
	Mill. Tonnen		in Tonnen pro Kopf	
Direkte Emissionen	233	204	2,8	2,5
Darunter für Wohnen	131	106	1,6	1,3
Kraftstoffe	101	98	1,2	1,2
CO ₂ -Gehalt der Güter	422	405	5,1	4,9
Emissionen insgesamt	654	609	7,9	7,4

Tabelle 7 zeigt die Konsumausgaben (zu Herstellungspreisen), den Energie- und den CO₂-Gehalt der Güter für den privaten Konsum einschließlich des unmittelbaren Energieverbrauchs der privaten Haushalte im Bereich „Wohnen“ und für den motorisierten Individualverkehr und der damit verbundenen CO₂-Emissionen nach Bedarfsfeldern.

Abbildung 10: CO₂-Emissionen der privaten Haushalte und CO₂-Gehalt des Konsums 2007



Mit einem Anteil von 37,1 % fallen die meisten Emissionen im Bereich „Wohnen“ an: Die Emissionen der eingesetzten Brennstoffe machen 17,4 % der gesamten Emissionen aus. Noch etwas höhere Emissionen – 19,8 % – fallen bei der Erzeugung der Brennstoffe und insbesondere bei der Gewinnung der im Haushalt eingesetzten Elektrizität an. Die bei der Gewinnung der Elektrizität

tät und Fernwärme anfallenden CO₂-Emissionen machen von allen Positionen den höchsten Emissionsanteil (16,9 %) aus.

Dem Bereich „Verkehr“ (Mobilität) sind 26,8 % aller Emissionen zuzurechnen. Neben den (direkten) Emissionen aus dem Kraftstoffverbrauch sind dies die zurechenbaren Emissionen aus der Herstellung der Kraftfahrzeuge und Emissionen des Kfz-Handels und der Kfz-Reparaturen.

Im Bereich der „Dienstleistungen“ fallen 17,5 % der CO₂-Emissionen an. Größte Einzelbereiche sind der Handel mit 6,4 % und die Gastgewerbeleistungen mit 2,9 % der gesamten Emissionen.

Auf die Ernährungsgüter entfallen 7,8 % aller Emissionen. Auf die übrigen Produkte zusammen 10,8 %.

Neben den direkten Emissionen der Haushalte und den zurechenbaren Emissionen der Konsumgüter können noch weitere Leistungen mit ihren Emissionen dem privaten Konsum zugerechnet werden: die Ausgaben der privaten Organisationen und des Staates für den Individualverbrauch. Diese umfassen Ausgaben für Bildungsleistungen (Erziehung und Unterricht), Gesundheitsleistungen (Arzt- und Krankenhausleistungen) und Leistungen im Bereich von Kultur und Sport. Bei der Erbringung dieser Dienstleistungen entstanden CO₂-Emissionen in Höhe von 34 Mill. Tonnen bzw. 0,4 Tonnen pro Einwohner.

Tabelle 7: Konsumausgaben, Energie- und CO₂-Gehalt des privaten Konsums 2007
 – pro Kopf –

CPA	Bedarfsfelder	Konsumausgaben ¹⁾	Energieverbrauch	CO ₂ -Emissionen	
		Tsd. €	Tsd. kWh	Tonnen	in %
	Privater Konsum	14,120	31,457	7,404	100
	Produkte	1,806	3,782	0,797	10,8
17,18	Textilien, Bekleidung	0,319	0,653	0,133	1,8
21,22	Papier, Verlags- u. Druckerz.	0,267	0,412	0,089	1,2
24-25	Chem. Erz., Gummi- und Kunststoffwaren	0,267	1,020	0,204	2,8
30-33	DV-Geräte, elektrotechn. Erz.	0,175	0,245	0,052	0,7
36-37	Möbel, Schmuck, Musikinstrum., usw.	0,244	0,453	0,096	1,3
	sonstige Waren	0,534	0,999	0,223	3,0
	Ernährung	1,156	2,514	0,579	7,8
01	Landwirtschaftl. Erz.	0,187	0,446	0,107	1,4
15	Ernährungserz., Tabak	0,969	2,068	0,472	6,4
	Verkehr	1,780	7,932	1,982	26,8
34	Kraftfahrzeuge und -teile	0,621	1,364	0,310	4,2
50	Kfz-Handel, Reparaturen	0,390	0,319	0,062	0,8
	Kraftstoffe (direkt) 2)	0,279	4,562	1,192	16,1
60.1	Straßenverkehr	0,105	0,379	0,087	1,2
60.2	Schienenverkehr	0,142	0,238	0,059	0,8
61	Schifffahrt	0,023	0,036	0,013	0,2
62	Luftfahrt	0,139	0,903	0,226	3,1
63	Hilfs- und Nebentätigkeiten f.d. Verkehr	0,081	0,130	0,032	0,4
	Wohnen	3,147	11,639	2,749	37,1
70	Wohnungsvermietung	2,709			
	Energie direkt	0,438	7,493	1,285	17,4
10	Kohlen	0,005	0,133	0,046	0,6
11	Erdgas	0,079	3,031	0,611	8,3
23	Heizöl, leicht, Flüssiggas	0,000	1,429	0,377	5,1
40.1-3	Elektrizität, Fernwärme	0,353	2,229	0,000	0,0
	Biomasse, sonst. erneuerbare Energie		0,671	0,251	3,4
	Energie indirekt		4,146	1,464	19,8
10	Kohlen		0,007	0,001	0,0
11	Erdgas		0,133	0,028	0,4
23	Koks, Mineralölerz		0,891	0,187	2,5
40.1/3	Elektrizität, Fernwärme		3,116	1,248	16,9
	Dienstleistungen	6,232	5,590	1,296	17,5
51-52	Handelsleistungen	2,054	2,048	0,473	6,4
55	Gastgewerbeleist.	0,768	0,936	0,214	2,9
85	DL d. Gesundheitswesens u.ä.	0,678	0,404	0,089	1,2
65-95	Sonstige Dienstleistungen	2,732	2,202	0,520	7,0
	Direkt		12,055	2,478	33,5
	Indirekt		19,402	4,926	66,5
	darunter Importe 3)	1,515	7,884	1,693	22,9
	Insgesamt	14,120	31,457	7,404	100,0
	Private Organisationen und Staat (Individualverbrauch)				
80	Bildungsleistungen	1,075	0,545	0,127	1,7
85	Gesundheitsleistungen	1,900	1,106	0,252	3,4
92	Kultur	0,146	0,129	0,031	0,4
	Summe	3,122	1,779	0,410	5,5
	Privater Konsum und Individualverbrauch	17,242	33,236	7,814	105,5

1) Im Inland zu Herstellungspreisen ohne Nettogütersteuern.

2) Konsumausgaben einschließl. Heizöl, leicht und Flüssiggas.

 3) Energie- und CO₂-Gehalt einschließl. importierte Vorleistungen für die inländische Konsumgüterherstellung.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

2.6.2. Energie- und CO₂-Gehalt nach Gütergruppen

Tabelle 8 zeigt die Ausgaben der privaten Haushalte im Inland und den Energie- und CO₂-Gehalt der Konsumgüter nach ausgewählten Gütergruppen. Für die Auswahl wurden die sechs Güter mit dem höchsten Energiegehalt im Jahr 2007 ausgewählt.

Tabelle 8: Konsumausgaben der privaten Haushalte, Energie- und Kohlendioxidgehalt ausgewählter Konsumgüter

NR	Gütergruppen	Konsumausgaben *)			Energiegehalt			CO ₂ -Gehalt		
		2000	2007	VÄ 07/00	2000	2007	VÄ 07/00	2000	2007	VÄ 07/00
		Mrd. EUR		%	Petajoule		%	Mill. Tonnen		%
1	Privater Konsum insgesamt	1.150	1.306	13,6	6.218	5.745	-7,6	421,8	405,2	-3,9
	darunter:									
2	Elektrizität, Fernwärme	19,7	30,4	54,5	914	923	1,0	95,6	102,7	7,4
3	Nahrungsmittel	118,3	129,0	9,1	905	846	-6,5	57,4	53,8	-6,2
4	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	59,6	68,8	15,5	460	446	-3,0	27,8	27,7	-0,1
5	Koks., Mineralölerz	49,4	54,4	10,1	290	264	-9,1	17,6	15,4	-12,9
6	DL des Gastgewerbes	62,0	70,4	13,5	286	277	-3,2	17,9	17,6	-1,3
7	DL der Luftfahrt	8,5	12,5	46,8	206	267	30,0	14,4	18,6	29,0
1	Privater Konsum insgesamt	100	100	%-Pkte	100	100	%-Pkte	100	100	%-Pkte
	darunter:									
2	Elektrizität, Fernwärme	1,7	2,3	0,6	14,7	16,1	1,4	22,7	25,3	2,7
3	Nahrungsmittel	10,3	9,9	-0,4	14,5	14,7	0,2	13,6	13,3	-0,3
4	Kraftwagen u. Kraftwagenteile	5,2	5,3	0,1	7,4	7,8	0,4	6,6	6,8	0,3
5	Koks., Mineralölerz	4,3	4,2	-0,1	4,7	4,6	-0,1	4,2	3,8	-0,4
6	DL des Gastgewerbes	5,4	5,4	0,0	4,6	4,8	0,2	4,2	4,4	0,1
7	DL der Luftfahrt	0,7	1,0	0,2	3,3	4,7	1,3	3,4	4,6	1,2
	Summe	27,6	28,0	-0,3	49,2	52,6	2,5	54,7	58,2	2,8

*) Zu jeweiligen Anschaffungspreisen.

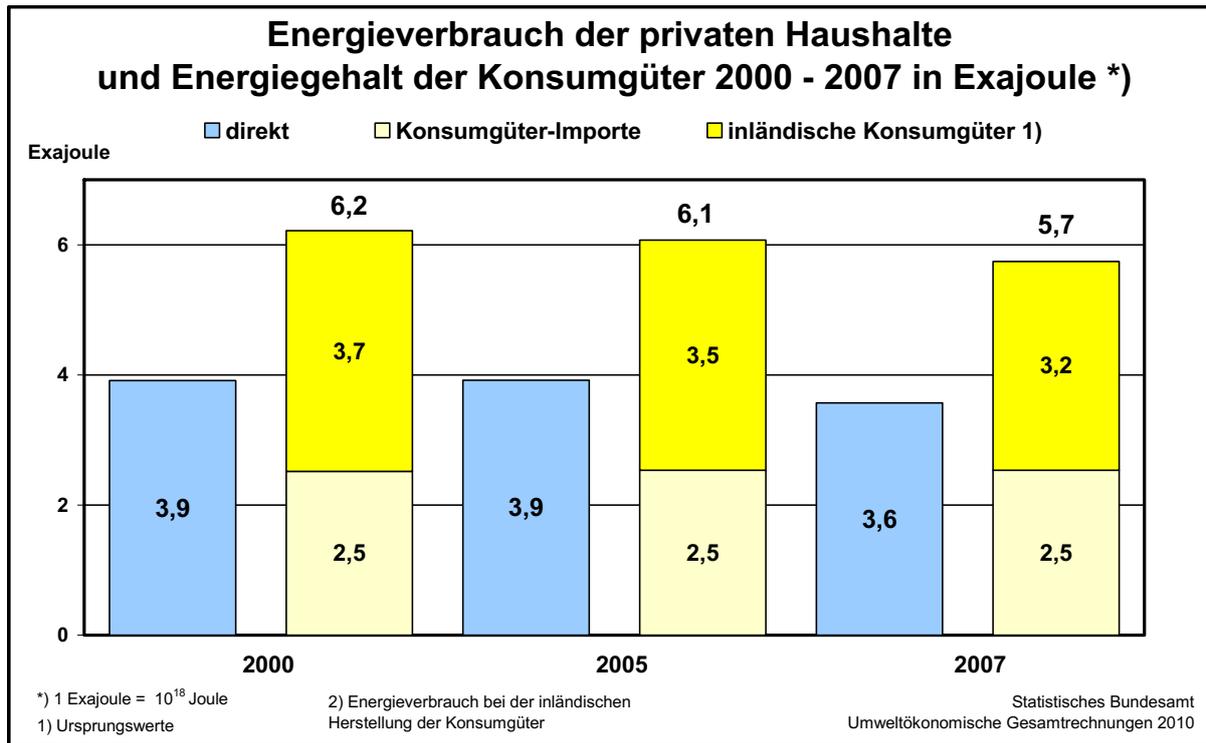
Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

„Elektrizität, Fernwärme“ ist die Gütergruppe mit dem höchsten Energie- und CO₂-Gehalt. Obwohl die Ausgaben lediglich 2,3 % der gesamten Konsumausgaben ausmachen, liegt ihr Anteil am gesamten Energiegehalt im Jahr 2007 bei 16,1 % und bei 25,3 % beim CO₂-Gehalt. Der im Vergleich zum Energiegehalt überproportionale CO₂-Gehalt weist daraufhin, dass bei der Elektrizitäts- und Fernwärmegewinnung – im Vergleich zu anderen Energieträgern – sehr hohe, überdurchschnittliche Emissionen entstehen.

Einen sehr hohen Energie- und CO₂-Gehalt weisen auch die Nahrungsmittel auf. Auf sie entfallen 13,3 % der gesamten CO₂-Emissionen in Verbindung mit den Konsumgütern. Hierin sind beispielsweise auch die Emissionen enthalten, die beim Handel direkt oder indirekt entstehen. Direkte Emissionen entstehen durch die Verfeuerung von Brennstoffen für Heizungszwecke. Indirekte Emissionen werden insbesondere durch den Bezug von Elektrizität im Bereich der Elektrizitätsgewinnung verursacht. Elektrizität wird beim Handel mit Nahrungsmitteln für Kühlungszwecke oder zum Backen verwendet und verursacht dort einen im Vergleich zu anderen Handelstätigkeiten überdurchschnittlichen Stromverbrauch. Die Emissionen in Zusammenhang mit der Handelstätigkeit machen ca. 40 % der Emissionen aus, die bei der Herstellung der Nahrungsmittel entstehen.

Bemerkenswert ist der hohe Zuwachs beim Energie- und CO₂-Gehalt der Beförderungsleistungen der Luftfahrt. Die Emissionen sind zwischen 2000 und 2007 um 29 % auf 18,6 Mill. Tonnen gestiegen. Dieser Zuwachs resultiert aus einer stark erhöhten Nachfrage nach Beförderungsleistungen mit entsprechend gestiegenen Aufwendungen der Haushalte (+ 46,8 % von 2000 auf 2007).

Abbildung 11: Energieverbrauch der privaten Haushalte und Energiegehalt der Konsumgüter 2000 bis 2007



2.6.3. Energie- und CO₂-Gehalt nach Produktionsbereichen

Tabelle 9 zeigt die Emissionen der Produktionsbereiche im In- und Ausland in Verbindung mit dem privaten Konsum für ausgewählte Produktionsbereiche.

Tabelle 9: CO₂-Emissionen in Zusammenhang mit dem privaten Konsum nach ausgewählten Produktionsbereichen – Insgesamt, im Inland, Importe

NACE	Produktionsbereiche	Insgesamt	Inland	Importe
		2007	2007	2007
		Mill. Tonnen		
	Insgesamt	405,2	266,0	139,3
	darunter:			
40.1-3	Elektrizitäts- und Fernwärmegegewinnung	220,0	166,5	53,5
60-63	Verkehrsleistungen	41,9	27,1	14,8
50-52	DL des Handels	12,2	11,3	0,8
24	H.v. sonst. chem. Erz.	11,5	2,4	9,0
25	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	9,2	5,3	3,8
15	H.v. Ernährungserz. u. Tabakwaren	7,6	4,9	2,8
		in Prozent von insgesamt		
40.1-3	Elektrizitäts- und Fernwärmegegewinnung	54,3	62,6	38,4
60-63	Verkehrsleistungen	10,3	10,2	10,6
50-52	DL des Handels	3,0	4,3	0,6
24	H.v. sonst. chem. Erz.	2,8	0,9	6,5
25	H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	2,3	2,0	2,7
15	H.v. Ernährungserz. u. Tabakwaren	1,9	1,8	2,0

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Mehr als die Hälfte aller CO₂-Emissionen – 54,3 % – entstehen im Bereich der Elektrizitäts- und Fernwärmegegewinnung. Bei der inländischen Herstellung der Konsumgüter sind es sogar 62,6 %. Der Produktionsbereich mit der zweitgrößten Bedeutung ist – mit weitem Abstand – der Verkehrsbereich mit einem Anteil von gut 10 %. Es folgen – mit weiterem Abstand – der Handel und die H.v. sonstigen chemischen Erzeugnissen (ohne pharmazeutische Erzeugnisse).

2.6.4. Energieintensität der Konsumnachfrage

Tabelle 10: Energie- und CO₂-Gehalt der Konsumausgaben (Intensitäten)

	Einheit	Merkmal				Veränderung 2000=100			Energieintensität kJ/€ / CO ₂ -Intensität t/€		
		2000	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
Konsumausgaben 1)	Mrd. EUR	1149,7	1168,9	1186,9	1180,7	101,7	103,2	102,7			
Energiegehalt	Petajoule	6.218	6.072	6.018	5.745	97,6	96,8	92,4	96,0	93,8	90,0
CO ₂ -Gehalt	Mill. t.	422	412	412	405	97,6	97,6	96,1	96,0	94,5	93,6

1) Konsumausgaben im Inland zu Anschaffungspreisen, preisbereinigt, verkettet.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Der Energie- und der CO₂-Gehalt der Konsumgüter sind zwischen 2000 und 2007 um 7,6 % bzw. 3,9 % gesunken. Die preisbereinigten Konsumausgaben im Inland sind in diesem Zeitraum um 2,7 % gestiegen. Daraus ergibt sich, dass die Konsumausgaben im Durchschnitt im Zeitablauf weniger energieintensiv hergestellt wurden und relativ weniger CO₂-Emissionen entstanden sind. Die Energieintensität ist im Durchschnitt um 10,0 %, die CO₂-Intensität um 6,4 % gesunken.

Die Energieintensität und die CO₂-Intensität der Konsumnachfrage werden von einer Reihe von Faktoren beeinflusst. Dazu gehört nachfrageseitig die Zusammensetzung des Konsums nach Güterarten und nach Herkunft der Konsumgüter (siehe Tabelle 11). Die Energieintensität und CO₂-Intensitäten bei der inländischen Herstellung unterscheiden sich von der der Importgüter. Aus

Produzentensicht wird die Energie- und CO₂-Intensität durch die Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger und die Effizienz bei deren Nutzung in den Produktionsprozessen bestimmt.

2.6.5. Konsumausgaben, Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern nach Herkunft der Güter

Die Konsumausgaben sind zwischen 2000 und 2007 nominal um 13,4 % angestiegen. Die Käufe von inländischen Erzeugnissen sind um 12,9 %, die von Importgütern um 17,8 % gestiegen. Durch das höhere Wachstum der Importe hat sich der Anteil der Importe an den Käufen insgesamt auf 10,7 % erhöht (siehe Tabelle 11).

Betrachtet man die besonders umweltrelevanten Warenkäufe etwas näher, dann zeigen sich hier sehr viel höhere Importanteile und eine deutliche Verlagerung von Inlandskäufen auf Käufe von importierten Waren. Der Importanteil für die importierten Waren betrug 2007 35,4 %. Gegenüber dem Jahr 2000 ist dieser Anteil um 3,6 %-Punkte angestiegen. Der Anteil der inländischen Waren ist entsprechend zurückgegangen.

Tabelle 11: Energie- und Kohlendioxidgehalt der Konsumgüter nach Herkunft der Güter

Jahr	Käufe im Inland preisber. 2)	Käufe 1)				
		Güter aus inld. Herstellung und Importe	Importe		im Inland	
			insgesamt	dar.: Waren (oh. En.)	insgesamt	dar.: Waren (oh. En.)
2000=100						
Mrd. €						
2000	100,0	1024	106	92	919	198
2007	102,7	1162	125	104	1037	190
Veränderung in %						
2007 zu 2000	2,7	13,4	17,8	13,0	12,9	-3,9
% von Käufe insgesamt % von Waren³⁾						
2000		100,0	10,3	31,8	89,7	68,2
2007		100,0	10,7	35,4	89,3	64,6
Veränderung in %-Punkten						
2007 zu 2000			0,4	3,6	-0,4	-3,6

1) Zu Herstellungspreisen (nominal).

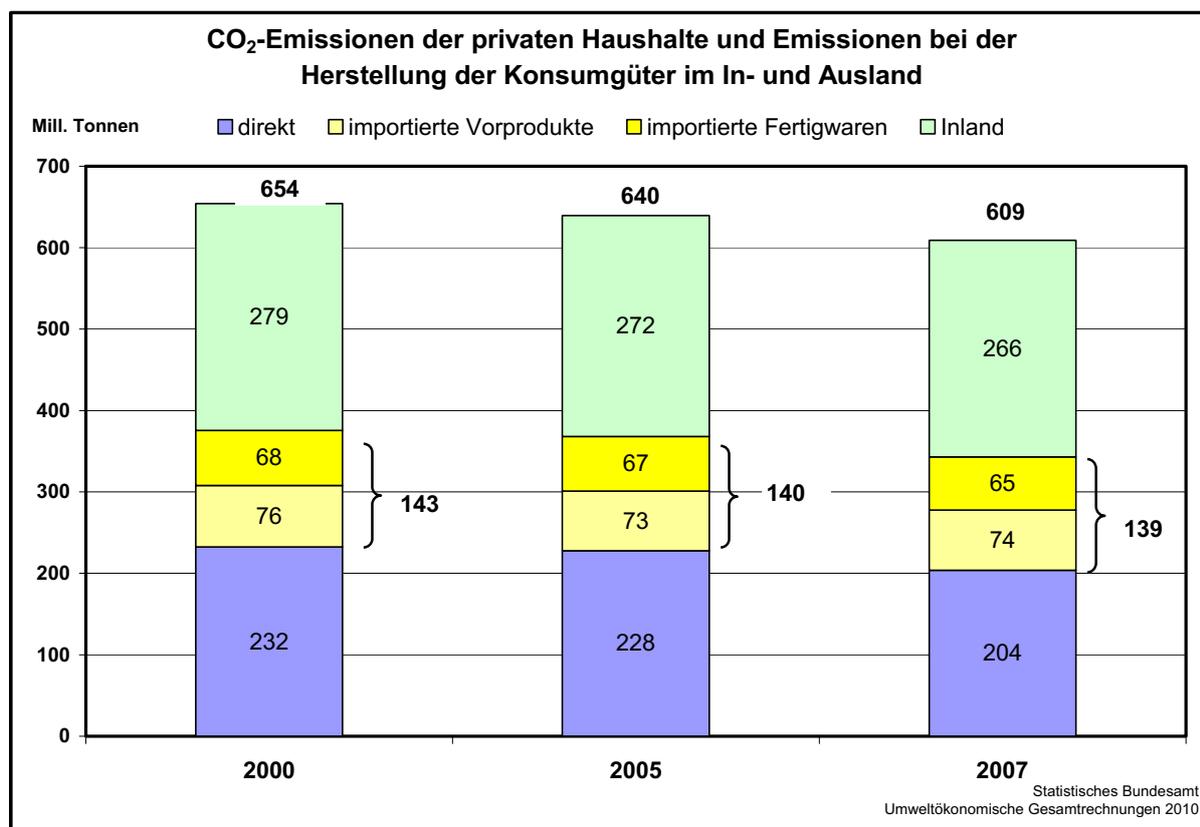
2) Käufe im Inland, preisbereinigt, Kettenindex.

3) Anteile an den gesamten Warenkäufen (oh. Energie) im Inland.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Der Energieeinsatz und besonders das CO₂-Aufkommen der Konsumgüter haben sich – analog zur Entwicklung bei den Konsumausgaben – anteilig vom Inland ins Ausland verlagert. Beim Energieeinsatz erhöhte sich der Anteil der Importe am gesamten Energiegehalt der Konsumgüter von 39,5% (2000) auf 40,6 % (2007). Dieser Anteil schließt die importierten Vorleistungen ein, die im Inland bei der Herstellung der Konsumgüter benötigt werden.

Abbildung 12: CO₂-Emissionen der privaten Haushalte und Emissionen bei der Herstellung der Konsumgüter im In- und Ausland



Bei den CO₂-Emissionen beträgt der Importanteil der Emissionen am gesamten CO₂-Gehalt im Jahr 2007 34,4 %. Dabei fallen die Emissionen in Zusammenhang mit importierten Vorerzeugnissen für die inländische Herstellung von Konsumgütern mit 74 Mill. Tonnen (2007) höher aus, als die Emissionen bei der Herstellung der importierten Konsumgüter (65 Mill. Tonnen im Jahr 2007).

Der geringere Anteil des Auslands bei den CO₂-Emissionen im Vergleich zum Energiegehalt weist auf eine vom Inland abweichenden Einsatz von Energieträgern – mit im Durchschnitt geringeren CO₂-Emissionen bei der Herstellung der Güter – hin. Dem Einsatz von Brennstoffen in der Stromgewinnung kommt hier eine entscheidende Rolle zu.

2.6.6. CO₂-Emissionen der Importgüter (privater Konsum) nach Herkunftsländern

Die drei bedeutendsten Importländer in Bezug auf die wertmäßigen Warenimporte waren 2007 Frankreich, die Niederlande und China. Durch die Nachfrage nach Konsumgütern entstanden die höchsten Emissionen im Ausland in den Niederlanden. 2007 waren das schätzungsweise 15,5 Mill. Tonnen CO₂. Der zweithöchste Emittent ist bereits China mit 10,4 Mill. Tonnen. Frankreich weist im Vergleich zu den wertmäßigen Importen, wegen der sehr viel geringeren Emissionen in der Stromerzeugung, insgesamt geringere CO₂-Emissionen aus und nimmt den 3. Platz in der Emittentenrangfolge ein.

Tabelle 12: Energieverbrauch und CO₂-Emissionen der Importe von Konsumgütern nach Herkunftsländern 2007

Land	Energie					CO ₂					Importe insgesamt		
	Insgesamt			davon		Insgesamt			davon		Waren 1)		
				Endnachfrage	imp. Vorl.				Endnachfrage	imp. Vorl.			
Petajoule	%	Rang	Petajoule	Mill t	%	Rang	Mill. t	Mill.€	%	Rang			
Insgesamt	2335	100,0		1071	1263	139,3	100,0		65,4	73,9	769.206	100,0	
FR	261	11,2	1	122	139	8,9	6,4	3	4,0	4,9	62.873	8,2	1
NL	257	11,0	2	115	141	15,5	11,2	1	7,2	8,3	61.951	8,1	2
CH	143	6,1	4	91	52	10,4	7,5	2	6,5	3,9	56.417	7,3	3
US	110	4,7	8	53	56	6,8	4,9	8	3,4	3,4	45.993	6,0	4
IT	131	5,6	5	70	61	8,6	6,2	4	4,6	4,0	44.694	5,8	5
UK	124	5,3	7	53	71	8,0	5,8	6	3,6	4,4	41.966	5,5	6
BE	129	5,5	6	54	75	5,7	4,1	10	2,3	3,4	36.250	4,7	7
AT	87	3,7	10	38	49	5,9	4,2	9	2,4	3,5	32.091	4,2	8
RS	144	6,2	3	38	106	8,0	5,8	5	2,1	6,0	28.891	3,8	9
JP	48	2,0	13	26	22	2,7	1,9	12	1,5	1,2	24.381	3,2	10
PO	88	3,8	9	42	45	7,7	5,5	7	3,7	4,0	24.055	3,1	11
ES	63	2,7	11	33	30	3,6	2,6	11	1,9	1,7	20.687	2,7	12
NO	47	2,0	14	12	36	2,2	1,6	13	0,6	1,7	17.736	2,3	13
SE	58	2,5	12	13	45	1,8	1,3	14	0,5	1,2	13.981	1,8	14
Summe	1688	72,3		761	927	96,0	68,9		44,3	51,6	511.965	66,6	
Rest	647	27,7		310	336	43,3	31,1		21,1	22,2	257.241	33,4	

1) Außenhandelsstatistik: Insgesamt: Waren 769 € (967,79 € incl. DL)

Vergleichswert VGR: Fachserie 18, Tabelle 3.4.5.1, Reihe 14, Waren in jeweiligen Preisen 781,95 Mrd €

Quelle :Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

2.6.7. Emissionsintensität der inländischen Produktionsbereiche

Tabelle 13: CO₂-Emissionen und Produktionswerte der inländischen Produktionsbereiche (Intensitäten)

Nr	CPA	Produktionsbereiche	CO ₂ -Emissionen			Produktionswert			CO ₂ -Koeffizient				
			2000	2005	2007	2000	2005	2007	2000	2005	2007	VA % 07/00	VA % 05/00
			Mill. Tonnen			Mrd. Euro / Petajoule			Tonnen / Tsd. EUR			%	
1		Insgesamt	716	733	755	3786	4202	4651	189,0	174,5	162,4	-14,1	-7,7
2		Energiebereiche 1)	380	404	426	11614	12006	11726	32,7	33,7	36,4	11,1	2,8
3	10	Kohlen	1	1	1	2689	2507	2413	0,4	0,5	0,5	35,2	15,7
4	11	Erdgas	1	1	0	769	751	687	1,6	1,1	0,7	-55,7	-30,6
5	23	Koks, Mineralölerz	21	22	21	5502	5757	5570	3,9	3,8	3,8	-1,6	-1,8
6	40.1-3	Elektrizität, Fernwärme, So. Gase	357	380	403	2654	2990	3056	134,4	127,2	132,0	-1,7	-5,4
7		H. v. Waren (oh. Energie)	192	187	187	1352	1504	1765	141,7	124,1	106,0	-25,2	-12,4
8	01	Landwirtschaftl. Erz.	13	12	10	46	44	51	274,9	262,8	202,2	-26,4	-4,4
9	15	Ernährungserz., Tabak	9	8	8	108	118	132	80,5	67,3	58,7	-27,1	-16,5
10	17,18	Textilien, Bekleidung	3	2	1	27	22	23	116,4	81,8	47,9	-58,8	-29,7
11	21,22	Papier, Verlags- u. Druckerz.	10	19	12	87	83	90	117,6	224,4	131,0	11,3	90,7
12	24	Chemische Erz.	34	31	33	151	173	194	222,0	176,2	169,7	-23,5	-20,6
13	25	Gummi- und Kunststoffwaren	45	40	44	89	90	103	509,6	449,1	427,1	-16,2	-11,9
14	30-33	EDV-Geräte, Elektrotechn. Erz. u.a.	2	3	2	169	170	202	13,0	17,9	11,8	-9,6	37,1
15	34	Kraftfahrzeuge und -teile	3	3	3	214	273	320	14,4	12,3	9,2	-36,2	-14,2
16	36-37	Möbel, Schmuck, Musikinstrum., u.ä.	1	1	1	35	33	38	18,8	27,1	36,4	93,9	44,3
17	Sonst.	sonstige Waren	72	68	72	426	497	612	168,8	137,7	118,4	-29,9	-18,4
18		Dienstleistungen insgesamt	144	142	142	2337	2543	2722	61,5	55,9	52,1	-15,3	-9,1
19	50-52	Handelsleistungen	23	20	17	369	382	410	61,6	51,4	42,1	-31,6	-16,6
20	55	Gastgewerbeleist.	3	3	3	66	64	68	48,6	48,5	47,8	-1,5	-0,2
21	60-63	Verkehrsleistungen	57	61	64	162	188	216	354,3	325,1	297,9	-15,9	-8,2
22	85	DL d. Gesundheitswesens u.ä.	6	6	5	183	208	218	31,3	28,2	24,8	-20,8	-9,9
23	65-95	Sonstige Dienstleistungen	55	53	52	1557	1702	1810	35,2	30,9	28,5	-18,8	-12,0

1) Produktinswert der Energiebereiche in Petajoule

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Die CO₂-Emissionen der inländischen Produktionsbereiche je Produktionswert sind zwischen 2000 und 2007 im Durchschnitt um 14,1 % gesunken.

Die CO₂-Intensität der Waren produzierenden Produktionsbereiche ist im Durchschnitt um gut 25 %, die der Dienstleistungsbereiche um 15,3 % gesunken. Die CO₂-Intensität der Energiebereiche in Bezug auf ihren physischen Output (in Petajoule) ist – wegen dem Anstieg im Kohlenbergbau – im Durchschnitt gestiegen. Die CO₂-Intensität des größten Emittenten – die Elektrizitätserzeugung und Fernwärmegewinnung – ist zwischen 2000 und 2007 leicht gesunken (-1,7 %).

2.7 Emissionsintensität der Importe

Die CO₂-Emissionen der Importe sind zwischen 2000 und 2007 um 19 % von 444 auf 528 Mill. Tonnen angewachsen. Die Importe sind preisbereinigt in diesem Zeitraum um 40 % gestiegen. Daraus ergibt sich ein Rückgang der Emissionsintensität von durchschnittlich knapp 15 %.

Tabelle 14: CO₂-Intensitäten der Importe

	Gütergruppe	CO ₂ -Emissionen		Importe in Pr. v. 2000 (verkettet) 1)		Intensitäten		CO ₂	Importe preisber.	CO ₂ -Intensität
		Mill t.		- Mrd. € -		(1000t/ Mill. €)				
		2000	2007	2000	2007	2000	2007			
1	LW	6,6	7,5	17,8	19,3	0,37	0,39	14,2	8,2	5,6
2	Waren (oh.EN)	318,9	403,7	436,8	627,8	0,73	0,64	26,6	43,7	-11,9
3	Nahrungsmittel und Getränke	26,4	30,2	27,8	35,1	0,95	0,86	14,4	26,2	-9,3
4	Zellstoff, Papier	9,2	11,0	13,4	15,6	0,69	0,71	19,2	16,4	2,4
5	Chem. Erz. (oh. pharm. Erz.)	28,1	35,1	37,6	51,8	0,75	0,68	24,9	37,8	-9,4
6	Kunststoffe	6,1	8,8	8,8	11,6	0,70	0,76	43,5	31,7	8,9
7	Metallerzeugung	26,6	50,6	31,8	44,9	0,84	1,13	90,1	41,4	34,4
8	Maschinenbauerzeugnisse	40,2	53,2	31,9	43,8	1,26	1,21	32,1	37,2	-3,7
9	Kfz	69,2	91,0	45,2	58,9	1,53	1,55	31,5	30,3	0,9
10	Energieträger	24,0	24,8	51,8	63,9	0,46	0,39	3,2	23,4	-16,4
11	Bauleistungen	28,9	24,1	3,6	3,1	8,07	7,72	-16,7	-13,0	-4,3
12	Verkehrsd.	10,1	14,3	11,4	19,0	0,89	0,75	41,6	66,9	-15,1
13	DL (oh. Verk.)	55,2	53,7	68,3	84,0	0,81	0,64	-2,7	23,1	-20,9
14	Insgesamt	443,7	528,2	537,9	753,3	0,82	0,70	19,0	40,0	-15,0

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Ein besonders hoher, überdurchschnittlicher Rückgang der Emissionsintensität ist bei der H.v. chemischen Erzeugnissen zu verzeichnen. Diese ging um 9,4 % zurück. Die meisten Emissionen verursachte die Nachfrage nach Metallerzeugnissen. Hier stieg die Emissionsintensität um 34,4% an.

2.8 Energiegehalt und CO₂-Emissionen 2007 nach Importländern (Vergleichsrechnung)

Zum Energie- und CO₂-Gehalt der Endnachfrage wurde eine Vergleichsrechnung durchgeführt, mit dem Ziel, den unterschiedlich hohen Energieeinsatz und die CO₂-Emissionen bei der Güterherstellung in den Importländern mit Deutschland zu vergleichen. Bei dieser Vergleichsrechnung wurde die gesamte Endnachfrage für 2007 zugrunde gelegt und der Energie- und CO₂-Gehalt ermittelt, der sich in den einzelnen Ländern bei Berücksichtigung der länderspezifischen Energieeinsatz- und Emissionsverhältnisse ergibt.

 Tabelle 15: Energiegehalt und CO₂-Emissionen nach Ländern bei deutscher Endnachfrage 2007

Land	Energie		Land	CO ₂	
	D=100			D=100	
FR	118,6	67,0	AT	81,6	81,9
NL	88,6	93,2	BE	99,7	68,5
NO	71,4	38,5	PO	100,5	130,6
IT	86,1	85,9	CH	120,0	139,3
UK	99,7	99,5	RS	110,7	96,0
ES	95,8	82,8	US	104,1	102,7
SE	89,6	54,5	JP	110,2	99,0

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Beim Energiegehalt und den CO₂-Emissionen zeigen sich im Vergleich zu Deutschland in einzelnen Ländern teilweise sehr große Unterschiede. Frankreich und China weisen beim Energieeinsatz, China und Polen bei den CO₂-Emissionen sehr viel höhere Werte auf als Deutschland. Norwegen und Schweden haben bei den CO₂-Emissionen vergleichsweise niedrigere Emissionen als

Deutschland. Die Unterschiede beim Energieeinsatz und den CO₂-Emissionen zum deutschen Niveau sind zum einen durch Unterschiede in der Effizienz der eingesetzten Energie bei den Energiesektoren und den energieintensiven Branchen, zum anderen durch einen andersartigen Energiemix (Art der eingesetzten Energieträger) zu erklären. Beispielsweise lässt sich das niedrige Niveau der CO₂-Emissionen in Frankreich durch den hohen Anteil an – emissionsfreien – Kernkraftwerken erklären, in Norwegen und Schweden führt ein höherer Einsatz von erneuerbaren Energien wie Wasserkraft zu geringeren CO₂-Emissionen, als in Deutschland. Länder wie China, Polen und Russland haben einen vergleichsweise hohen Anteil an fossilen Energieträgern – wie Kohle und Erdgas – am gesamten Energieeinsatz, – insbesondere in der Stromgewinnung. Sie verzeichnen deshalb höhere CO₂-Emissionen, als Deutschland.

3. *Analyseinstrumente*

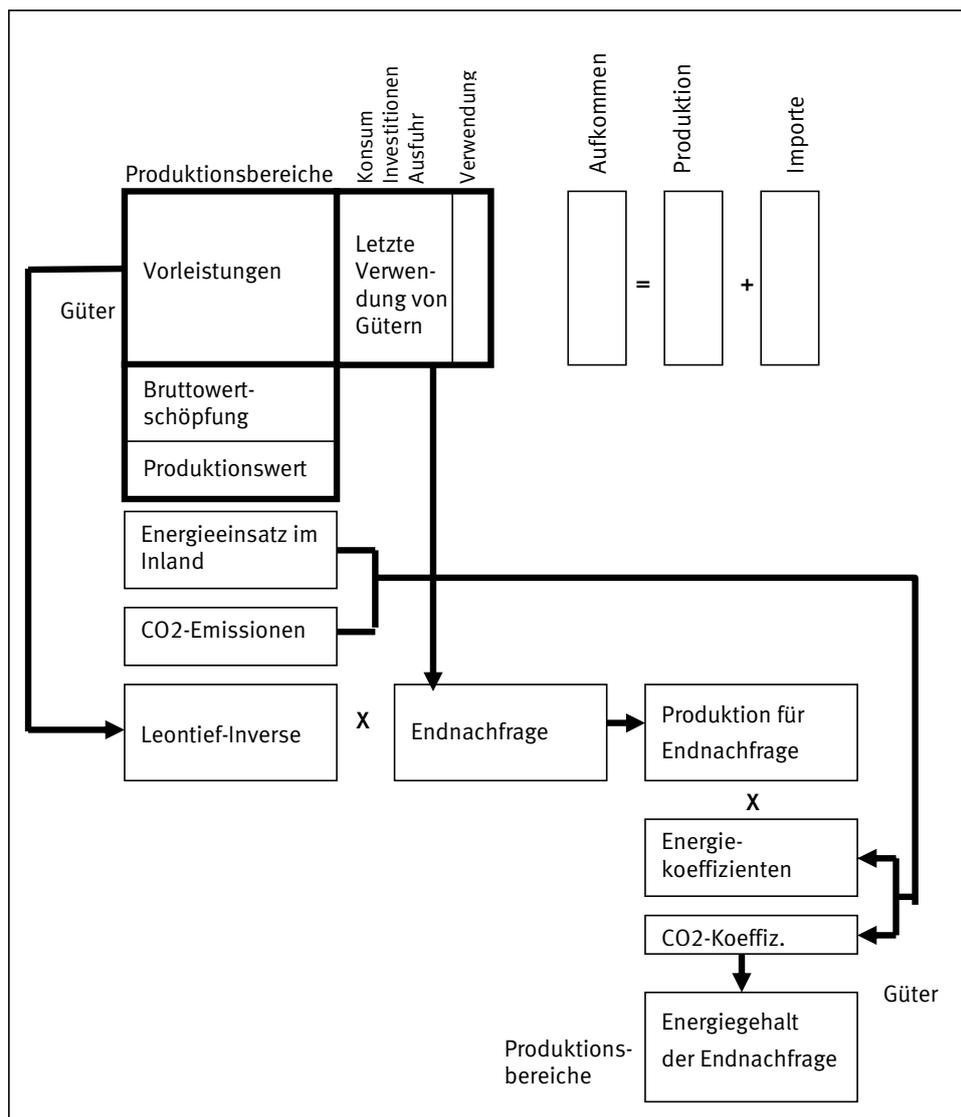
3.1 **Das Input-Output Analysemodell**

Die Input-Output Analyse (IOA) ist ein hervorragend geeignetes Analyseinstrument zur Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgase nach dem verbrauchsorientierten Ansatz. Es ermöglicht insbesondere eine Zurechnung des Energieverbrauchs der Produktionsbereiche zu den Endnachfragegütern bzw. zu den Endnachfragekategorien (Konsum, Investition, Export) (Abbildung 13):

Eine Hauptanwendung der IOA ist die Zurechnung von Produktionsfaktoren zur Endnachfrage nach Gütern. Beispielsweise wird mit dem I-O-Analysemodell berechnet, wie viele Erwerbstätige in einer Volkswirtschaft insgesamt mit der Herstellung von Kraftfahrzeugen beschäftigt sind. In diesem Modell werden die im Automobilbau direkt Beschäftigten und die bei den Zulieferern – und auf allen Vorstufen – Beschäftigten der Nachfrage nach Kraftfahrzeugen zugerechnet. Diese Zurechnung erfolgt auf Basis der Input-Output Tabelle (IOT), die die Produktionsverflechtung (Vorleistungen) und die Endnachfrage Güter mäßig – und nach Nachfragekategorien unterteilt – abbildet.

Die Zurechnung von Produktionsfaktoren zur Endnachfrage – wie z.B. der Erwerbstätigen oder der Energieeinsatz – erfolgt mit Hilfe der „Leontief-Inversen“, die den gesamten Produktionsaufwand zur Herstellung einer Endnachfrageeinheit angibt. Durch Multiplikation der Leontief-Inversen mit der (Diagonal-) Matrix der Endnachfrage ergibt sich die gesamte Produktion, die zur Herstellung der Endnachfrage nach einem bestimmten Gut – auf allen Produktionsstufen - erforderlich ist. Durch die anschließende Verknüpfung der Energie- bzw. CO₂-Emissionskoeffizienten mit diesen Produktionswerten lässt sich der Energiegehalt (bzw. der CO₂-Gehalt) der Endnachfrage ermitteln.

Abbildung 13: Berechnung des Energie- und CO₂-Gehaltes von Gütern



Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Die Leontief-Inverse wird ausgehend von der Identität von Aufkommen und Verwendung von Gütern wie folgt abgeleitet:

$$x = A * x + y$$

(1) x: Vektor der Produktionswerte

y: Vektor der Endnachfrage von Gütern

A: Matrix der Input-Koeffizienten (Vorleistungen)

In Matrixschreibweise:

$$X - AX = Y \quad (1a)$$

Daraus folgt die Basisgleichung der Input-Output Analyse (offenes Mengenmodell):

$$X = (I - A)^{-1} * Y \quad (2) \quad L: \text{Leontief-Inverse } (I - A)^{-1}$$

Die Matrix X enthält die Produktionswerte der einzelnen Produktionsbereiche, die bei der Herstellung der einzelnen Endnachfragegüter insgesamt oder bei bestimmten Nachfragekategorien (Konsum, Investitionen, Exporte) anfallen.

Der Einsatz von Produktionsfaktoren bei der Herstellung der Endnachfrage wird durch Verknüpfung eines Koeffizientenvektors mit den Produktionswerten ermittelt:

$$B = b * L * Y \quad (3) \quad b: \text{spezifischer Einsatz des Produktionsfaktors} = b/x$$

B: Einsatz des Produktionsfaktors r bei der Herstellung von Endnachfragegütern

Das Berechnungsmodell kann auch für den Einsatz des „Produktionsfaktors“ Energie und für die Berechnung der CO₂-Emissionen verwendet werden. Der Vektor „b“ enthält dann den spezifischen Energieeinsatz bzw. die spezifischen CO₂-Emissionen der Produktionsbereiche. Der spezifische Energieeinsatz ist der (Primär-) Energieeinsatz der Produktionsbereiche in Relation zu deren Produktionswert:

$$e = E / x \quad (4) \quad E: \text{Einsatz von Primärenergie in den Produktionsbereichen.}$$

Beim Einsatz von Energie wird von einer „Nettogröße“ (= Primärenergie) ausgegangen. Durch die Umwandlung von Primärenergieträgern in Sekundärenergieträger erfolgt bei der Berechnung der gesamten Verwendung von Energie eine Doppelzählung von Energiemengen. Diese Doppelzählung muss bei der Berechnung des Energiegehalts von Gütern eliminiert werden. Den Umwandlungsbereichen werden somit als Einsatz an Energie lediglich die Umwandlungsverluste bei der Umwandlung von Energie und deren Eigenverbrauch an Energie zugerechnet. Zusammen mit dem Energieeinsatz der übrigen Produktionsbereiche (= Endenergieverbrauch und nicht-energetischer Verwendung von Energieträgern) ergibt sich eine Gesamtmenge an Energie, die weitgehend der zentralen Verbrauchsgröße bei Analysen des Energieverbrauchs – dem Primärenergieverbrauch – entspricht.

Lediglich die Fackel- und Leitungsverluste und statistische Differenzen bleiben beim direkten Energieeinsatz unberücksichtigt und werden deshalb auch nicht dem Energiegehalt der Güter zugerechnet.

4. Das Berechnungskonzept

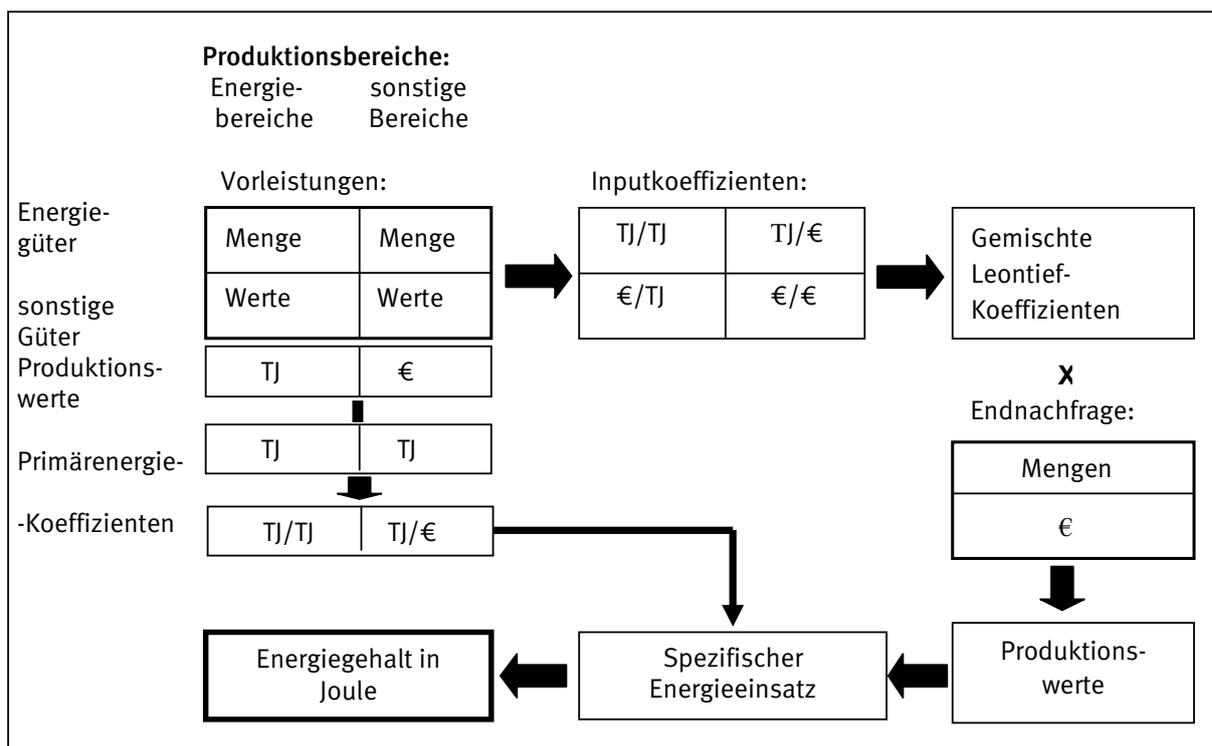
4.1. Das hybride Input-Output Modell

Das Input-Output Analysemodell kann auch auf einer IOT aufgebaut werden, die sowohl Wert- als auch Mengenströme („hybrides IO-Modell“) enthält. In einem hybriden IO-Modell werden die Wertangaben bestimmter Zeilen – hier die Zeilen, die die Verwendung von Energie abbilden – durch die entsprechenden Mengenangaben ersetzt. Auch die Endnachfrage setzt sich dann zum Teil aus Wertangaben, zum anderen Teil aus Mengenangaben zusammen. Die Produktionswerte der Produktionsbereiche, deren Verwendung in Mengeneinheiten erfolgt, werden ebenfalls in Mengeneinheiten angegeben.

Die Berechnung der „gemischten Leontief-Inversen“ erfolgt auf Basis dieser „gemischten“ Vorleistungsverflechtung. Die Berechnungen im erweiterten Energie-IO-Analysemodell erfolgen völlig analog zu dem Modell mit reinen Wertangaben. Bei der Bestimmung des Energiegehalts der Produkte wird ein Koeffizientenvektor mit gemischten Koeffizienten benutzt. Bei den Energiebereichen sind die Energiekoeffizienten auf den physischen Produktionswert (energetischer Output in Joule), bei den übrigen Bereichen auf den wertmäßigen Produktionswert (in Euro) bezogen.

Der Rechenablauf erfolgt in fünf Schritten (siehe Abbildung 14):

Abbildung 14: Berechnungsschema für Hybridansatz



Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

1. Erstellung der gemischten IOT
2. Bestimmung der Input-Koeffizienten und der gemischten Leontief-Inversen
3. Berechnung der (indirekten) Produktionswerte zur Erstellung der Güter der Endnachfrage
4. Berechnung des spezifischen Energieeinsatzes der Produktionsbereiche (Primärenergiekoeffizienten) auf Basis der Energieflussrechnung

5. Berechnung des Energiegehalts nach Gütern und Kategorien der Endnachfrage

Das Hybridmodell hat gegenüber dem Ansatz mit reinen Wertangaben folgende Vorteile:

- a) inhomogene Güterströme mit signifikant unterschiedlichen Durchschnittspreisen bei den verschiedenen Abnehmern werden durch die in der IOA benötigten Mengenangaben ersetzt,
- b) der Austausch der Wertangaben bei den Energiebereichen (Zeilen der IOT) ermöglicht eine weitere Disaggregation der Energiebereiche,
- c) die Verwendung von Mengenangaben (Heizwerte) bei den Produktions- und Verbrauchswerten von Energie ermöglicht eine direkte Anknüpfung der Kohlendioxid-Emissionen an die Verbrauchswerte von Energie.

Alle drei Faktoren tragen zu einer gegenüber dem einfachen Modell verbesserten Qualität der Ergebnisse bei.

Das traditionelle IO-Analysemodell setzt die Homogenität der Produktionsbereiche in Bezug auf die Produktionsprozesse und auf die hergestellten Erzeugnisse voraus. Dies bedeutet, dass die im Modell verwendete IOT derart gegliedert sein sollte, dass die dargestellten Produktionsbereiche möglichst homogen bezüglich der hergestellten Güter und der Produktionsprozesse sind. Die Annahme bezüglich der Homogenität der Güter impliziert, dass die Güter - in den Zeilen der IOT - homogene, d.h. identische Preise bei allen abnehmenden Bereichen aufweisen sollten. Dies ist bei den - für europäische Zwecke erstellten - harmonisierten IOT mit einer relativ groben Zeilen- und Spaltengliederung von 60 Bereichen bei vielen Bereichen nicht der Fall. So weisen Energiegüter, wie z.B. Elektrizität, oftmals eine erhebliche Preisdifferenzierung bei den verschiedenen Abnehmern auf. Andere Gütergruppen wie „Koks, Mineralölerzeugnisse und Spalt- und Brutstoffe“ (CPA 23) sind hinsichtlich ihres Preises und ihres Herstellungsprozesses sehr heterogen.

Im einfachen Leontief- Mengenmodell führt diese Inhomogenität zu einer verzerrten Zurechnung von Energieinputs zu Endnachfragegütern (siehe vereinfachtes Beispiel im Anhang, Übersicht 1): Produktionsbereiche mit einem überdurchschnittlichen Kaufpreis für Energie, d.h. mit einem in Mengeneinheiten relativ geringeren Energieinput, weisen im Modell mit reinen Wertangaben einen - im Vergleich zum hybriden Modell - sehr viel höheren Energieausstoß auf. Dies bedeutet, dass der Energiegehalt der Nachfrage nach den Erzeugnissen dieser Güter im Modell mit reinen Wertangaben zu hoch ausgewiesen wird (in dem vereinfachten Beispiel sind dies die Erzeugnisse des Produktionsbereichs mit Kürzel „AG“).

Die Verwendung der physischen Angaben bei den Energiebereichen ermöglicht außerdem eine Disaggregation der IOT bei den Energiebereichen und damit eine weitere, bedeutende Verbesserung der Qualität der Ergebnisse. Für die Energiezeilen der IOT liegen aus den Energieflussrechnungen gütermäßig sehr differenzierte Angaben zu Aufkommen und Verwendung der Energieträger in kalorischen Einheiten (Joule) vor. Diese können, zusammen mit den Angaben aus der Energiebilanz zu den Gewinnungs- und Umwandlungsbereichen, genutzt werden, um die Energie-IOT in den Zeilen und Spalten zu erweitern (siehe Kapitel 4.3.1 und 4.3.2).

Die Verwendung von Angaben in physischen Einheiten erlaubt außerdem eine direkte Verknüpfung der Emissionsfaktoren für Kohlendioxid mit der Energieerzeugung in den Bereichen der Energiegewinnung und mit der Produktion von sonstigen energieintensiven Produktionsbereichen. Üblicherweise werden die Energieeinsatz- und die Emissionskoeffizienten in Bezug auf den monetären Produktionswert der Produktionsbereiche definiert. Diese Koeffizienten können für die Energiebereiche alternativ in Bezug auf deren physischen Output - in kalorischen Einheiten

(Joule) - bestimmt werden. Der Output der Energiebereiche ist aus den Energiestatistiken (Energiebilanz) bekannt.

Diese alternative Berechnung der Koeffizienten ist insbesondere bei der Bestimmung der Koeffizienten für die ausländischen Energiebereiche von Vorteil: die Koeffizienten können dabei direkt anhand der Angaben aus den Energiebilanzen der Länder bestimmt werden. Diese enthalten sowohl die benötigten Angaben zu den einzelnen Energie-Inputs, als auch zur Energieerzeugung. Es entfällt eine – unter Umständen schwierige -Bestimmung der monetären Produktionswerte dieser Bereiche.

Für den Bereich der Stahlherstellung und Stahlverarbeitung wurde ebenfalls eine Normierung der Energie- und der Emissionskoeffizienten in Bezug auf die physische Herstellung von Stahl – in Tonnen – vorgenommen. Die deutsche Eisen und Stahlstatistik³ enthält umfassende Angaben über die Erzeugung und Verarbeitung von Stahl im Ausland. Zusammen mit den Berechnungen zu den energetischen Inputs dieser Bereiche kann somit eine direkte Bestimmung der Energie- und Emissionskoeffizienten bei der Stahlherstellung vorgenommen werden. Wie bei den Energiebereichen ermöglicht dies den Verzicht auf eine Ermittlung von monetären Angaben zum Produktionswert des Stahlbereichs in den einzelnen Herkunftsländern. Damit werden Unsicherheiten bei der Umrechnung dieser – in nationalen Währungseinheiten vorliegenden – Angaben in Euro-Werte vermieden.

4.2. Berechnungen für das Inland und für die Importe

Für das Inland und für die Importe werden getrennte Berechnungen durchgeführt. Die Importe sind durch länderweise spezifische Güterstrukturen der Einfuhrwerte, Produktionstechniken und Energieeinsatz- bzw. CO₂-Emissionskoeffizienten charakterisiert. Diesen Unterschieden wird in einer regionalisierten Berechnung weitgehend Rechnung getragen.

Zuerst werden die Importe Güter mäßig nach Lieferländern aufbereitet (siehe Kapitel 4.2.1). Die jeweilige Produktionstechnik in den Lieferländern wird nicht generell, sondern nur bei wichtigen energieintensiven Produktionsbereichen, wie den Energiebereichen und bei der Stahlindustrie berücksichtigt (siehe Kapitel 4.2.2.). Ebenso werden der spezifische Energieeinsatz und die CO₂-Koeffizienten bei den Energiebereichen und der Stahlindustrie länderspezifisch erfasst. Bei den europäischen Lieferländern werden darüber hinaus für alle Branchen länderspezifische CO₂-Koeffizienten verwendet. Die Koeffizienten werden auf Basis einer Erhebung von EUROSTAT zu den Luftemissionen in der Europäischen Union (EU) nach wirtschaftlichen Aktivitäten berechnet.

4.2.1 Regionalisierung der Importe

Die Importe werden nach 14 Herkunftsländern unterschieden, die – mit Ausnahme Schwedens – lt. Außenhandelsstatistik die größte Bedeutung bei den Warenimporten haben (siehe Tabelle 16).

³ Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.1, Produzierendes Gewerbe – Eisen und Stahl, verschiedene Ausgaben.

Tabelle 16: Warenimporte 2006 nach Herkunftsländern

Herkunftsland	Mill. €	% von insgesamt	Herkunftsland	Mill. €	% von insgesamt
Frankreich	62 102	8,5	Russland	30 020	4,1
Niederlande	60 750	8,3	Japan	24 016	3,3
China	49 958	6,8	Polen	21 226	2,9
USA	49 197	6,7	Spanien	19 832	2,7
Italien	41 470	5,6	Norwegen	19 646	2,7
Vereinigtes Königreich	40 832	5,6	Schweden	12 900	1,8
Belgien	33 388	4,5	Summe	495 637	67,5
Österreich	30 301	4,1	Insgesamt	733 994	100,0

Quelle: Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik.

Schweden wurde wegen seiner Bedeutung bei der Einfuhr von Zellstoff und Papier – einem energieintensiven Herstellungsprozess – und seinem dabei stark von Deutschland abweichenden Energieeinsatz miteinbezogen

Die Importwerte werden in einer Gliederung nach dem Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken (GP)⁴ anhand einer Sonderauswertung der Außenhandelsstatistik länderweise ermittelt. Bei dieser Sonderauswertung wurden für Zwei- und Dreisteller – in Einzelfällen sogar für Viersteller – sowohl Mengenangaben (in kg) als auch Wertangaben (in Euro) ausgewertet.

Die Einfuhrangaben für Energieträger werden in Heizwerten (Terajoule) angegeben. Diese Angaben werden verschiedenen amtlichen Statistiken und Verbandsstatistiken entnommen⁵.

Bei den Importen werden zunächst die Wiederausfuhren (Re-Exporte) – durch Abzug – berücksichtigt. Re-Exporte sind Waren, die in unverändertem Zustand wiederausgeführt werden. Da sie nicht im Inland verbleiben, sind der energetische Aufwand bei deren Herstellung und die damit verbundenen CO₂-Emissionen nicht dem Inland zuzurechnen. Die Höhe der Re-Exporte wird in der Import-IOT nach Gütergruppen angegeben. Die so ermittelte Relation von Wiederausfuhr zu den Importen insgesamt wird für die länderweise Abschätzung der Wiederausfuhr benutzt.

Anschließend müssen die Gesamtwerte der Importe nach Gütergruppen – entsprechend der Berechnungssegmente (siehe Übersicht 2) - nach Verwendungskategorien aufgeteilt werden. Folgende Kategorien werden unterschieden: Konsumgüter, Vorleistungen, sonstige Importe (Investitionsgüter). Bei den Berechnungen zu den importierten Vorleistungen muss ebenfalls eine Zurechnung der Vorleistungsproduktion zu den Endverwendungskategorien Privater Konsum, Export und restliche Verwendung vorgenommen werden.

⁴ Statistisches Bundesamt: Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1995.

⁵ Importiertes Erdgas: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Entwicklung der Erdgaseinfuhr in die Bundesrepublik Deutschland (in Tj).

Importiertes Rohöl: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik, Tabelle 2. Importiertes Mineralöl: Mineralölwirtschaftsverband e.V.: Mineralölzahlen, (Datei „mzxls.zip“, Datei MINVERS, Tabelle S26). Importierte Steinkohle: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.: Kohleneinfuhr nach Lieferländern.

Die Aufteilung der Importe nach Konsumgütern und Vorleistungen wird anhand der monetären Angaben der Import-IOT – in gleicher Weise für alle Länder – vorgenommen.

4.2.2 Berücksichtigung der länderspezifischen Produktionsverhältnisse

Im Analysemodell werden nur bei wichtigen Energieverbrauchern – wie bei den Energieumwandlungsbereichen und beim Stahlsektor - länderspezifische Produktionsverhältnisse berücksichtigt. Dadurch wird eine Annäherung der Modell mäßig ermittelten Emissionen an die tatsächlichen Emissionen in den Lieferländern bezweckt. Auf eine allgemeine Berücksichtigung der länderspezifischen Technologien und Vorleistungsverflechtung, d.h. auf den Einbau der IOT der Lieferländer, wird aus konzeptionellen Gründen zunächst verzichtet. Mit Ausnahme der erwähnten Produktionsbereiche wird also bei den Berechnungen von der inländischen Technologie ausgegangen.

Bei dieser Methode werden nur die Energieeinsätze der Energiebereiche, des Aluminiumsektors und des Stahlsektor länderspezifisch abgebildet. Die übrigen – monetär berücksichtigten – Inputs werden aus der IOT für Deutschland entnommen. Dieser Ansatz bedingt, dass die Energieeinsätze für die länderspezifisch abgebildeten Produktionsbereiche auf das inländische Produktionsniveau standardisiert werden.

Ein Hauptgrund für den Verzicht auf eine vollständige Berücksichtigung der Produktionsverhältnisse der Lieferländer ist, dass bei dem gewählten disaggregierten Berechnungsansatz keine hinreichend disaggregierten internationalen IOT zur Verfügung stehen⁶. Außerdem ermöglicht der hybride Berechnungsansatz eine stärker detaillierte Berücksichtigung von wichtigen Energieverbrauchern im Inland und bei den Lieferländern (siehe nächster Abschnitt zur Gliederung der Produktionsbereiche im IO-Analysemodell).

Bei dem Berechnungsansatz steht konzeptionell der Energie- und CO₂-Gehalt der von den Lieferländern gelieferten Güter im Vordergrund der Betrachtung. Die durch die deutschen Importe bei den unmittelbaren Lieferländern ausgelösten Importe auf vor gelagerten Produktionsstufen („backward linkages“) und der dabei bewirkte Energieeinsatz wird bei diesem Ansatz vollständig dem unmittelbaren Lieferland zugerechnet⁷. Die umfassende, detaillierte Verknüpfung von Regionen oder Ländern bleibt der multiregionalen IO-Analyse vorbehalten.

Unabhängig von der Abbildung der Produktionsverflechtung der Lieferländer werden bei den Energieeinsatz- und CO₂-Emissions-Koeffizienten länderspezifische Charakteristika wie folgt berücksichtigt: Bei den Energiebereichen (7 Sektoren), im Bereich der Stahlherstellung (NACE Rev. 1: 27.1-3), der Aluminiumindustrie (27.42) und der Zellstoff- und Papierherstellung (21.1) werden mit Hilfe von Sonderrechnungen spezielle Koeffizienten für alle Lieferländer berechnet (siehe Kapitel 4.3.2, CO₂-Koeffizienten im Stahlsektor: siehe Tabelle 5 im Anhang).

Beiden Pipelinetransporten (60.3) wurden für Norwegen und Russland – den Hauptlieferländern für Erdgas- und Rohölimporte - spezielle Energie- und Emissionskoeffizienten berechnet, die den

⁶ Die OECD stellt in ihrer „Structural Analysis (STAN) Database“ für eine Vielzahl von Ländern (42 Länder) detaillierte IOT bereit: siehe OECD (2006): The OECD Input-Output Database: 2006 Edition, STI Working Paper 2006/8 N. Yamano, N. Ahmad, Okt. 2006. Allerdings stehen die tief-gegliederten Tabellen (nach 48 Bereichen) mit einer Reihe für die energetische IO-Analyse wichtiger Untergliederungen für eine große Zahl an Ländern – so z.B. für die europäischen Länder – nicht zur Verfügung (siehe Tabelle 4 in OECD 2006). Link zur OECD-STAN Datenbank: [Input-Output Tables](http://www.oecd.org/sti/inputoutput/) (<http://www.oecd.org/sti/inputoutput/>).

⁷ Eine Ausnahme bilden die Aluminium-Importe, bei denen die Importe von Roh- oder Sekundäraluminium der unmittelbaren Lieferländer zusätzlich näher analysiert werden.

speziellen Energieträgereinsatz beim Transport und die Transportlänge berücksichtigen. Für die übrigen Bereiche konnten CO₂-Emissionskoeffizienten nur für die europäischen Lieferländer berechnet werden. Dabei wurden die von Eurostat erhobenen und veröffentlichten Daten zu den emittierten Luftschadstoffen nach Wirtschaftsbereichen herangezogen⁸. Da für die europäischen - und außereuropäischen - Länder keine vergleichbaren zum Energieverbrauch verfügbar sind, wurden bei der Berechnung der Energie-Koeffizienten für diese Bereiche die Koeffizienten für das Inland unterstellt. Durch eine Auswertung der nationalen Energiebilanzen könnten für Bereiche des Verarbeitenden Gewerbes möglicherweise weitere länderspezifische Energiekoeffizienten berechnet werden.

Übersicht 3: Verfügbarkeit von Energieeinsatz- und Emissionskoeffizienten nach Produktionsbereichen und Lieferländern

Produktionsbereiche	Energiebereiche		Stahl, Aluminium, Zellstoff- u. Papierherstellung		Übrige Bereiche	
	Energie	CO ₂	Energie	CO ₂	Energie	CO ₂
Europäische Länder	X	X	X	X	—	X
Außereuropäische L.	X	X	X	X	—	

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Auswirkungen der regionalisierten Berechnung für Importgüter (Vergleichsrechnung)

Der Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern ist bei einer regionalisierten Berechnung der Importgüter und einer Berücksichtigung von länderspezifischen Energie-Einsatzverhältnissen und CO₂-Emissionskoeffizienten höher, als bei einer nicht-regionalisierten Berechnung und der Annahme von inländischen Produktionsverhältnissen.

Der Energiegehalt der Importgüter wäre bei einer Berechnung mit inländischen Produktionsverhältnissen um knapp 21 %, der CO₂-Gehalt um 13,2 % niedriger, als die Ergebnisse auf Basis der detaillierten, regionalisierten Berechnung. Auf das Niveau des Energie- und CO₂-Gehalts der gesamten Nachfrage wirkt sich dies mit unterschieden von 9,4 % beim Energiegehalt und 5,4 % beim CO₂-Gehalt aus.

⁸ Eurostat: Bereich „Umwelt“, Datenbank: physische und hybride Flussrechnungen (env_ac_ainacehh) <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environment/data/database>

Tabelle 17: Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern bei Regionalisierung der Importe (Vergleichsrechnung)

Kategorien	regionalisiert		nicht regionalisiert		Differenz regionalisiert /nicht regionalisiert				
	2000	2007	2000	2007	2000	2007	2000	2007	
	CO₂-Gehalt in Mill. t							%	
Bei der Herstellung von inländischen Erzeugnissen	716	755	716	755	0	0	0,0	0,0	
Importgütern	444	528	408	458	36	70	8,1	13,2	
Insgesamt	1159	1284	1123	1214	36	70	3,1	5,4	
	Energiegehalt in Petajoule							%	
Bei der Herstellung von inländischen Erzeugnissen	10.381	10.580	10.381	10.580	0	0	0,0	0,0	
Importgütern	7.488	8.826	6.481	7.000	1.007	1.825	13,4	20,7	
Insgesamt	17.869	19.405	16.862	17.580	1.007	1.825	5,6	9,4	

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

Die Ursache für das höhere Niveau des Energie- und CO₂-Gehalts in der regionalisierten Berechnung ist ein im Durchschnitt höherer Energieaufwand bei der Herstellung der Importgüter in den Lieferländern, als bei einer Herstellung im Inland (vgl. Tabelle 17). So weisen von den vier größten Lieferländern (bei den Warenimporten) im Jahr 2007 – Frankreich, Niederlande, China, USA – alle Länder bis auf die Niederlande einen durchschnittlich höheren spezifischen Energieeinsatz auf als Deutschland. Bei den CO₂-Emissionen ist der Abstand zu Deutschland deutlich geringer. Dies liegt an dem vergleichsweise hohen CO₂-Ausstoß in Deutschland bei der Stromerzeugung, - dem Produktionsbereich der das Ergebnis stark beeinflusst.

Die Unterschiede im Energie- und CO₂-Gehalt der Importgüter in den beiden Rechnungen sind zwischen 2000 und 2007 angewachsen. Dies liegt an dem überdurchschnittlichen Wachstum der Importe aus Ländern mit einem überdurchschnittlichen Energieeinsatz und CO₂-Ausstoß, wie z.B. China und Russland.

4.3. Erstellung der hybriden Input-Output Tabelle

4.3.1 Inland

Gliederung der Produktionsbereiche im Energie-IO-Analysemodell:

Die hybride Energie-IOT wird auf Basis der monetären IOT des Statistischen Bundesamts erstellt⁹. Die nationale Veröffentlichung ist nach 71 Produktionsbereichen gegliedert (siehe Übersicht 2 im Anhang). Gegenüber den IOT im Rahmen des europäischen Lieferprogramms in A60 Gliederung (Zweisteller der NACE Rev. 1 bzw. der CPA) enthält die nationale IOT bereits wichtige Unterteilungen bei folgenden energieintensiven Produktionsbereichen:

Übersicht 4: Unterteilung von Produktionsbereichen in den nationalen IOT

Nr. (R71)	71 Produktionsbereiche	CPA ¹ bzw. WZ 2003 ³⁾
16	Herstellung von Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	21.1
17	Herstellung von Papier-, Karton- und Pappewaren	21.2
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	24.4
22	Herstellung von chemischen Erzeugnissen (oh. pharmaz. Erzeugn.)	24 (ohne 24.4)
23	Herstellung von Gummiwaren	25.1
24	Herstellung von Kunststoffwaren	25.2
25	Herstellung von Glas und Glaswaren	26.1
26	Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	26.2 – 26.8
27	Herstellung von Roheisen, Stahl, Rohren und Halbzeug daraus	27.1 – 27.3
28	Herstellung von NE-Metallen und Halbzeug daraus	27.4
29	Herstellung von Gießereierzeugnissen	27.5
40	Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme	40.1, 40.3
41	Erzeugung und Verteilung von Gasen	40.2
49	Eisenbahndienstleistungen	60.1
50	Sonstige Landverkehrsleistungen, Transportleistungen in Rohrfernleitungen	60.2 - 60.3

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Zur Verbesserung der Qualität der Ergebnisse und der Aussagefähigkeit des Modells werden in dem Analysemodell bei den Energiebereichen und bei weiteren, ausgewählten energieintensiven Produktionsbereichen weitere Unterteilungen vorgenommen (Übersicht 5):

⁹ Die Input-Output Tabellen werden in Fachserie 18 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Reihe 2 Input-Output Rechnung veröffentlicht. Gliederung der nationalen IOT nach 71 Produktionsbereichen (R71) siehe Anhang 2.

Übersicht 5: Aufteilung von Produktionsbereichen in der Energie-IOT

Gliederung in den monetären IOT	Gliederung in der Energie-IOT	NACE Rev.1
Kohlenbergbau	Steinkohlenbergbau Braunkohlenbergbau	10.1 10.2
Kokereien, Mineralölerzeugung, Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen	Kokereien Mineralölerzeugung Verarb. von Spalt- und Brutstoffen	23.1 23.2 23.3
Elektrizitätsgewinnung, Fernwärme	Elektrizitätsgewinnung Fernwärmeversorgung	40.1 40.3
Sonstige Chemie (oh. Pharmazie)	Grundstoffchemie Übrige Chemie	24.1 24 (oh. 24.1/4
Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen	Erz. und erste Bearb. von Aluminium Sonstige NE-Metallindustrie	27.42 27.41/43-45

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Bei den Unterteilungen können die Angaben zu den energetischen Inputs direkt der Energiebilanz – wie beim Nachweis der Energiebereiche – bzw. der Energieflussrechnung entnommen werden. Die übrigen – monetären – Inputs sind durch weitergehende Berechnungen zu ergänzen. Um das Rechenmodell im Umfang zu begrenzen, werden im Bereich der Dienstleistungen Zusammenfassungen von Bereichen mit einem relativ geringen Energieeinsatz vorgenommen. Das Analysemodell umfasst danach 73 Produktionsbereiche (siehe Übersicht 2 im Anhang).

Berechnung der Verwendung von Energie und Einbau in die IOT

Der Energieverbrauch wird in den UGR nach 34 Energieträgern und 71 Produktionsbereichen berechnet¹⁰. Die Gliederung der Energieträger entspricht der Gliederung in der nationalen Energiebilanz¹¹. Zusätzlich zu diesen Energieträgern werden weitere Unterteilungen im Bereich der erneuerbaren Energien vorgenommen. Hier werden 7 Energieträger unterschieden (die Energiebilanz enthält eine Unterteilung der „Erneuerbaren“ nach drei Energieträgern „Wasserkraft, Wind, Photovoltaik“, „Biomasse und erneuerbare Abfälle“, „sonstige erneuerbare Energieträger“). Die detaillierten Berechnungen im Bereich der erneuerbaren Energien basieren überwiegend auf den Satellitenbilanzen „Erneuerbare Energien“, die ebenfalls von der AG Energiebilanzen herausgegeben werden¹².

¹⁰ Siehe Gliederung der Energieträger in der Energieflussrechnung der UGR in Übersicht 3 im Anhang.

¹¹ Die Energiebilanzen werden von der Arbeitsgemeinschaft (AG) Energiebilanzen e.V. herausgegeben. Sie umfassen Tabellen in natürlichen Einheiten, in Steinkohleeinheiten und in kalorischen Einheiten (Terajoule). Zusätzlich zu den detaillierten Energiebilanzen werden Zeitreihen zum Primärenergieverbrauch und zum Endenergieverbrauch der Verbrauchssektoren mit aktuellen Angaben in den „Auswertungstabellen“ veröffentlicht.

<http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=6>

Methodische Erläuterungen zu den Energiebilanzen werden im Internet unter „Erläuterungen“ als PDF-Text bereitgestellt. Siehe „Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland“.

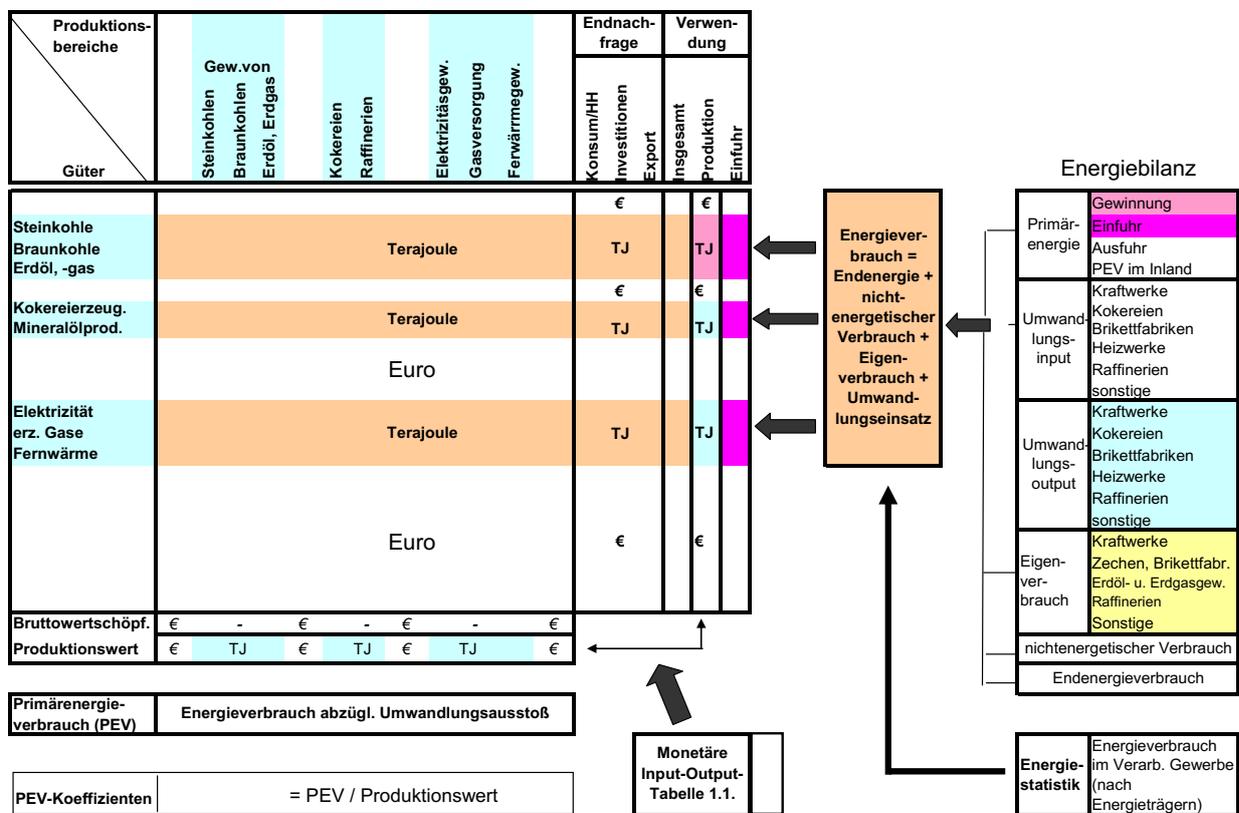
¹² Auf der Homepage der AG-EB unter Daten/Bilanzen als Satellitenbilanzen in EXCEL-Format verfügbar. Statistiken zu den Erneuerbaren Energien werden von der Arbeitsgruppe „Erneuerbare Energien-Statistik“ erstellt (AG-EE-Stat).

<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/5468/>

Die Berechnungen zu Aufkommen und Verwendung von Energie stützen sich auf die Angaben der Energiebilanz, der (amtlichen) Energie- und Mineralölstatistik und weiterer Statistiken von Forschungsinstituten zum Energieverbrauch der Haushalte und „Kleinverbraucher“ (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) (siehe Abbildung 15). Im Bereich des Straßentransports werden eigene, detaillierte Berechnungen zum Kraftstoffverbrauch nach einzelnen Kraftfahrzeugarten und Haltern durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse werden regelmäßig in der Veröffentlichung „Umweltnutzung und Wirtschaft“ – Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (Tabelband) publiziert¹³.

Die detaillierten Angaben zur Verwendung von Energieträgern – in Terajoule – werden zu 9 Energiegütergruppen (siehe Energiebereiche in Abbildung 15 zuzüglich „Kernenergie“) zusammengefasst. Diese Angaben ersetzen zeilenweise die monetären Angaben der IOT. Die von der Natur

Abbildung 15: Hybride Energie-IOT und Energiebilanz



Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

bereitgestellten erneuerbaren Energien (Wind, Wasser, Photovoltaik, Solarthermie) haben keine monetäre Entsprechung in der IOT und bleiben deshalb in der IOT unberücksichtigt. Bei der Berechnung der Energiekoeffizienten werden sie jedoch wie die „ökonomischen“ Energieträger vollständig einbezogen. Ihr Energiegehalt wird nach der Wirkungsgradmethode bestimmt und beträgt 100% der gewonnenen Sekundärenergie (Elektrizität und Wärme)¹⁴.

¹³ Umweltnutzung und Wirtschaft – Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 2: Energie und Rohstoffe, Kapitel 3: Energie. Tabelle 3 im Anhang enthält die Angaben zur Verwendung von Energie nach Produktionsbereichen und privaten Haushalten für das Berichtsjahr 2006. http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UGR_templateId=renderPrint.psm1_nnn=true

¹⁴ Siehe „Vorwort zu den Energiebilanzen“, S. 9.

4.3.2 Berechnungen für die ausländischen Energiebereiche

Detaillierte Berechnungen zu den Inputstrukturen in den Lieferländern sind wegen der Bedeutung der Vorketten bei der Ermittlung des gesamten Energieaufwands von großer Bedeutung. Der unmittelbare Energieverbrauch bei der Herstellung der Endnachfragegüter (Konsum-, Investitions- und Exportgüter) in den Lieferländern kann mit Hilfe geeigneter Energiekoeffizienten noch auf vergleichsweise einfache Art ermittelt werden. Dagegen ist die Berechnung des Energieaufwands auf den vorgelagerten Produktionsstufen schwierig und aufwändig: idealerweise sollte diese Berechnung auf einer vollständigen Abbildung der Produktionsprozesse und Lieferverflechtungen in den einzelnen Lieferländern und zwischen den Lieferländern, d.h. auf multiregionalen IOT, basieren. Dieser umfassende Ansatz wurde in dem Modell – wie oben ausgeführt – aus konzeptionellen Gründen nicht gewählt.

In dem hier gewählten Ansatz wird Wert auf eine möglichst genaue Abbildung der bedeutendsten Vorketten in den Lieferländern gelegt. Die mit Abstand bedeutendste Vorkette bezüglich des Energieaufwands und der CO₂-Emissionen ist die Herstellung von Elektrizität. Bei der Elektrizitätsgewinnung fallen beim Einsatz der Primärenergieträger erhebliche Umwandlungsverluste an, die – zusammen mit dem Eigenverbrauch – dem Bereich als Energieverbrauch zugerechnet werden. Beim Einsatz von fossilen Brennstoffen in den Kraftwerken entstehen hohe CO₂-Emissionen.

Nach vorläufigen Berechnungen für 2006 beträgt der Energieaufwand bei der Herstellung von Elektrizität im Inland 33,5% des gesamten inländischen Energie-Einsatzes der Produktionsbereiche. Bei der Herstellung der Importe in den Lieferländern liegt der Anteil der Elektrizitätsherstellung mit 24,1% zwar etwas niedriger, aber die Elektrizitätsgewinnung ist auch dort mit Abstand der bedeutendste Verbraucher von Energie. Bei den CO₂-Emissionen der Produktionsbereiche ist der Anteil der Elektrizitätsgewinnung noch höher, da die Produktionsbereiche außerhalb der Energiegewinnung in hohem Maße die - bei der direkten Verwendung - CO₂-freie Elektrizität einsetzen. Bei den Importen beträgt der Anteil der Elektrizitätsgewinnung an den gesamten CO₂-Emissionen der Produktionsbereiche 36,2% (2006).

Der zweitwichtigste Energieverbraucher bei der Herstellung der deutschen Importgüter ist der Stahl- und NE-Metallsektor (NACE 27). Beim Energieeinsatz hat dieser Bereich 2006 einen Anteil von 23,33% des gesamten Energieverbrauchs der Produktionsbereiche, bei den CO₂-Emissionen von 26,7%. Auf Grund dieser großen Bedeutung wurde dieser Produktionsbereich detailliert für die einzelnen Länder analysiert. Neben dem hohen direkten Energieverbrauch ist der Bereich zum Teil auch durch einen hohen indirekten Energieverbrauch und hohe indirekte CO₂-Emissionen geprägt. Diese ergeben sich aus dem Einsatz von Elektrizität bei der Stahlgewinnung – beispielsweise bei der Herstellung von Sekundärstahl in Elektroöfen- und bei der Erzeugung von NE-Metallen, wie z.B. von Aluminium, die ebenfalls einen sehr hohen Elektrizitätsverbrauch aufweisen. Daher ist eine möglichst genaue Erfassung der Herstellungsprozesse und der Energie-Inputs dieser Bereiche ebenfalls von großer Bedeutung (siehe Kapitel 4.3.3).

Bei der Berechnung des Energieverbrauchs der Energiesektoren der wichtigsten Importländer (10 europäische, 4 außereuropäische Länder) wurden die Energiebilanzen dieser Länder und weitere Statistiken ausgewertet. Für die 10 europäischen Länder werden die Energiebilanzen von EUROS-TAT herangezogen¹⁵. Für die 4 außereuropäischen Länder – China, Japan, Russland und die USA – werden die von der Internationalen Energieagentur (IEA) veröffentlichten Energiebilanzen – in

¹⁵ Die Angaben zu Energie werden von Eurostat nicht in Form von Energiebilanzen, sondern in Form von Zeitreihen für die einzelnen Merkmale der Energiebilanz in einer Datenbank veröffentlicht:

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>

Für die Berechnungen in diesem Modell wurden von Eurostat Angaben in natürlichen Einheiten und in ÖL-einheiten in Form einer Energiebilanz bereitgestellt.

Öleinheiten – ausgewertet¹⁶. Zusätzlich wurden weitere – nach Energieträgern stärker unterteilte – Angaben zu den einzelnen Energiebereichen aus der Datenbank der Vereinten Nationen (Statistical Division) entnommen¹⁷. Damit konnte beispielsweise der Eigenverbrauch der Energiebereiche, der in den Energiebilanzen nur zusammengefasst veröffentlicht wird, weiter nach Teilbereichen unterteilt werden. Diese Datenbank enthält die nach Energieträgern vollständig unterteilten Angaben zur Verwendung von Energie (in natürlichen Einheiten). Diese detaillierten Angaben sind insbesondere für die Berechnung der CO₂- Emissionskoeffizienten erforderlich. Übersicht 6 enthält die erfassten Bereiche und Merkmale im Energiesektor.

Übersicht6: Erfassungsmerkmale bei den Bereichen der Energiegewinnung – und Umwandlung

1	Elektrizitätsgewinnung	Erzeugung und Brennstoffeinsatz nach 8 Energieträgern, Eigenverbrauch der Kraftwerke
2	Heizkraftwerke	Erzeugung, Brennstoffeinsatz nach 4 Energieträgern
3	Raffinerien	Ausstoß, Umwandlungseinsatz, Eigenverbrauch nach vier Energieträgern
4	Erdöl- und Erdgasgewinnung	Gewinnung, Eigenverbrauch nach 4 Energieträgern
5	Kohlenbergbau	Gewinnung , Eigenverbrauch nach 5 Energieträgern
6	Kokereien	Erzeugung, Umwandlungseinsatz, Eigenverbrauch nach 4 Energieträgern

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Tabelle 18 zeigt für China und Deutschland im Vergleich die Angaben zur Stromerzeugung (in GWh und PJ), zum Brennstoffeinsatz in der Stromerzeugung, zum Wirkungsgrad und zu den CO₂-Emissionen der Stromerzeugung im Jahr 2006 (Tabelle 4 im Anhang enthält vergleichbare Angaben zum Brennstoffeinsatz in der Stromgewinnung für Deutschland und alle einbezogenen Lieferländer). China hat einen im Vergleich zu Deutschland um 9 % höheren Energiekoeffizienten. Wegen seines hohen Kohleeinsatzes in der Verstromung hat China einen sehr hohen CO₂-Koeffizienten: dieser ist um 58 % höher als der von Deutschland.

¹⁶ International Energy Agency: Energy Statistics, Energy Balances of OECD and Non-OECD Countries, verschiedene Jahrgänge.

¹⁷ United Nations Statistics Division: Energy Statistics Database.

<http://data.un.org/Explorer.aspx?d=EDATA>

Tabelle 18: Energieeinsatz und CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung in Deutschland und China 2006

Energieträger	Stromerzeugung			Brennstoffeinsatz			Wirkungsgrad		CO ₂ -Emissionen		
	China		Germany	China		Germany	China	Germany	spezif.	China	Germany
	GWh	PJ	PJ	1000 t oel	PJ	PJ	%		t /TJ	1000 t	1000 t
Steinkohle	2 328 195	8 382	496	613 980	25 690	1 234	32,6	40,2	94,1	2417	116
Braunkohle			544			1 433			110,6		158
Erdöl	0	0		230	10		0,0		78,0	42	
Mineralölprodukte	51 589	186	38	12 760	534	89	34,8	42,4			
Erdgas	26 104	94	264	5 450	228	521	41,2	50,7	56,0	13	7
Kernenergie	54 843	197	602	14 290	598	1 826	33,0	33,0			
Wasserkraft, Wind	435 786	1 569	251	37 480	1 568	381	100,0	66,0			
Geotherm., Solar etc.	3 973	14		340	14		100,5				
Übrige Energieträger	2 331	8	96	800	33	256	25,1	37,6	72,1	3	63
Strom	0	0		0	0						
Summe	2 902 821	10 450	2 292	685 330	28 675	5 739	36,4	39,9		2476	345
Eigenverbrauch					669	142					
Energie insgesamt					29 344	5 881					
<i>Energie-, CO₂-Koeffizienten</i>					<i>2,81</i>	<i>2,57</i>				<i>0,237</i>	<i>0,150</i>
- Deutschland = 100					109	100				158	100

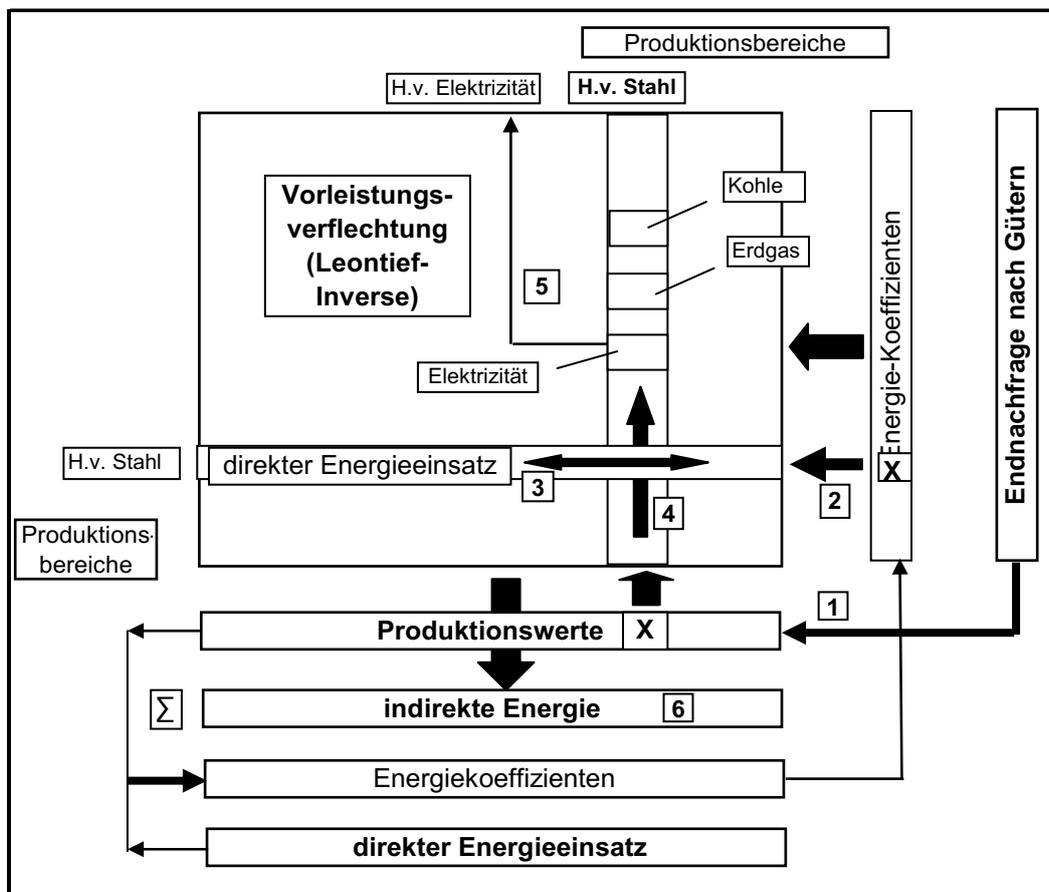
Quelle: China: IEA-Energiebilanzen; Deutschland: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, eigene I

4.3.3 Sonderrechnung für den Stahlsektor (WZ 27.1-3)

Wegen der großen Bedeutung des Eisen- und Stahlsektors (WZ 27.1-3) in Hinblick auf den Energieeinsatz und die Verursachung von CO₂-Emissionen wird für diesen Bereich eine Sonderrechnung durchgeführt. Die Bedeutung des Stahlsektors leitet sich aus dem hohen spezifischen Energieeinsatz bei der Stahlerzeugung und seiner Rolle als wichtiger Zulieferer für viele Bereiche der Investitions- und Konsumgüterherstellung ab. Deswegen geht bei den Importen der überwiegende Teil des Energieaufwands der Stahlerzeugung auch nicht in die importierten Stahlerzeugnisse selbst, sondern in importierte Fertigerzeugnisse mit hohem Stahlanteil ein. Daher ist eine möglichst genaue Berücksichtigung des Produktionsprozesses auch in den Ländern von großer Bedeutung, die Stahl nicht in großen Mengen direkt nach Deutschland exportieren, – wie z.B. China, USA und Japan – jedoch Fertigerzeugnisse mit hohem Stahlanteil.

Abbildung 16 zeigt schematisch den Berechnungsablauf für die Berechnung des Energieverbrauchs in Zusammenhang mit der Stahlherstellung. Dieser kann in 6 Schritte unterteilt werden:

Abbildung 16: Berechnung des direkten und indirekten Energieverbrauchs am Beispiel Stahlherstellung



Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Zunächst wird in dem IO-Analysemodell das Produktionsniveau der Stahlherstellung ermittelt, das zur Herstellung der deutschen Importgüter erforderlich ist (Schritt 1). Mit Hilfe der – länderweise spezifischen – Energiekoeffizienten wird dann der direkte Energieverbrauch bei der Stahlherstellung berechnet (Schritt 2). Dieser Energieverbrauch wird in einem dritten Schritt den Produktionsbereichen zugerechnet, die Endnachfragegüter herstellen und dabei Stahl als Vorprodukt einsetzen. Auf Basis der Berechnungen zum Energieeinsatz des Stahlbereichs werden die Energiebezüge des Stahlbereichs (Schritt 4) und die dafür erforderlichen Energieeinsätze bei den Energieproduzenten ermittelt (Schritt 5). In einem letzten Schritt (Schritt 6) wird auch dieser (indirekte) Energieeinsatz wiederum den Gütern zugerechnet, in die Stahl als Vorprodukt eingeht.

In der Sonderrechnung wird zunächst die Erzeugung von Eisen- und Stahl und dessen Weiterverarbeitung in Deutschland und den ausgewählten Lieferländern mengenmäßig erfasst (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Stahlerzeugung in Deutschland und ausgewählten Ländern, Importe von Stahl nach Deutschland 2006

	DE	FR	AU	IT	NL	BE	CH	RS	US	JP	Importe insges.
	in 1000 Tonnen										
Insgesamt	47 224	19 852	7 130	31 625	6 373	11 630	420 917	56 500	98 556	116 196	
Oxygenstahl	32 550	12 242	6 487	11 823	6 223	8 172	377 460	43 500	42 458	85 965	
Elektrostahl	14 674	7 610	643	19 802	150	3 458	43 457	13 000	56 098	30 231	
	in % von insgesamt										
Oxygenstahl	68,9	61,7	91,0	37,4	97,6	70,3	89,7	77,0	43,1	74,0	
Elektrostahl	31,1	38,3	9,0	62,6	2,4	29,7	10,3	23,0	56,9	26,0	
nachrichtlich:	in 1000 Tonnen										
Lieferungen nach Deutschl.	-	3 988	2 750	2 693	4 045	3 567	338	1 500	55	52	34 316

Quelle: Eisen- und Stahlstatistik, Aussenhandelsstatistik, Statistisches Bundesamt.

Für die Stahlerzeugung werden der Energieeinsatz und die CO₂-Emissionen für die Lieferländer mit Hilfe von zwei Ansätzen berechnet. Der erste Ansatz zur Schätzung der Energieinputs und der CO₂-Emissionen basiert auf Angaben der Prozesskettenanalyse. Beim zweiten Ansatz werden die nationalen und internationalen Energiebilanzen hinsichtlich des Energieverbrauchs des Stahlbereichs ausgewertet.

Mit den beiden Berechnungsansätzen sollten zunächst Erkenntnisse zu Umfang und Art der Stahlgewinnung in den einzelnen Ländern gewonnen werden. Zudem war beabsichtigt, die Unterschiede in den Ergebnissen der beiden Berechnungsmethoden – Prozesskettenanalyse einerseits und Energiebilanzmethode andererseits - festzustellen. Neben diesen Zwecken ermöglichte die PKA, Unplausibilitäten in den Energiebilanzen einzelner Länder für einzelne Jahre festzustellen und zu korrigieren.

Die Angaben zu den CO₂-Emissionen des Stahlsektors konnten – mit Ausnahme der USA und Chinas – den Veröffentlichungen des UNFCCC zu den Treibhausgasen entnommen werden. Das Treibhausinventar enthält für den Stahlbereich sowohl die energiebedingten, als auch die prozessbedingten Emissionen. Die prozessbedingten CO₂-Emissionen enthalten insbesondere den gesamten Kohlenstoffgehalt der Reduktionsmittel (Koks, Steinkohle).

Strukturelemente in den Treibhausgasinventaren^{*)} im Bereich der Stahlerzeugung:

CRF - Code	Bezeichnung	Inhalt
1.A.2.a	Eisenschaffende Industrie	Verbrennung von Brennstoffen
2.C.	Industrieprozesse	Prozessbedingte Emissionen
2.C.1	Eisen- und Stahlproduktion	Emissionen der Stahlwerke einschl. Emissionen aus Hochöfen und CO ₂ - Emissionen aus Elektrodenabbrand bei der Elektrostahlherstellung
2.C.1.1	Eisen-, Stahl- und Temperguss- produktion	
2.C.1.2	Roheisenproduktion	
2.C.1.3	Sinterproduktion	
2.C.1.4	Koks	
2.C.1.5	Anderes	

*)CRF: Common Reporting Format

Für die USA und China wurde auf die Berechnungsergebnisse auf Basis der PKA zurückgegriffen, da keine (China) bzw. nur unzureichend disaggregierte Angaben vorlagen (USA).

Mit Hilfe der Prozesskettenanalyse erfolgt zunächst eine erste Abschätzung des Energieaufwands. Dabei wird der sehr unterschiedliche Energieeinsatz bei der Herstellung von Oxygenstahl einerseits und bei der Herstellung von Elektrostahl andererseits explizit berücksichtigt. Während bei der Herstellung von Oxygenstahl überwiegend kohlenstoffreiche Primär- und Sekundärenergieträger wie Steinkohle, Koks und Erdgas eingesetzt werden, wird bei der Herstellung von Elektrostahl an Energie ausschließlich Elektrizität – zum Einschmelzen von Schrott – verwendet. Daher weisen die beiden Prozesse bei den (direkten) CO₂-Emissionskoeffizienten sehr unterschiedliche Werte auf.

Die Prozesskettenanalyse liefert jedoch hinsichtlich des Energieeinsatzes des Sektors zunächst noch unvollständige Schätzergebnisse. Insbesondere liegen nicht für alle Lieferländer hinreichend verlässliche Angaben zu deren spezifischen Energieeinsatz bei der Stahlherstellung vor. Zudem fehlen Angaben zum Energieeinsatz bei der Weiterverarbeitung von Stahl (Ziehen und Walzen von Stahl). Durch Modifikation von spezifischen Einsatzkoeffizienten wurde versucht, die Schätzung zu verbessern und mit den Eckwerten aus den vorliegenden Energiebilanzen abzustimmen. Letztendlich wurden bei der Berechnung der Energieinputs und der Energiekoeffizienten jedoch die Angaben aus den internationalen Energiebilanzen zum Energieverbrauch des Stahlsektors zugrunde gelegt.

Tabelle 20 zeigt den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen bei der Stahlerzeugung für Deutschland, Italien, Österreich, Frankreich und China im Jahr 2006 (Tabelle 5 im Anhang zeigt die Angaben zur Stahlherstellung und zu den CO₂-Emissionen für alle einbezogenen Länder mit Ausnahme Norwegens). Bei den CO₂-Emissionen werden neben den direkten Emissionen bei der Stahlherstellung auch die Emissionen einschließlich der Vorkette „Stromerzeugung“ nachgewiesen. Dabei wird der Einsatz von Elektrizität mit den nationalen Emissionskoeffizienten der Stromerzeugung „belastet“. Der auf diesen Berechnungen basierende Emissionskoeffizient ermöglicht eine bessere Abschätzung der mit der Stahlerzeugung insgesamt verbundenen CO₂-Emissionen und ist für internationale Vergleiche der spezifischen Emissionen besser geeignet. Neben der Effizienz der angewandten Techniken und der unterschiedlichen Prozesse der Stahlgewinnung wird bei diesem Vergleich auch die unterschiedliche Art und Effizienz der Stromgewinnung in den einzelnen Ländern berücksichtigt.

Tabelle 20: Energieverbrauch und CO₂-Emissionen bei der Stahlherstellung in Deutschland und ausgewählten Lieferländern (Italien, Österreich, Frankreich und China) 2006

	Einheit	DE	IT	AU	FR	CH
Energieverbrauch:						
Endenergie (EB):						
Steinkohle	TJ	121.782	48.304	116	83.614	1.486.673
Sk-Koks	TJ	156.527	99.315	47.675	70.720	6.719.008
Kokereigas	TJ	33.026	0	1.239	16.352	0
Hochofengas	TJ	78.293	180	20.693	24.911	0
Mineralölolz	TJ	31.544	5.092	651	1.944	116.946
Erdgas	TJ	89.760	78.932	16.679	35.019	43.013
Strom	TJ	79.092	78.026	12.611	57.289	1.182.406
Sonstige	TJ	4.062	0	0	0	162.050
Insgesamt	TJ	594.086	309.850	99.664	289.849	9.548.045
CO₂-Emissionen						
Insgesamt (PKA ¹⁾)	1000 t	49.737	21.568	9.531	22.326	883.678
Insgesamt (UNFCC)	1000 t	53.182	18.296	11.542	20.665	-
Koeffizienten (je Tonne Stahl)						
Energie	TJ / t	12,8	10,1	15,0	14,5	22,5
CO ₂	t / t	1,13	0,58	1,62	1,04	2,10
Energie	D=100	100	79,4	117,4	113,3	176,3
CO ₂	D=100	100	51,4	143,7	92,4	186,4
Vorkette						
Stromerzeugung						
CO ₂ -Koeffizienten	t / TJ	0,150	0,121	0,067	0,025	0,237
CO ₂ -Emissionen	1000 t	11.897	9.441	842	1.408	280.151
CO₂-Emissionen einschl. Vorkette						
Emissionskoeffizient	t / t	1,38	0,88	1,74	1,11	2,75
Emissionskoeffizient	D=100	100	64	126	81	200
Stahlerzeugung						
Anteil Elektrostahl	1000 t	47.224	31.624	7.129	19.852	422.989
	%	31,1	62,6	9,0	38,3	10,3

1) PKA: Prozesskettenanalyse.

Quelle: Eurostat (Energiebilanzen), IEA-Energiebilanzen, Statistisches Bundesamt (Eisen- und Stahlstatistik), UNFCCC (Data Interface, Stand 2009, eigene Berechnungen).

Im Vergleich zu Deutschland weist beispielsweise Italien um 20% niedrigere Energie- und um 49% niedrigere (direkte) CO₂-Koeffizienten auf. Diese niedrigeren Koeffizienten ergeben sich aus einem vergleichsweise hohen Anteil von Elektrostahl an der gesamten Stahlherstellung. Im Jahr 2006 betrug der Anteil 62,6%, während der Anteil in Deutschland ungefähr bei der Hälfte – bei 31,1% lag. Bei der Erzeugung von Elektrostahl sind – wie bereits erwähnt – der direkte Energieeinsatz und die direkten CO₂-Emissionen in Relation zur erzeugten Stahlmenge erheblich niedriger, als bei der Erzeugung von Oxygenstahl. Der höhere Anteil an Elektrostahl in Italien führt zu vergleichsweise niedrigen (direkten) CO₂-Koeffizienten (2006: 0,58 Tonnen CO₂ je Tonne Stahl). Berücksichtigt man die Vorkette „Stromerzeugung“ dann erhöhen sich die CO₂-Emissionen insbesondere bei den Ländern mit einem hohen Stromeinsatz in der Stahlerzeugung und mit hohen CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung. Beispielsweise verringert sich der Abstand von Italien

zu Deutschland wegen des vergleichsweise höheren Stromeinsatzes in Italien. Der Emissionskoeffizient Italiens liegt allerdings trotzdem noch um 36% niedriger als der deutsche Koeffizient.

Für Länder mit relativ niedrigen Emissionskoeffizienten bei der Stromerzeugung – wie Frankreich – ergeben sich vergleichsweise niedrige Koeffizienten. So beträgt der Emissionskoeffizient (einschließlich Stromerzeugung) für Frankreich nur 81% des deutschen Koeffizienten. Für China mit einem sehr hohen Emissionskoeffizienten bei der Stromerzeugung ist der Emissionskoeffizient (einschließlich Stromerzeugung) doppelt so hoch wie in Deutschland, d.h. pro Tonne erzeugtem Stahl wird in China – unter Berücksichtigung der Emissionen bei der Erzeugung des eingesetzten Stroms – doppelt so viel an CO₂-Emissionen freigesetzt wie in Deutschland.

4.3.4 Sonderrechnung für die Aluminiumindustrie (WZ 27.42)

Die Herstellung von Aluminium ist ein sehr energieaufwändiger Prozess. Die Herstellung von Rohaluminium erfolgt entweder durch die Schmelzflusselektrolyse von Aluminiumoxid (H.v. Primäraluminium) oder durch die Verarbeitung von Aluminiumschrott (H.v. Sekundäraluminium) (siehe Abbildung 1 in der Anlage). Im Unterschied zur Herstellung von Primäraluminium ist die Herstellung von Sekundäraluminium weniger energieaufwändig. Dabei wird nur rund ein Achtel der Energie der Herstellung von Primäraluminium benötigt. Ein hoher Energieaufwand entsteht bei der Herstellung von Aluminiumoxid (Tonerde) aus dem im Bauxit enthaltenen Aluminiumoxid/hydroxid-Gemisch. Dieses Gemisch wird in Wirbelschichtanlagen oder in Drehrohröfen gebrannt. Dabei wird überwiegend Erdgas eingesetzt. Anschließend wird das Rohaluminium durch Schmelzflusselektrolyse nach dem Kryolith-Tonerde-Verfahren gewonnen¹⁸. Dabei werden große Mengen an Elektrizität benötigt.

Der Energiegehalt von Aluminium und die mit der Herstellung verbundenen CO₂-Emissionen sind sowohl von der Art der Aluminiumherstellung in den unmittelbaren Herkunftsländern, als auch von der Art der Erzeugung von importiertem Rohaluminium und Halbzeug bei weiteren Vorlieferanten abhängig (siehe Abbildung 1 in der Anlage). Viele Länder erzeugen Rohaluminium nicht selbst oder nur in geringer Menge – wie beispielsweise Belgien (siehe Tabelle 21) – und importieren stattdessen Primäraluminium, um daraus Fertigerzeugnisse oder Halbzeug herzustellen. Dies ist bei der Berechnung des Energieaufwands bei der Herstellung von Aluminiumerzeugnissen zu berücksichtigen. Den Lieferländern wird der gesamte Energieaufwand bei der Herstellung von Aluminium, also einschließlich des Energieeinsatzes bei der Herstellung von (Roh-) Aluminium bei Zulieferern aus anderen Ländern „angerechnet“.

Tabelle 21 zeigt die Ausgangsdaten zur Berechnung des Energieeinsatzes bei der Herstellung von Rohaluminium (einschl. Aluminiumoxid - Tonerde) und die Ergebnisse zum Energieeinsatz und zu den CO₂-Emissionen für Deutschland und ausgewählte Handelspartner.

¹⁸ Siehe Wikipedia.org; Stichwort Aluminium und Schmelzflusselektrolyse.

Tabelle 21: Herstellung von Rohaluminium, Energieeinsatz und CO₂-Emissionen in der Aluminiumherstellung in Deutschland und ausgewählten Lieferländern 2006

	DE	NO	IT	BE	US	CH
Produktion	in 1 000 Tonnen					
Aluoxid (Tonerde)	973	2.566	574	0	4.304	17.640
Rohaluminium	1.311	1.709	1.582	110	5.281	11.699
- Primär	516	1.360	304	0	2.281	9.349
- Sekundär	796	349	1.278	110	3.000	2.350
	in Prozent von Rohaluminium					
- Primär	39,3	79,6	19,2	0,0	43,2	79,9
- Sekundär	60,7	20,4	80,8	100,0	56,8	20,1
Importe	in 1 000 Tonnen					
Aluoxid (Tonerde)	2.943	755	1.603	1.374	9.774	6.910
Rohaluminium	2.073		849	728	5.180	1.198
- Primär	1.560	400	849	728	5.180	1.198
- Sekundär	513	0	0	0	0	0
Aufkommen	in Prozent von Rohaluminium					
Aluoxid (Tonerde)	3.916	3.321	2.176	1.374	14.077	24.550
Rohaluminium	3.384	2.109	2.431	838	10.461	12.897
- Primär	2.076	1.760	1.153	728	7.461	10.547
- Sekundär	1.309	349	1.278	110	3.000	2.350
	in Prozent von Rohaluminium					
- Primär	61,3	83,5	47,4	86,9	71,3	81,8
- Sekundär	38,7	16,5	52,6	13,1	28,7	18,2
Energieeinsatz	in Terajoule					
Produktion	45.212	105.171	33.961	958	192.596	808.709
Aluoxid (Tonerde)	9.227	31.411	7.021	0	47.854	238.579
Rohaluminium	35.985	73.760	26.939	958	144.742	570.130
- Primär	29.054	70.720	15.808	0	118.612	549.661
- Sekundär	6.931	3.040	11.131	958	26.130	20.469
davon:						
Elektrizität	28.272	66.069	16.544	163	114.384	517.613
Heizöl	1.959	5.168	1.155	0	8.668	35.526
Erdgas	14.981	33.935	16.261	795	69.544	255.570
Importe	121.619	30.039	63.786	54.670	378.033	163.894
Alu-oxid	36.031	9.239	19.618	16.814	108.673	93.459
Rohaluminium	85.588	20.800	44.168	37.856	269.360	70.435
- Primär	81.120	20.800	44.168	37.856	269.360	70.435
- Sekundär	4.468	0	0	0	0	0
Aufkommen	166.831	135.210	97.746	55.628	570.629	972.603
Alu-oxid	45.258	40.650	26.639	16.814	156.527	332.039
Rohaluminium	121.573	94.560	71.107	38.814	414.102	640.565
- Primär	110.174	91.520	59.976	37.856	387.972	620.096
- Sekundär	11.400	3.040	11.131	958	26.130	20.469
spezif. Energieverbrauch	Terajoule je Tonne Rohaluminium					
Produktion						
Rohaluminium	34,5	61,5	21,5	8,7	36,5	69,1
Deutschland=100	100	178	62	25	106	200
Aufkommen						
Al. inkl. Halbzeug (D=100)	100	178	115	184	153	195
CO₂-Emissionen (Produktion)	1 000 Tonnen					
direkt	923	2.303	1.001	45	4.571	17.083
	Tonne CO₂ je Tonne Rohaluminium					
spezifisch	0,7	1,3	0,6	0,4	0,9	1,5
D=100	100	191	90	58	123	207
Vorkette Stromerzeugung	1 000 Tonnen					
spezifisch (kg CO ₂ /TJ Output)	0,154	0,002	0,121	0,070	0,164	0,237
absolut	4.354	114	2.002	11	18.801	122.640
Vorkette zu direkt	4,7	0,0	2,0	0,3	4,1	7,2

Quelle: US. Geological Survey Minerals Yearbook, verschied. Jg.; International Aluminium Institute: Statistical Report (Energy used in metallurgical Alumina Production; Wirtschaftsvereinigung Metalle: Metallstatistik; Umweltbundesamt: PROBAS (Prozessorientierte Basisdaten für UmweltmanagementInstrument). Eigene Berechnungen.

Zunächst wurde anhand einer gegebenen prozessbedingten Relation die Herstellung von Aluminiumoxid (engl. Alumina) geschätzt¹⁹.

In gleicher Weise wurde die Tonerdeherstellung in Zusammenhang mit dem importierten Primäraluminium geschätzt.

Der Energieeinsatz bei der inländischen Herstellung von Primär- und Sekundäraluminium und bei der Herstellung des importierten Aluminiums wurde mit Hilfe von prozessorientierten Angaben geschätzt. Für Deutschland stehen Angaben aus der PROBAS Datenbank zur Herstellung von Hüttenaluminium (Elektrolyse) und von Umschmelzaluminium (Recycling) zur Verfügung²⁰. Für die Lieferländer wurde der Energieeinsatz bei der Herstellung von Tonerde (Alumina) anhand von regionenspezifischen Angaben berechnet²¹. Für die Herstellung von Primäraluminium aus Tonerde (Schmelzflussanalyse) wurde von den prozessspezifischen Angaben für Deutschland ausgegangen und weitere Angaben zu den technischen Unter- und Obergrenzen beim Energieeinsatz von Elektrizität berücksichtigt²². Bei der Bestimmung der Einsatzkoeffizienten wurde insbesondere für China und Russland ein im Zeitablauf geringerer Elektrizitätsverbrauch, d.h. technischer Fortschritt, angenommen.

China ist weltweit mit Abstand der größte Hersteller von Rohaluminium (siehe Tabelle 21). Ganz überwiegend wird dort Primäraluminium – rund 80 % des gesamten Rohaluminiums – hergestellt. Dies führt zu einem sehr hohen spezifischen Energieaufwand (Energieeinsatz je Tonne Rohaluminium). Verglichen mit Deutschland wird in China je Tonnen Rohaluminium doppelt so viel Energie benötigt. Einen geringeren spezifischen Energieeinsatz als Deutschland weisen bei der Herstellung beispielsweise Italien und Belgien auf. Beide Länder haben bei der Herstellung einen vergleichsweise höheren Anteil von Sekundäraluminium. Allerdings führen beide Länder erhebliche Mengen von Primäraluminium – mit einem entsprechend hohen Energiegehalt – ein. Deshalb weisen beide Länder beim Aufkommen einen im Vergleich zu Deutschland höheren spezifischen Energiegehalt auf.

Direkte CO₂-Emissionen ergeben sich aus dem Einsatz von – überwiegend – Gas in den Drehöfen und beim Energieeinsatz fossiler Energieträger beim Umschmelzen von Sekundäraluminium. Sehr viel höhere Emissionen entstehen in Zusammenhang mit der Elektrizitätsherstellung, sofern dabei fossile Energieträger verwendet werden. Je Tonne Rohaluminium weisen die ausgewählten Länder bei der Herstellung direkte CO₂-Emissionen zwischen 0,4 (Belgien) und 1,5 (China) Tonnen auf. Unter Berücksichtigung der Vorkette „Stromerzeugung“ erhöhen sich die CO₂-Emissionen um ein Vielfaches – zwischen dem 2,0- (Italien) bis zum 7,2-fachen (China). Lediglich bei Norwegen und Belgien sind die indirekten Emissionen relativ gering, da bei der Stromherstellung nur geringe CO₂-Emissionen entstehen. Dagegen hat China, wegen des hohen Kohle-

¹⁹ Siehe European Commission (2000): integrated pollution Prevention and Control (IPPC), Seite 283.

²⁰ PROBAS: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement Instrumente, hrsg. von Umweltbundesamt (Berlin) und Öko-Institut (Freiburg)
<http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/sektoren.php?&PHPSESSID=08f0732b3084c496d402088af39100de>

²¹ Siehe Angaben des International Aluminium Institute (Statistical Report) zum spezifischen Energieverbrauch der Alumina-Herstellung für 5 Regionen (Africa and South Asia, North America, Latin America, East Asia and Oceania, Europe)
http://stats.world-aluminium.org/iai/stats_new/formServer.asp?form=8

²² European Commission (2000), S. 284 Angaben für den spezifischen Elektrizitätsverbrauch bei der Elektrolyse nach dem Pre Bake Verfahren.

anteils bei der Verstromung, den mit Abstand höchsten Emissionskoeffizienten bei der Stromgewinnung (0,237 kg CO₂ je Terajoule Elektrizitätsoutput) und sehr hohe indirekte CO₂-Emissionen – mehr als 120 Mill. Tonnen CO₂ – bei der Vorkette „Stromerzeugung“

4.3.5 Sonderrechnung für die Herstellung von Zellstoff, Papier und Pappe (WZ 21.1)

Für den Produktionsbereichs „H.v. Zellstoff, Papier und Pappe“ (WZ 21.1) wurde eine Sonderrechnung durchgeführt, in der für das wichtigste Lieferland – Schweden – der Energiegehalt und die CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Zellstoff und Papier näher analysiert und bestimmt wurden.

Die Herstellung von Zellstoff und Papier sind relativ energieaufwändige Prozesse. Insbesondere die Herstellung von Zellstoff erfordert einen hohen Energieaufwand. Ein bedeutender Teil der Energie kann allerdings durch Eigengewinnung von Energie, d.h. durch Nutzung des Energieinhalts des eingesetzten Rohstoffes „Holz“ gewonnen werden. Der Energieaufwand bei der Herstellung von Papier kann insbesondere durch Einsatz von Recycling-Material (Altpapier) reduziert werden. Der Energieaufwand bei der Herstellung von Zellstoff und Papier hängt somit von der Art der eingesetzten Energieträger, der Art der Eigengewinnung von Energie, insbesondere von Prozesswärme, z.B. in gekoppelten Prozessen (Kraft-Wärme-Gewinnung), und vom Umfang von eingesetzten Recycling-Materialien ab.

Bei den Importen ist im Idealfall sowohl der besonderen Zusammensetzung der Importe – Holzstoff und Zellstoff (CPA 21.11) einerseits, Papier und Pappe (CPA 21.12) andererseits – als auch den länderspezifischen Gegebenheiten Rechnung zu tragen. Im Modell musste - u.a. aus Gründen der Datenverfügbarkeit – die Sonderrechnung auf das wichtigste Lieferland für Zellstoff und Papier – Schweden – beschränkt werden. Schweden hat bei den gesamten Importen von Zellstoff und Papier (2006: 13,7 Mrd. Euro) einen Anteil von 17,4%. Bei der Einfuhr von Zellstoff liegt dieser Anteil sogar noch höher (2006: 22,9%).

In der Sonderrechnung wurde zunächst der Energieverbrauch von Schweden aus der Energiebilanz auf die Teilbereiche Zellstoffherstellung und Papierherstellung aufgeteilt. Dabei wurden hilfsweise Angaben einer großen schwedischen Zellstofffabrik herangezogen²³. Für beide Teilbereiche wurde dann der spezifische Energieeinsatz in Bezug auf die mengenmäßige Produktion ermittelt. In einem weiteren Schritt wurde dann der Energie-Einsatzkoeffizient bei der Herstellung der deutschen Importe aus Schweden berechnet. Dabei wurden die mengenmäßigen Anteile von Zellstoff und von Papier bei den Importen aus Schweden berücksichtigt und ein gewichteter Koeffizient ermittelt. Zuletzt wurde der Koeffizient auf den Produktionswert in Euro umgerechnet.

Für die Importe aus Schweden ergibt sich ein Energie-Koeffizient der sehr viel höher liegt – rund 80 % - als der deutsche Wert, da die Importe einen hohen Anteil an Zellstoff, mit einem relativ hohen Energiegehalt, aufweisen.

Anhand der Angaben zum Energieträgereinsatz der Teilbereiche Zellstoff- und Papierherstellung in Schweden wurde der CO₂-Emissionskoeffizient bei der Herstellung der deutschen Importe ermittelt. Wegen des im Vergleich zu Deutschland höheren Einsatzes von Biomasse (Holz) ergibt sich für Schweden ein niedrigerer Emissionskoeffizient.

²³ Norrsundet Pulp Mill.

5. Der Einfluss von Technologieannahmen auf die Ergebnisse

Die Bestimmung des Energie- und CO₂-Gehalts von Gütern erfordert die Berücksichtigung der Produktions- und Emissionsverhältnisse bei der Herstellung der Güter. Dies bedeutet nicht nur die Berücksichtigung der Produktionsverhältnisse bei der inländischen Herstellung der Güter, sondern auch die Einbeziehung der Produktionsverhältnisse im Ausland.

Das Ausland liefert Güter entweder direkt an die Endnachfrage – für den privaten oder öffentlichen Konsum – oder als Vorleistungsgut zur Herstellung von Gütern des Inlandsverbrauchs und von Exportgütern. Der Energieaufwand bei der Herstellung dieser Güter und die dabei verursachten CO₂-Emissionen sind bei der Berechnung des Energie- und CO₂-Gehalts der Endnachfragegüter mit ein zu beziehen.

Bei den Berechnungen sollten die Produktionsverhältnisse sämtlicher oder wenigstens der bedeutendsten Herkunftsländer der deutschen Importe berücksichtigt werden. Allerdings wäre dies nicht ausreichend, da diese Lieferländer große Anteile ihrer Vorleistungen aus dem Ausland beziehen. Auch diese Bezüge aus vorgelagerten Produktionsstufen sollten idealerweise regionalisiert berücksichtigt werden. Dies wäre nur bei Verwendung eines multiregionalen Berechnungsansatzes möglich.

Tabelle 22: Importanteile bei ausgewählten Vorleistungsgütern mit einem hohen Energiegehalt 2007
- in Prozent der gesamten Vorleistungen -

Güter	Frankreich	Niederlande ¹⁾	Deutschland
Chemische Erz.	61,8	54,6	58,0
Metalle	54,7	80,1	61,6
Zellstoff, Papier	39,7	58,1	58,1
Waren	37,5	47,0	39,6
Vorleistungen insgesamt.	18,8	30,1	23,3

1) Angaben für 2006.

Quelle: Eurostat I/O Datenbank.

Allerdings ist ein solcher Berechnungsansatz datentechnisch äußerst anspruchsvoll und aufwändig. Dieser Ansatz erfordert zum einen, die Verfügbarkeit von vergleichbaren und hinreichend tief-gegliederten Input-Output Tabellen für alle Länder (Regionen). Zum anderen wären die Lieferströme zwischen den Ländern (Regionen) vollständig zu regionalisieren, d.h. die Herkunftsländer der Importe – und gfs. die Bestimmungsländer der Exporte – müssten vollständig bestimmt werden.

Der multiregionale Rechenansatz ist mit einem hohen Aufwand bei der Datengewinnung und – Verarbeitung verbunden. Zudem liegen nicht für alle Herkunftsländer (Regionen) hinreichend tiefgegliederte und aktuelle Input-Output Tabellen vor. Für die europäischen Lieferländer liegen für eine große Anzahl von Ländern symmetrische IOT in einer Gliederung nach 60 Produktionsbereichen (A60) vor. Es ist allerdings fraglich, ob auf dieser Rechartiefe hinreichend genaue Ergebnisse zum Energie- und CO₂-Gehalt für einzelne Länder berechnet werden können. Die eingeschränkte Datenverfügbarkeit für außereuropäische Länder führt bei multiregionalen I/O-

Modellen dazu, dass oftmals die Rechartiefe – im Vergleich zu den europäischen IOT – noch weiter eingeschränkt werden muss²⁴.

Bei dem hier zugrunde liegenden Berechnungsansatz wurde aus Gründen der Datenverfügbarkeit und der gewünschten Rechengenauigkeit ein anderer Weg beschritten. Auf Basis der vorhandenen nationalen IOT nach 71 Produktionsbereichen wurden weitere Disaggregationen bei energieintensiven Branchen durchgeführt und deren Energieeinsatzverhältnisse in den wichtigsten Herkunftsländern der deutschen Importe berücksichtigt. Dies erfolgte auf Basis eines hybriden Rechenansatzes, der die Verwendung von Daten zum mengenmäßigen Energieeinsatz aus den internationalen Energiebilanzen und von Angaben aus der Prozesskettenanalyse ermöglichte. Dadurch konnten – im Vergleich zum monetären Modell – sehr viel genauere Ergebnisse zum Energie- und CO₂-Gehalt der Güter aus inländischer Herstellung erzielt werden (siehe Kapitel 4.2). Auch für die explizit berücksichtigten, wichtigsten Herkunftsländer ist davon auszugehen, dass die erzielten Ergebnisse zum Energie- und CO₂-Gehalt der Importgüter auf Basis der disaggregierten Berechnungen eine sehr viel höhere Genauigkeit aufweisen, als die Ergebnisse auf Basis einer aggregierten, rein monetären, IOT.

Im Folgenden werden die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Rechenergebnisse für die Importgüter näher analysiert.

5.1. Aggregationseffekt: CO₂-Gehalt von Importgütern am Beispiel der Importe von Metallen

Tabelle 23 zeigt die Importwerte für Metalle im Jahr 2007 für die vier bedeutendsten Lieferländer in einer Unterteilung nach drei Gütergruppen²⁵. Die wertmäßigen Anteile der einzelnen Gütergruppen an den Gesamtimporten von Metallen weisen erhebliche Unterschiede auf: Frankreich hat einen hohen Anteil bei Stahl – und Stahlerzeugnissen (59% der gesamten Importe von Metallen), Russland dagegen bei den sonstigen NE-Metallen (ohne Aluminium) – 60%.

Bei der Herstellung von Metallen fallen in ganz unterschiedlichem Maße CO₂-Emissionen an. Bei der unmittelbaren Herstellung (ohne Vorketten) werden in diesem Bereich bei der Stahlherstellung – wegen des hohen Einsatzes von Reduktionsmitteln – die mit Abstand höchsten CO₂-Emissionen emittiert – 0,567 t CO₂ je Tsd. EUR Output²⁶. Bei der Aluminiumherstellung und bei der Herstellung sonstiger NE-Metalle fallen dagegen – direkt – sehr viel weniger Emissionen je Output an. Die Emissionen, die auf den Vorketten anfallen, insbesondere in Verbindung mit den Strombezügen, bleiben an dieser Stelle unberücksichtigt.

Bei einer aggregierten Berechnung der Emissionen der Metallherstellung bleiben die Unterschiede beim Einsatz der Vorleistungen, z.B. der Energie-Inputs, und beim Ausstoß von Treibhausgasen in den Teilsektoren unberücksichtigt. Die (direkten) Emissionen werden anhand des Durchschnittskoeffizienten für die gesamte Metallherstellung berechnet. Bei Verwendung von länderspezifischen Koeffizienten spiegelt dieser Durchschnittskoeffizient die jeweiligen Produktionsverhältnisse in dem Herkunftsland wieder, nicht jedoch die spezielle Zusammensetzung der deutschen Importe aus diesen Ländern.

²⁴ Die OECD Datenbank zu den I-O Tabellen (STAN Industry Database) enthält IOT für 44 Länder in der Gliederung nach 48 Wirtschaftsbereichen. Für eine Reihe von Ländern, z.B. für die EU-Länder, liegen die IOT allerdings nur in einer eingeschränkten Sektorengliederung vor. <http://www.oecd.org/sti/inputoutput/>

²⁵ Die Importwerte für Giessereierzeugnisse werden den Eisen- und NE-Metallerzeugnissen zugeordnet.

²⁶ Emissionskoeffizient für Deutschland.

Tabelle 23: Importe von Stahl und NE-Metallen 2007 und CO₂-Emissionen

Nr.	CPA	Güter / Prod.bereiche	Einheit	FR	NL	BE	RS	INSG
Importe nach Deutschland								
1	27.1-3	Eisen und Stahl	Mill. €	3746	2756	3157	994	31850
2	27.42	Aluminium, Alu-Erz.	Mill. €	989	1505	989	749	11431
3	27.4R	Sonst. NE-Metalle	Mill. €	1584	1768	2422	2657	24183
4		Insgesamt	Mill. €	6319	6029	6567	4399	67465
5	27.1-3	Eisen und Stahl	%	59	46	48	23	47
6	27.42	Aluminium, Alu-Erz.	%	16	25	15	17	17
7	27.4R	Sonst. NE-Metalle	%	25	29	37	60	36
8		Insgesamt	%	100	100	100	100	100
9	27.1-3	Eisen und Stahl	mn. tons	4.382	4.791	4.060	1.660	38.924
10	27.1-3	Eisen und Stahl	€ /ton	0,855	0,575	0,778	0,599	0,818
				Produktion z.H. der Importe - Mill. € -				
11	27.1-3	H.v. Eisen u. Stahl	Inverse 1) 2,44	9140	6725	7702	2425	77714
12	27.42	H.v. Aluminium	2,64	2611	3973	2611	1977	30179
13	27.4R	H.v. sonst. NE-Metallen	2,64	4182	4668	6393	7013	63844
14		Insgesamt		15932	15366	16706	11416	171737
15	27	Metallerzeugung u. bearb.	2,37	14977	14291	15566	10428	159912
				direkte CO₂-Emissionen				
				1000 t				
				- detaillierte Rechnung (A) -				
16	27.1-3	Eisen und Stahl	Koeff. 2) t / Tsd. € 0,567	5.180	3.811	4.365	1.374	44.041
17	27.42	Aluminium, Alu-Erz.	0,076	199	303	199	151	2.301
18	27.4R	Sonst. NE-Metalle	0,034	143	159	218	240	2.181
19		Insgesamt		5.522	4.274	4.782	1.765	48.524
				- aggregierte Rechnung (B) -				
20	27	Eisen und Stahl	0,384	5.745	5.482	5.971	4.000	61.343
				A-B				
21	27	Eisen und Stahl		-224	-1.208	-1.189	-2.236	-12.819
22	27	Eisen und Stahl	% von A	-4,1	-28,3	-24,9	-126,7	-26,4

1) Inverse Koeffizienten (Diagonalelement) aus IOT Deutschland(einschl. Weiterverarbeitungsproduktion).

2) Emissionskoeffizienten für CO₂ für Deutschland (Bezug: Produktion einschl. Weiterverarb.produktion).

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

Der Vergleich einer detaillierten Berechnung der CO₂-Emissionen mit einer aggregierten Berechnung – auf Basis von inversen Koeffizienten und CO₂-Emissionskoeffizienten für Deutschland – zeigt erhebliche absolute und prozentuale Unterschiede in den Ergebnissen: die CO₂-Emissionen liegen bei einer aggregierten Rechnung durchwegs niedriger, als bei einer detaillierten Rechnung. Die Differenzen liegen zwischen –4,1% (für die Importe aus Frankreich) und –126,7% (für die russischen Importe). Der Grund für die geringeren Emissionswerte der detaillierten Rechnung ist der – im Vergleich zur (deutschen) Produktion – höhere Anteil von importierten NE-Metallen bei den Importen von Metallen. Bei der Herstellung von NE-Metallen wird vergleichsweise weniger CO₂ emittiert, als bei der gesamten Metallherstellung.

5.2. Effekte einer mengenbasierten Berechnung (hybrides I/O-Modell)

Beim hybriden Berechnungsansatz werden die CO₂-Emissionen anhand von Mengenangaben zur Produktion und Nachfrage von Gütern berechnet. In Tabelle 24 wird das Ergebnis einer mengenbasierten Berechnung mit dem Ergebnis einer wertbasierten Berechnung verglichen. Bei der mengenbasierten Berechnung werden bei diesem Vergleich zum einen Emissionskoeffizienten für Deutschland (A1), zum anderen nationale Koeffizienten (A2) für die Herkunftsländer der Importe verwendet. Dies ermöglicht auch eine Abschätzung der Auswirkungen der Verwendung unterschiedlicher CO₂-Emissionskoeffizienten.

Tabelle 24: Importe von Stahl und Stahlerzeugnissen 2007 und CO₂-Emissionen

Güter	Einheit	FR	NL	BE	RS	INSG
dt. Importe						
Eisen und Stahl, Erz. aus Stahl	Mio. t	4.382	4.791	4.060	1.660	38.924
	Mill. €	3746	2756	3157	994	31850
	€/ ton	0,855	0,575	0,778	0,599	0,818
Direkte CO₂-Emissionen 1)						
1000 t						
Mengenrechnung (A1) 1)	1,14	4.996	5.462	4.628	1.892	44.373
Mengenrechnung (A2)		4.420	4.013	3.795	3.083	
nationale Emissionskoeffiz.	t / t Stahl	1,01	0,84	0,93	1,86	
A1-A2						
		576	1.449	833	-1.191	
	in % v. A1	11,5	26,5	18,0	-63,0	
Wertrechnung (B)						
Produktionswerte (Mill. EUR)	2,44 ²⁾	9140	6725	7702	2425	77714
CO ₂ -Emissionen 1)	0,567	5180	3811	4365	1374	44041
A1-B						
		-184	1.651	263	518	332
	in % v. A1	-3,7	30,2	5,7	27,4	0,7

1) Emissionskoeffizienten (t CO₂ / t Stahl bzw t CO₂ / Tsd. €) für Deutschland.

2) Inverser Koeffizient (IOT Deutschland).

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

Der Vergleich der Ergebnisse der Mengenrechnung (A1) mit der Wertrechnung (B) für die CO₂-Emissionen, auf Basis von Emissionskoeffizienten für Deutschland, zeigt zum Teil erhebliche absolute und relative Unterschiede. Die Herkunftsländer, deren Importe unterdurchschnittliche Preise aufweisen, zeigen bei der Mengenrechnung höhere Emissionen, als bei der Wertrechnung. Und umgekehrt. Bei den Eisen- und Stahl-Importen sind die prozentualen Unterschiede für die Niederlande und Russland mit Differenzen von 30,2% und 27,4% besonders hoch.

Einen großen Einfluss auf die Ergebnisse hat in diesem Beispiel auch die Verwendung unterschiedlicher Emissionskoeffizienten. Die nationalen Emissionskoeffizienten weisen hier sehr große Unterschiede auf, – mit entsprechenden Auswirkungen auf den Emissionsgehalt der Güter (siehe Differenzenrechnung A1-A2).

Der Einfluss einer mengenbasierten und einer wertbasierten Berechnung soll an einem weiteren Beispiel – den Importen von Elektrizität aus Frankreich – veranschaulicht werden.

Tabelle 25: Importe von Elektrizität aus Frankreich 2007 und CO₂-Emissionen

Pro- duk- tions- be- reich	Produktions- wert	Primär- energie- ver- brauch	CO ₂	Emis- sions- koeffi- zient	Importe aus Frankreich							
					Letzte Verwendung			Vorleistungs- güter		Insgesamt		
					Elektrizität		Sonst. Güter					
					direkt	Prod. ²⁾	Koeff. ³⁾	Prod. ²⁾	direkt	Prod. ²⁾	direkt	Prod. ²⁾
NACE	Mill. €		1000 t	t/Tsd €								
1. Regionalisierte Rechnung mit Unterteilungen für PB 40 (Mengenangaben)												
Petajoule					Terajoule							
40.1	2.030	3.705	52.179	0,026	16.194	17.816	1,10	46.069	42.846	159.365	59.040	205.435
40.2				0,000	0	409		5.082	0	33.118	0	38.199
40.3	5	9	819	0,155	0	13		3.499	0	11.739	0	15.238
					CO ₂ in 1000t							
40.1					416	458	1,10	1.184	1.101	4.095		5.279
40.2					0	0		1		7		8
40.3					0	2		542		1.819		2.361
Insg.						460		1.727		5.921		7.648
2. Rechnung mit monetärer IOT-Frankreich (ohne Unterteilung) 1)												
40	69.516		38.672	0,56	164	216	1,32	900	434	2287	597	3.187
					CO ₂ in 1000t							
						120		501		1.272		1.773
3. Rechnung mit monetärer IOT-Deutschland												
40				0,56	164	220	1,3	952	434	2400	597	3.353
					CO ₂ in 1000t							
								530		1.335		1.865

1) Angaben für 2006.

2) Produktion z.H. der importierten Güter im Herkunftsland.

3) Inverse Koeffizienten für Frankreich (Total-IOT), bei Rechnung 3 Koeffizienten für Deutschland.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen; Eurostat-Datenbank.

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse der Berechnung der CO₂-Emissionen im implementierten Berechnungsmodell auf Basis von Mengenangaben (erster Tabellenteil) und einer Vergleichsrechnung auf Basis der monetären IOT für Frankreich (zweiter Tabellenteil) in der Gliederung nach 60 Produktionsbereichen. Außerdem wurde in einer weiteren Vergleichsrechnung (dritter Tabellenteil) versucht, den Einfluss der unterschiedlichen Technologie in Frankreich und Deutschland zu ermitteln. Dabei wurde in der monetären Rechnung statt der IOT für Frankreich die IOT für Deutschland verwendet.

Es zeigt sich, dass bei einer mengenbasierten Rechnung mit einer Unterteilung der Energieversorgung (NACE 40) in drei Teilbereiche die CO₂-Emissionen der gesamten Energieversorgung mehr als viermal so hoch sind, wie bei einer Berechnung auf Basis einer rein monetären, aggregierten IOT nach 60 Bereichen (7,6 Mill. t CO₂ zu 1,8 Mill. t).

Diese großen Unterschiede zeigen sich bereits bei einer alleinigen Betrachtung der CO₂-Emissionen, die den Importen von Elektrizität zuzurechnen sind. Bei der mengenbasierten Berechnung werden Importen von 16,2 PJ (der Teil, der der Endnachfrage zugerechnet wird) Emissionen in Höhe von 460 Tsd. t CO₂ zugerechnet. Bei dieser Berechnung werden die relativ niedrigen CO₂-Emissionskoeffizienten der französischen Elektrizitätsherstellung verwendet.

Bei einer wertbasierten Berechnung auf Basis der monetären IOT für Frankreich (IOT der inländischen Produktion und Einfuhr) werden den entsprechenden Elektrizitätsimporten von 164 Mill. EUR lediglich 120 Tsd. t CO₂ zugerechnet. Auch hier liegen die Ergebnisse der mengenbasierten Rechnung fast viermal so hoch wie die der wertbasierten Rechnung.

Der Grund für die großen Abweichungen ist in der Definition und Abdeckung des Emissionskoeffizienten der Energieversorgung in der monetären Rechnung zu suchen. Die Emissionen, die fast ausschließlich in dem Teilbereich „Elektrizitätserzeugung“ entstehen, werden dabei der gesamten Energieversorgung zugerechnet. Der Gesamtbereich enthält neben der Elektrizitätsherstellung und Fernwärmeversorgung auch den Bereich der Gasversorgung (40.2) mit sehr geringen direkten CO₂-Emissionen. Der Anteil der Gasversorgung am Gesamtbereich kann für Frankreich anhand der vorliegenden Angaben nicht ermittelt werden. In Deutschland beträgt der Anteil am Produktionswert 15,3% (2007). Der Produktionswert der Gasversorgung enthält definitorisch neben der Verteilerleistung bei der Verteilung von Gasen auch den Produktionswert der hergestellten Gase. Der auf dieser Grundlage berechnete Emissionskoeffizient für die gesamte Energieversorgung ist daher für die Abschätzung der mit der Elektrizitätsnachfrage verbundenen CO₂-Emissionen nicht typisch und daher ungeeignet.

In Tabelle 25 werden auch die Ergebnisse einer weiteren Vergleichsrechnung nachgewiesen. Dabei wurde in der wertbasierten Rechnung die monetäre IOT Frankreichs durch die IOT für Deutschland ausgetauscht. Die Ergebnisse können Aufschluss über den Einfluss der Technologie auf die Entstehung von CO₂-Emissionen geben. Bei Verwendung der deutschen Technologie, aber mit Emissionskoeffizienten für Frankreich, würden bei der Herstellung der Importe aus Frankreich im Bereich der Energieversorgung 5,2% höhere CO₂-Emissionen entstehen. Diese prozentuale Differenz ergibt sich auch für den gesamten Emissionsgehalt der Importe aus Frankreich bei Verwendung der IOT für Frankreich anstatt der verwendeten modifizierten IOT von Deutschland.

Aus diesen Unterschieden kann unseres Erachtens jedoch nicht auf technologiebedingt günstigere Emissionsverhältnisse – in Frankreich – geschlossen werden. Es ist davon auszugehen, dass auf dem Aggregationsniveau der hier benutzten IOT (60 Bereiche) die Zusammensetzung der Produktionsbereiche in Deutschland und Frankreich – gerade auch in den energie- und emissionsintensiven Branchen wie dem Bereich der Metallherstellung und der Chemie – sehr unterschiedlich ist. Die Unterschiede bei den Input-Koeffizienten der Produktionsbereiche sind daher sowohl auf eine unterschiedliche Zusammensetzung nach Teilbereichen, als auch auf technologiebedingte Unterschiede bei den Teilbereichen zurückzuführen.

6. Vergleichsrechnungen zwischen hybriden und monetärem Modell mit unterschiedlicher Gliederungstiefe

6.1 Vergleich des Energiegehalts von Gütern bei unterschiedlicher Rechartiefe (hybrides Modell)

Zur Berechnung des Energiegehalts der Güter aus inländischer Produktion wurde die nach 73 Bereichen (R73) disaggregierte hybride (Energie-) IOT für das Inland (Inlandstabelle) für das Berichtsjahr 2006 zu Grunde gelegt. Zu Vergleichszwecken wurde diese Tabelle nach 67 Bereichen (R67) aggregiert. Diese Gliederung entspricht weitgehend der Gliederung der nationalen IOT (R71)²⁷. Die folgende Tabelle zeigt die Unterschiede in der Gliederung der beiden Analysemodelle. Das Analysemodell mit 73 Produktionsbereichen weist in drei Energiebereichen und in zwei – energieintensiven – Industriebereichen weitergehende Untergliederungen auf.

Übersicht 7: Gliederung der Produktionsbereiche im hybriden I/O-Analysemodell nach 73 bzw. 67 Bereichen

NACE 1)	Produktionsbereich	R73	R67
10.1	Steinkohlenbergbau	X	}
10.2/3	Braunkohlenbergbau	X	
23.1	Kokereien	X	
23.2	Mineralölverarbeitung	X	}
23.3	H.v. Brut- und Spaltstoffen	X	
24.1	Grundstoffchemie	X	}
24 R (oh. 24.4)	Sonstige Chemie (ohne Pharmazie)	X	
27.42	H.v. Aluminium	X	}
27.4 R	Sonst. NE-Metallindustrie	X	
40.1	H.v. Elektrizität	X	}
40.3	H.v. Fernwärme	X	

1) NACE Rev. 1

Zur Berechnung des Energie- und CO₂-Gehalts wurden bei der zusammengefassten IOT nach 67 Bereichen (R67) neue Energie- und CO₂-Emissionskoeffizienten bestimmt.

Bei einer Reihe von Bereichen ergeben sich beim Energie- und CO₂-Gehalt der Güter signifikante Unterschiede zwischen den beiden Berechnungen (siehe Fehlerstatistik). Bei 18 der 67 Bereiche ergeben sich beim Energiegehalt Abweichungen von mehr als 5% (beim CO₂-Gehalt: 12 Bereiche). Bei 5 Bereichen ergeben sich beim Energiegehalt Abweichungen von mehr als 10 % (beim CO₂-Gehalt: 2 Bereiche):

²⁷ Rechenbedingt enthält die IOT nach 67 Bereichen Aggregationen in drei Bereichen (im Bergbau, bei den Versicherungen und bei persönlichen Dienstleistungen.).

Fehlerstatistik für die Ergebnisse zum Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern bei unterschiedlicher Rechentiefe des I/O-Analysenmodells (67 bzw. 73 Bereiche):

Anzahl der Bereiche (Gütergruppen) mit Prozentabweichungen

von mehr als 5 %		von mehr als 10 %	
Energie	CO ₂	Energie	CO ₂
18	12	5	2

Die folgende Tabelle enthält – für den Energiegehalt – Ergebnisse für ausgewählte Bereiche mit signifikanten Abweichungen.

Tabelle 26: Energiegehalt von Gütern 2006 bei unterschiedlicher Rechentiefe 1

CPA	Güter	Energiegehalt insgesamt				dar. aus Bezug v. Elektrizität und, Fernwärme				Anteil Strom ²⁾
		R67 ³⁾	R73 ³⁾	R67-R73	R67-R73	R67	R73	R67-R73	R67-R73	
		Petajoule		%		Petajoule		%		%
24 R	ausgewählte Bereiche ...									
85	Sonstige chem. Erz.	1341,6	1304,6	37,0	2,8	260,1	225,8	34,2	15,2	68,2
80	Gesundheitsleist.	385,4	349,0	36,4	10,4	131,6	95,4	36,1	37,9	52,4
92	Bildungsleist.	206,2	174,0	32,2	18,5	68,0	37,6	30,4	81,0	36,4
	Kultur, Sport, Unterhalt.	123,6	112,1	11,5	10,3	38,1	26,6	11,5	43,3	52,5
27.1-3	Eisen und Stahl	508,1	546,2	-38,1	-7,0	81,9	102,4	-20,6	-20,1	99,5
29	Maschinen	390,8	404,7	-13,9	-3,4	109,1	121,8	-12,7	-10,4	88,5
34	Kfz	589,6	600,1	-10,5	-1,8	185,5	195,3	-9,9	-5,1	80,7
60.1	Eisenbahn-DL	117,5	124,9	-7,4	-5,9	45,1	54,0	-8,9	-16,5	98,2

1) Inländische Produktion.

2) Prozentualer Anteil von Elektrizität an den Direktbezügen von Elektrizität und Fernwärme.

3) 73 Rechenbereiche (Energie-IOT) bzw 67 Bereiche (IOT-Gliederung und Zusammenfassungen).

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

Die Tabelle enthält zusätzlich zum gesamten Energiegehalt den Energiegehalt aus dem Einsatz von Elektrizität und Fernwärme bei der Güterherstellung. Es zeigt sich, dass ein Großteil der Gesamtdifferenz beim Energiegehalt durch die Differenz bei der Teilmenge „Elektrizität und Fernwärme“ erklärt werden kann.

Die Ergebnisse zeigen, dass Güter bei deren Herstellung ein relativ hoher Anteil von Strom (Anteil am Gesamtbezug von Elektrizität und Fernwärme, siehe letzte Spalte der Tabelle) eingesetzt wird, bei der aggregierten Rechnung einen geringeren Energiegehalt als bei der disaggregierten Rechnung aufweisen und umgekehrt. Dies liegt an dem sehr viel höheren Energiekoeffizienten in der Elektrizitätsgewinnung im Vergleich zur Fernwärmegewinnung. Bei der Elektrizitätsgewinnung treten sehr viel höhere Energieverluste (ein geringerer Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung), als bei der Wärmegewinnung auf. Diese Verluste werden bei der disaggregierten Rechnung den jeweiligen Abnehmern genau zugerechnet, während bei der aggregierten Rechnung ein durchschnittlicher Energiekoeffizient (gewichtet mit der inländischen Produktion) für den Bereich der Elektrizitäts- und Fernwärmegewinnung verwendet wird.

Eine Unterteilung des Bereichs „Elektrizitäts- und Fernwärmegewinnung“ in die beiden Teilbereiche – wie im R73-Analysemodell – führt daher zu einer erheblich verbesserten Zurechnung des Energieaufwands bei der Herstellung von Gütern zu den Gütern der Endnachfrage.

6.2 Vergleich des Energie- und CO₂-Gehalts von Gütern im monetären und im hybriden Modell

Dem Vergleich des Energie- und CO₂-Gehalts der Güter aus inländischer Produktion liegen das hybride Modell nach 67 Produktionsbereichen und das aggregierte monetäre Modell nach ebenfalls 67 Bereichen zugrunde. Diese Gliederung entspricht weitgehend der Gliederung der nationalen IOT (R71).

Tabelle 27: Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern im monetären und hybriden Rechenmodell 2006 (R67) – ausgewählte Bereiche –

CPA	Gütergruppe	Energiegehalt (Petajoule)				CO ₂ -Gehalt (Mill. Tonnen)			
		mone-tär	hybrid	mon. - hybrid	in %	mone-tär	hybrid	mon. - hybrid	in %
	a) ausgewählte Bereiche mit hohen absoluten Abweichungen:								
40.1/3	Elektrizität, Fernwärme	1893	1401	492	35,1	198,3	146,6	51,7	35,3
24 (oh. 24.4)	Chemische Erz. (oh. pharm. Erz.)	1166	1342	-175	-13,1	36,7	54,4	-17,7	-32,6
27.1-3	Roheisen und Stahl	473	508	-35	-6,8	41,3	44,3	-3,0	-6,8
27.4	NE-Metalle und Halbzeug	127	156	-29	-18,5	5,8	8,9	-3,0	-34,2
85	DL d. Gesundh.- u. Sozialwesens	357	385	-28	-7,3	20,5	23,6	-3,0	-12,9
21.1	Holzstoff, Zellstoff, Papier	162	188	-27	-14,1	8,9	11,7	-2,8	-23,9
	b) ausgewählte Bereiche mit hohen prozentualen Abweichungen:								
10	Kohle und Torf	10	2	8	317,7	0,6	0,2	0,4	252,0
40.2	Gasverteilung	26	3	23	798,9	2,3	0,2	2,1	1066,9
	Insgesamt	10804	10772	32	0,3	729,3	727,1	2,2	0,0

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

Die Abweichungen zwischen den Ergebnissen des monetären und hybriden Modells lassen sich auf 3 Ursachen zurückführen:

1. Monetäre Transaktionen (Vorleistungen) ohne physisches Äquivalent
2. Nicht konsistente Werte der monetären und der physischen Angaben in der IOT
3. Inhomogenität der monetären Transaktionen eines Bereichs in der IOT (Preis-Differenzierung)

Zu 1.:

Die monetäre Tabelle enthält bei den Lieferströmen (outputs) für die Waren auch Dienstleistungstransaktionen ohne entsprechendes physisches Äquivalent: beispielsweise enthält der Bereich der Stromerzeugung und –verteilung auch reine Verteilerleistungen, die im selben Bereich als Bezug von Leistungen der Elektrizitätsgewinnung und –Verteilung verbucht werden. Diese Bezüge haben kein dem Energieträger „Elektrizität“ entsprechendes physisches Äquivalent. Die Inlands-IOT enthält für das Jahr 2006 einen Eintrag von 9,5 Mrd. € für Leistungen der Elektrizitätserzeugung und –Verteilung an den eigenen Bereich („Diagonalelement“). Dieser Wert enthält überwiegend Verteilerleistungen (für die Verteilung von Elektrizität), die Unternehmen dieses Bereichs für andere Unternehmen dieses Bereichs erbringen.

Im hybriden IO-Modell wird im Diagonalelement der Eigenverbrauch an Elektrizität im Elektrizitätsbereich in physischen Werten (Terajoule) nachgewiesen. 2006 betrug der Anteil dieser Inputs 5,8 % der gesamten Elektrizitätserzeugung. Der Anteil der monetären Größe an der Inlandsproduktion betrug dagegen mit 13,2 % mehr als das Doppelte der physischen Größe. Im monetären Modell wird aufbauend auf dieser hohen monetären Größe ein entsprechend hoher – unplausibler – Energiegehalt und CO₂-Ausstoß generiert (siehe in Tabelle 23 die Angaben zu 40.1/3 Elektrizität und Fernwärme).

Zu 2.:

Abweichende Rechenergebnisse können auch aus einem nicht konsistenten Rechenwerk resultieren. Dies bedeutet, dass die monetären Angaben – in der monetären IOT – nicht in Übereinstimmung mit den physischen Größen sind (und umgekehrt). Idealerweise werden die Angaben zu den monetären Inputs für den Energieverbrauch auf Basis vorhandener physischer Angaben abgeleitet. Werden die Berechnungen unabhängig voneinander durchgeführt, dann ist die Konsistenz der Berechnungen nicht gewährleistet und es resultieren voneinander abweichende Ergebnisse. Der Vorteil des hybriden Modells besteht gerade darin, unabhängig von den monetären Angaben zu den Energie-Inputs, direkt an vorhandene Angaben aus den Energieflussrechnungen anknüpfen zu können.

In Tabelle 27 sind unter b) beispielhaft zwei Bereiche aufgeführt, bei denen nicht-konsistente Ausgangsdaten zum Elektrizitätsverbrauch dieser Bereiche vorliegen und hohe prozentuale Abweichungen für die Analyseergebnisse resultieren.

Eine auch in absoluten Größen signifikante Abweichung ergibt sich für den Bereich der Gasverteilung (CPA 40.2). Offensichtlich sind hier in den monetären und hybriden Tabellen die Verteilerleistungen mit dem entsprechenden Energieaufwand (Energiekosten) unterschiedlich zugeordnet worden. Ein Grund hierfür könnte die lt. NACE erforderliche Trennung von Verteilerleistungen des Pipelinetransports (Fernleitungen, NACE 60.30) und der Verteilung im Versorgungsnetz (40.2) sein.

Zu 3.:

Von größerer Bedeutung sind die Abweichungen, die auf eine „Inhomogenität“ von Produktionsbereichen (in den Zeilen) der IOT zurückzuführen sind. Eine Inhomogenität des Produktionsbereichs liegt u.a. dann vor, wenn für die Abnehmer des Gutes (der Gütergruppe) unterschiedliche (Durchschnitts-) Preise vorliegen.

Diese Inhomogenität wurde für den Produktionsbereich „Elektrizitätsherstellung“ vermutet und näher untersucht. Insbesondere wurde vermutet, dass Industriesektoren mit einem hohen Elektrizitätsverbrauch und einer hohen Abnahme von Elektrizität aus dem öffentlichen Netz (sogenannte Sondervertragskunden) geringere Preise bezahlen, als Abnehmer mit geringerem Verbrauch. Der Energiegehalt (und der CO₂-Gehalt) der „Großabnehmer“ wäre dann in dem monetären Modell unterschätzt, da dort der Energiegehalt auf Basis der vergleichsweise „günstigeren“ monetären Energiekosten - auf Eurobasis - berechnet wird.

Tabelle 28: Energiegehalt von Gütern und Energiekosten ausgewählter Produktionsbereiche 2006

CPA	Gütergruppe / Produktionsbereich	Energiegehalt ¹⁾			Input Elektrizität, Fernwärme ¹⁾		
		monetär	hybride IO	mon-hybr.	Kosten	Menge	Preis
		Petajoule			Mill €	Mill kWh	Ct/kWh
24 R	Sonst. chemische Erz.	1166	1342	-175	1931	65540	2,9
27.1-3	Eisen und Stahlerz.	473	508	-35	1395	22418	6,2
27.4	NE-Metallerzeugnisse	127	156	-29	612	13548	4,5
41	Wasserversorgung	22	16	6	556	3607	15,4
15.1-8	Nahrungs- und Genussm.	469	465	5	1542	16971	9,1
	Insgesamt	10804	10772	32	40305	504853	8,0

1) Aus inländischer Produktion

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

Tabelle 28 zeigt, dass Großabnehmer wie die sonstige Chemie (ohne pharmaz. Erz.), die NE-Metallindustrie und die H.v. Eisen und Stahl weit unterdurchschnittliche Preise für den Bezug von Elektrizität und Fernwärme aufweisen (letzte Spalte). Diese Bereiche weisen im hybriden Modell beim Energiegehalt der Güter sehr viel höhere Werte auf, als im monetären Modell. Dagegen ergibt sich bei der Wasserversorgung – mit weit überdurchschnittlichen Preisen für Elektrizität – im monetären Modell ein sehr viel höherer Wert für den Energiegehalt, als im hybriden Modell. Bei diesem Bereich ist allerdings nicht auszuschließen, dass die monetären Ausgangsdaten zu den Energiekosten – im Vergleich zum tatsächlichen Energieverbrauch – überhöht ausgewiesen werden.

6.3 Vergleich des Energie- und CO₂-Gehalts von Gütern im monetären Modell bei unterschiedlicher Gliederungstiefe

Die I/O-Analyse wurde zum einen auf Basis von 55 (R55), zum anderen auf Basis von 67 (R67) Bereichen durchgeführt. Die Gliederungstiefe von 67 Bereichen ergibt sich durch Verwendung der nationalen IOT in R71-Gliederung und von Zusammenfassungen einiger – für die Rechenergebnisse unbedeutender – Bereiche²⁸.

Die folgende Übersicht zeigt in welchen Produktionsbereichen eine unterschiedliche Gliederungstiefe vorliegt:

²⁸ Es wurden Zusammenfassungen im Bereich des Bergbaus und von Steinen und Erden (CPA 12-14), der Versicherungen und der finanzielle Hilfsleistungen (CPA 66-67) und der sonstigen persönlichen Dienstleistungen und häuslichen Dienste (CPA 93-95) vorgenommen. Der Wegfall führt bei Zugrundelegung der A60-Gliederung zu einer Vergleichsgliederung nach 55 Bereichen (= 60 – 4- CPA99).

Übersicht 8: Gliederung der IOT nach 67 und 55 Produktionsbereichen

67 Bereiche (A67)		55 Bereiche (A55)		67 Bereiche (A67)		55 Bereiche (A55)	
NR	CPA	CPA	NR	NR	CPA	CPA	NR
1	15.1 - 15.8	15	1	13	27.1. - 27.3	27	7
2	15.9			14	27.4		
3	21.1	21	2	15	27.5		
4	21.2			16	40.1/3	40	8
5	22.1	22	3	17	40.2		
6	22.2 - 22.3			18	45.1 - 45.2	45	9
7	24.4	24	4	19	45.3 - 45.5		
8	24 (oh. 24.4)			20	60.1	60	10
9	25.1	25	5	21	60.2 - 60.3		
10	25.2			22	75.1 - 75.2	75	11
11	26.1	26	6	23	75.3		
12	26.2 - 26.8						

Quelle: UGR 2010.

Tabelle 29 zeigt für ausgewählte Gütergruppen (mit hohen absoluten Differenzen) die abweichenden Ergebnisse zum Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern in der R55 bzw. R67 Gliederung. Insgesamt ergeben sich beim Energiegehalt bei drei Gütergruppen Differenzen von mehr als 10 % (Spannweite: +10 bis – 13 %), beim CO₂-Gehalt sind es fünf Gütergruppen deren Ergebnisse mit mehr als 10 % (Spannweite: +11 bis -14 %) voneinander abweichen.

Tabelle 29: Energiegehalt und CO₂-Emissionen von Gütern bei unterschiedlicher Rechartiefe der IOT

CPA	Gütergruppe	Energiegehalt (PJ)				CO ₂ -Emissionen			
		R55 ¹⁾	R67 ¹⁾	Diff. (R55-R67)		R55 ¹⁾	R67 ¹⁾	Diff. (R55-R67)	
		Petajoule		%		Mill. Tonnen		%	
	Insgesamt	10.804	10.804	0		729	729	0	
	darunter:								
24	Chemische Erzeugnisse	1.315	1.267	48	4	43	41	2	4
27	Eisen und Stahlerzeugnisse	658	636	22	3	52	49	3	5
45	Bauleistungen	545	561	-16	-3	36	40	-3	-9
60	DL des Landverkehrs	161	186	-24	-13	9	10	-1	-13

1) I/O-Analyse mit 55 bzw. 67 Rechenbereichen.

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

Im folgenden Beispiel (siehe Tabelle 30) wird für den Bereich des Landverkehrs auf die Ursachen der Abweichungen beim CO₂-Gehalt näher eingegangen.

Tabelle 30: Vergleich der CO₂-Emissionen des Landverkehrs 2006 in I/O-Rechenmodellen mit unterschiedlicher Gliederungstiefe

Nachweisung	R67 ¹⁾			R55 ¹⁾	R55-R67
	60.1	60.2	Summe	60 (agg.)	Differenz
Energie-Input Prod.ber. (Mill. €):					
Strom, Fernwärme, erz. Gas	639	332	971	971	
<i>Strom, Fernwärme, erz. Gas: Anteil am Prod.wert in %</i>	4,4	0,6	1,4	1,4	
Produktionswert (Mill. €)	14582	53602	68184	68184	
<i>Produktionswert Anteile %</i>	21,4	78,6	100,0		
Endnachfrage (Mill. €)	10439	16299	26738	26738	
<i>Endnachfrage Anteile in %</i>	39,0	61,0	100,0		
Indirekte Produktion (Mill. €)					
Strom, Fernwärme, erz. Gas (40)	609	188	797	576	-221
darunter direkt:					
Strom, Fernwärme, erz. Gas (40)	457	101	558	381	-178
Emissionskoeffizienten (t/€):					
Strom, Fernwärme (40.1/3)	5,33	5,33			
Gas (40.2)	0,004	0,004			
zusammen	4,48	4,48		4,48	
CO₂-Emissionen (1000 t):					
Bezug von ...					
Strom, Fernwärme, erz. Gas (40)	3242	1000	4242	2579	-1663
Insgesamt	5.496	4.993	10.489	9088	-1401

1) Rechengliederung der I/O-Analyse nach 55 bzw. 67 Produktionsbereichen

Quelle: Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Der Bereich des Eisenbahnverkehrs (WZ 60.1) hatte 2006 einen Produktionswert von 14,6 Mrd. EUR, der übrige Landverkehr von 53,6 Mrd. EUR. Der Eisenbahnverkehr ist im Vergleich zum übrigen Landverkehr durch einen – in Bezug auf den Produktionswert – höheren relativen Einsatz von Elektrizität (einschl. Fernwärme und erzeugte Gase) gekennzeichnet – 4,4 % zu 0,6 %.

Die Endnachfrage ist im Vergleich zu den Produktionswerten durch einen höheren Anteil der Eisenbahnleistungen an den gesamten Dienstleistungen des Landverkehrs gekennzeichnet. Beim sonstigen Landverkehr werden die Leistungen – z.B. im Güterstraßentransport – dagegen überwiegend als Vorleistung für andere Produktionsbereiche erbracht.

Diese stärkere Nachfrage nach Eisenbahnleistungen führt zu einer – im Vergleich zu einer aggregierten Rechnung (R55) mit Durchschnittswerten – höheren Nachfrage nach Zulieferungen (Produktionswerten) von Elektrizität (797 Mill. € zu 576 Mill. €).

Ein großer Teil dieser Differenz ist bereits auf die unterschiedlich hohe direkte Nachfrage nach Elektrizität zurückzuführen: bei einer disaggregierten Rechnung wird bei der Erstellung der DL unmittelbar mehr Elektrizität eingesetzt, als bei der aggregierten Rechnung (558 Mill. € zu 381 Mill. €).

Bei der Herstellung von Elektrizität und Fernwärme (CPA 40.1/3) fallen relativ sehr viel höhere Emissionen an, als bei der Herstellung der erzeugten Gase (CPA 40.2). Deshalb weist dieser Teilbereich auch höhere Emissionskoeffizienten auf, als der gesamte Bereich (CPA 40).

Die höhere Nachfrage nach Elektrizität führt deshalb bei der disaggregierten Rechnung auch zu höheren vorgelagerten (indirekten) CO₂-Emissionen, als bei der aggregierten Rechnung.

Es sind also zwei Faktoren, die für die Unterschiede zwischen der disaggregierten und der aggregierten Rechnung verantwortlich sind: Zum einen, die auf Grund unterschiedlicher Input-Koeffizienten unterschiedliche Nachfrage nach Vorleistungen und zum anderen die Unterschiede in den Emissionskoeffizienten bei den Teilbereichen (hier zwischen der Elektrizitätsherstellung und der H.v. erzeugten Gasen).

Literaturverzeichnis

Ameling, D; Erdmann, G: Ressourceneffizienz. In: Stahl und Eisen, 127(2007), Nr. 9

Arbeitsgemeinschaft (AG) Energiebilanzen e.V.: Energiebilanzen und Auswertungstabellen für Energie für die Bundesrepublik Deutschland

<http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=6>

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Entwicklung der Erdgaseinfuhr in die Bundesrepublik Deutschland .

<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/ausgewaehlte-statistiken-zur-entwicklung-des-deutschen-gasmarktes,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls>

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik

http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel/amtliche_mineraloeldaten/index.html

China mining: Aluminiumoxide Production

www.chinamining.org

European Commission: Reference document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Brussels, May 2000

Eurostat: Bereich „Umwelt“, Datenbank: physische und hybride Flussrechnungen (env_ac_ainacehh)

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environment/data/database>

Eurostat, Datenbank für Energiebilanzen in Form von Zeitreihen für die einzelnen Merkmale der Energiebilanz :

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>

International Energy Agency (IEA), Energiebilanzen, verschiedene Jahrgänge

<http://www.iea.org/stats/index.asp>

International Aluminium Institute, Statistical Report zum spezifischen Energieverbrauch der Alumina-Herstellung für 5 Regionen (Africa and South Asia, North America, Latin America, East Asia and Oceania, Europe)

http://stats.world-aluminium.org/iai/stats_new/formServer.asp?form=8

www.world-aluminim.org

OECD „Structural Analysis (STAN) Database“

http://www.oecd.org/document/62/0,3343,en_2649_34445_40696318_1_1_1_1,00.html

OECD (2006): The OECD Input-Output Database: 2006 Edition, STI Working Paper 2006/8 N. Yamano, N. Ahmad, Oktober 2006.

Link zur OECD-STAN Datenbank: [Input-Output Tables](http://www.oecd.org/sti/inputoutput/) (http://www.oecd.org/sti/inputoutput/).

Stahl-Zentrum: diverse Unterlagen zur Energieeffizienz und CO₂-Emissionen der Stahlindustrie in Deutschland

www.stahl-online.de/energie_und_umwelt_technik/

Stahlinstitut (VDEh), Aichinger, H.M.: 5. CO₂-Monitoring – Fortschrittsbericht der Stahlindustrie in Deutschland für die Berichtsjahre 200 bis 2003

Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.: Kohleneinfuhr nach Lieferländern
<http://www.kohlenstatistik.de/home.htm>

Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik, verschiedene Jahrgänge
<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Statistiken/Aussenhandel/Aussenhandel.psml>

Statistisches Bundesamt (a), Fachserie 4, Reihe 8.1, Produzierendes Gewerbe – Eisen und Stahl, verschiedene Ausgaben.

Statistisches Bundesamt (b), Fachserie 18, Reihe 1.4., Inlandsproduktsberechnung, Detaillierte Ergebnisse

Statistisches Bundesamt (c), Fachserie 18, Reihe 2, Input-Output-Rechnung, verschiedene Jahrgänge

Statistisches Bundesamt (d), Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 1995, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt, Umweltnutzung und Wirtschaft – Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 2: Energie und Rohstoffe, Kapitel 3: Energie.
http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/UGR,templated=renderPrint.psml__nnn=true

Umweltbundesamt und Öko-Institut (Hrsg.), PROBAS: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement Instrumente
<http://www.probas.umweltbundesamt.de/php/sektoren.php?&PHPSESSID=08f0732b3084c496d402088af39100de>

United Nation Framework Convention for Climate Change (UNFCCC), Data interface
<http://unfccc.int/di/DetailedByCategory.do>

United Nations Statistics Division: Energy Statistics Database.
<http://data.un.org/Explorer.aspx?d=EDATA>

US Geological Survey Minerals Yearbook, verschiedene Jahrgänge
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/myb.html>

Wirtschaftsvereinigung Metalle, Metallstatistik
http://www.wvmetalle.de/welcome.asp?page_id=172&sessionid=

Anhang

Tabelle 1: Hybride (Energie-) Input-Output Tabelle für Deutschland 2000 (aggregiert)

No	Produktionsbereiche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	No	
		A, B	EN1	EN2	EN3	EN4	ex C, D	41, F	G + H	I	J - O	Summe	PV	PVO	ST	INV	VV	EX	LV	AK		
1	A,B	4.760	7	5	0	0	35.346	0	1.068	61	2.199	43.446	16.590	0	0	3.769	-92	5.390	25.657	69.103	1	
2	EN1	3	121	0	352	2.815	223	1	6	1	7	3.528	40	0	0	0	-126	59	-27	3.501	2	
3	EN2	7	0	22	4.594	565	935	17	134	7	235	6.517	948	0	0	0	-34	444	1.358	7.875	3	
4	EN3	154	3	1	971	1.949	1.557	224	269	877	414	6.418	2.151	0	0	0	-6	1.137	3.283	9.700	4	
5	EN4	20	35	2	64	245	1.001	28	176	96	246	1.913	601	0	0	0	150	153	903	2.816	5	
6	ex C,D	9.237	1.483	136	595	4.128	581.652	70.323	28.872	11.244	47.654	755.325	269.065	0	12.865	172.067	5.466	555.806	1.015.269	1.770.594	6	
7	41,F	556	193	6	109	830	5.608	10.457	2.384	1.975	32.087	54.205	8.737	0	0	175.748	0	109	184.594	238.799	7	
8	G+H	2.819	324	31	107	1.862	65.605	11.867	24.897	8.253	17.994	133.759	240.274	0	10.597	19.566	0	40.978	311.415	445.174	8	
9	I	322	51	128	606	1.228	36.403	1.980	39.945	65.922	19.366	165.951	59.064	0	2.728	0	0	26.696	88.488	254.439	9	
10	J-O	6.829	1.048	299	1.774	10.038	144.360	33.228	71.852	29.458	331.905	630.791	391.421	33.830	361.454	40.010	83	33.002	859.800	1.490.591	10	
11	Insges. (o.St.)	26.193	4.188	702	33.356	28.353	898.965	130.475	175.156	125.682	460.395	1.883.465	1.024.435	33.830	387.920	411.190	6.750	670.570	2.534.695	4.418.160	11	
12	D21-D31	1.100	51	11	616	753	5.692	1.633	3.293	5.561	27.875	46.585	125.255	0	3.990	31.240	0	-770	159.715	206.300	12	
13	Insges. (m.St.)	27.293	4.239	713	33.972	29.106	904.657	132.108	178.449	131.243	488.270	1.930.050	1.149.690	33.830	391.910	442.430	6.750	669.800	2.694.410	4.624.460	13	
14	BWS	22.835	248	1.365	3.390	24.393	388.708	103.106	256.433	97.937	957.785	1.856.200									14	
15	PW	50.128	2.689	769	7.353	2.654	1.293.365	235.214	434.882	229.180	1.446.055	3.786.250									15	
16	Importe	18.975	813	7.106	2.347	162	477.229	3.585	10.292	25.259	44.536	631.910									16	
17	Aufkommen	69.103	3.501	7.875	9.700	2.816	1.770.594	238.799	445.174	254.439	1.490.591	4.418.160									17	
	<i>nachrichtl.</i>																					
18	PEV (PJ)	184,5	48,0	23,7	362,5	3.446,8	3.550,3	270,3	588,6	987,3	919,3	10.381	3.914							14.295	18	
19	CO ₂ (Mill. t)	12,9	1,1	1,2	21,3	356,6	178,6	8,1	25,9	64,6	45,2	716	232							948	19	

Angaben für Energiebereiche (EN1-4) in Petajoule
 Übrige Bereiche in EURO

Legende für Produktionsbereiche:

- NACE Rev. 1
- A, B Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
 - EN1 Kohlenbergbau, Torfgewinnung (10)
 - EN2 Gewinnung von Erdöl und Erdgas (11)
 - EN3 Kokerei, Mineralölverarbeitung, H. von Brutstoffen (23)
 - EN4 Energieversorgung (40)
 - ex C, D Verarbeitendes Gewerbe (D ohne 10,11,23), übriger Bergbau
 - 41, F Wasserversorgung, Baugewerbe
 - G + H Handel und Gastgewerbe
 - I Verkehr und Nachrichtenübermittlung
 - J - O Übrige Dienstleistungsbereiche

Kategorien der letzten Verwendung:

- PV Privater Verbrauch
 - PVO Private Organisationen ohne Erwerbscharakter
 - St Staat
 - INV Anlageinvestitionen
 - VV Vorratsveränderungen
 - EX Exporte
 - LV Letzte Verwendung
 - AK Aufkommen
-
- Insges. (o.St.) Vorleistungen insgesamt ohne Steuern
 - D21 - D31 Gütersteuern minus Subventionen
 - Insges. (m.St.) Vorleistungen insgesamt mit Steuern
 - BWS Bruttowertschöpfung
 - PW Produktionswert
 - PEV Primärenergieverbrauch
 - CO₂ Kohlendioxid- Emissionen

#

Tabelle 2: Hybride (Energie-) Input-Output Tabelle für Deutschland 2006 (aggregiert)

No	Produktionsbereiche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	No
		A,B	EN1	EN2	EN3	EN4	ex C,D	41,F	G+H	I	J-O	Summe	PV	PVO	ST	INV	VV	EX	LV	AK	
1	A,B	8.167	14	9	0	0	32.597	0	844	87	2.669	44.387	15.915	0	0	3.317	1.103	6.436	26.771	71.158	1
2	EN1	0	128	0	318	2.834	235	2	5	0	5	3.528	39	0	0	0	-25	73	87	3.615	2
3	EN2	15,852	1	9	4.810	779	945	13	101	10	215	6.897	965	0	0	0	291	569	1.825	8.722	3
4	EN3	132,25	1	1	972	1.930	1.395	177	238	893	445	6.182	2.052	0	0	0	67	1.504	3.624	9.806	4
5	EN4	20,962	33	2	50	268	1.137	28	196	100	322	2.157	661	0	0	0	169	238	1.067	3.224	6
6	ex C,D	9.805	1.681	234	743	5.236	756.536	62.638	29.086	12.892	49.463	928.314	272.814	0	14.280	172.000	-7.933	832.684	1.283.845	2.212.159	5
7	41,F	599	169	6	96	966	6.545	9.085	2.515	1.928	28.481	50.390	8.281	0	0	158.595	0	99	166.975	217.365	7
8	G+H	2.969	257	35	135	1.407	65.177	11.620	20.449	8.611	18.066	128.726	265.282	0	12.512	19.620	-4.500	62.832	355.746	484.472	8
9	I	326	34	197	1.525	2.927	41.541	1.567	46.810	83.579	19.421	197.927	72.232	0	2.691	0	0	43.300	118.223	316.150	9
10	J-O	8.057	805	496	2.235	12.579	173.504	34.464	86.216	36.921	406.172	761.449	457.933	36.010	391.104	40.068	359	53.070	978.544	1.739.993	10
11	Insges. (o.St.)	31.922	3.854	1.265	55.786	52.190	1.119.923	122.272	194.044	158.589	536.702	2.276.547	1.153.787	36.010	420.870	393.740	-13.680	1.030.240	3.020.967	5.297.514	11
12	D21-D31	1.086	58	10	64	1.346	10.612	1.645	4.511	6.016	34.069	59.417	135.093	0	4.560	29.350	0	-220	168.783	228.200	12
13	Insges. (m.St.)	33.008	3.912	1.275	55.850	53.536	1.130.535	123.917	198.555	164.605	570.771	2.335.964	1.288.880	36.010	425.430	423.090	-13.680	1.030.020	3.189.750	5.525.714	13
14	BWS	17.190	647	1.943	4.779	32.132	439.284	90.498	276.074	116.744	1.114.009	2.093.300									14
15	PW	50.198	2.374	741	7.478	3.058	1.569.819	214.415	474.629	281.349	1.684.780	4.429.264									15
16	Importe	20.960	1.241	7.981	2.328	166	642.340	2.950	9.843	34.801	55.213	868.250									16
17	Aufkommen	71.158	3.615	8.722	9.806	3.224	2.212.159	217.365	484.472	316.150	1.739.993	5.297.514									17
18	nachrichtl. PEV (PJ)	172,5	52,6	11,2	420,4	3612,6	3.648,9	225,5	558,7	1095,3	1007,0	10804,6	3.932							14.736	18
19	CO2 (Mill. t)	11,63	1,7	0,5	21,8	391,0	172,1	6,9	22,8	72,8	46,6	747,8	230							978	19

 Angaben für Energiebereiche (EN1-4) in Petajoule
 Übrige Bereiche ii

 Legende für Produktionsbereiche:
 NACE Rev. 1

A,B Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
 EN1 Kohlenbergbau, Torfgewinnung (10)
 EN2 Gewinnung von Erdöl und Erdgas (11)
 EN3 Kokerei, Mineralölverarbeitung, H. von Brutstoffen (23)
 EN4 Energieversorgung (40)
 ex C,D Verarbeitendes Gewerbe (D ohne 10,11,23), übriger Bergbau
 41,F Wasserversorgung, Baugewerbe
 G+H Handel und Gastgewerbe
 I Verkehr und Nachrichtenübermittlung
 J-O Übrige Dienstleistungsbereiche

Kategorien der letzten Verwendung:

PV Privater Verbrauch
 PVO Private Organisationen ohne Erwerbscharakter
 St Staat
 INV Anlageinvestitionen
 VV Vorratsveränderungen
 EX Exporte
 LV Letzte Verwendung
 AK Aufkommen

Insges. (o.St.) Vorleistungen insgesamt ohne Steuern
 D21-D31 Gütersteuern minus Subventionen
 Insges. (m.St.) Vorleistungen insgesamt mit Steuern
 BWS Bruttowertschöpfung
 PW Produktionswert
 PEV Primärenergieverbrauch
 CO₂ Kohlendioxid- Emissionen

Tabelle 3: Verwendung von Energie nach Energieträgern und Produktionsbereichen 2006 (VGR- Konzept) *) – Terajoule

Lfd. Nr.	CPA 1)	Produktionsbereiche	Insgesamt	Steinkohlen und Steinkohlenprodukte	Braunkohlen und Braunkohlenprodukte	Mineralöle			
						zusammen	Erdöl	Ottokraftstoffe	Dieselmotorkraftstoffe
1	01	Erzg. v. Produkten d. Landwirtschaft u. Jagd	168 827	0	0	129 800	0	10 858	92 672
2	02	Erzg. v. Produkten d. Forstwirtschaft	3 065	0	0	2 431	0	127	2 296
3	05	Erzg. v. Produkten d. Fischerei u. Fischzucht	621	0	0	56	0	7	48
4	10	Kohlenbergbau, Torfgew.	170 534	4 443	123 804	1 172	0	55	603
5	10.1	Gew. v. Steinkohle, H.v. Steinkohlebriketts.....	19 241	4 443	0	747	0	22	355
6	10.2/10.3	Gew. v. Braunkohle u. Torf, H.v. Braunkohlebriketts u.a.....	151 293	0	123 804	425	0	33	248
7	11	Gew. v. Erdöl u. Erdgas, Erbringung diesbezüglicher DL.....	11 235	0	0	580	0	55	522
8	12/13	Gew. v. Erzen (einschl. v. Uranerzen).....	27	0	27	0	0	0	0
9	14	Gew. v. Steinen u. Erden, sonst. Bergbauerg.	19 136	443	1 716	4 353	0	98	1 656
10	15	H.v. Nahrungs- u. Futtermitteln, Getränken.....	223 392	3 249	6 399	37 800	0	1 210	5 068
11	16	H.v. Tabakwaren.....	3 252	94	21	378	0	31	133
12	17	H.v. Textilien.....	32 888	903	49	3 038	0	111	472
13	18	H.v. Bekleidung.....	4 789	0	4	1 098	0	72	305
14	19	H.v. Leder u. Lederwaren.....	2 777	0	3	673	0	24	103
15	20	H.v. Holz u. Holzzeugnissen.....	58 506	9	39	4 360	0	190	830
16	21	H.v. Papier- u. Pappe u. Waren daraus.....	226 042	13 139	2 329	6 525	0	259	1 136
17	21.1	H.v. Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton u. Pappe.....	177 589	13 139	2 329	3 932	0	119	539
18	22	H.v. Verlags- u. Druckerz., bespielten Ton-, Bild- u. Datenträgern	67 991	29	36	8 338	0	407	1 735
19	23	H.v. Kokerei- u. Mineralölerg., Spalt- u. Brutstoffen.....	6 299 316	312 351	6 016	5 770 716	4 798 952	125 716	2 483
20	23.1	H.v. Kokereierz.	356 626	303 455	6 016	21 873	0	3	13
21	23.2	H.v. Mineralölerg.	5 942 365	8 896	0	5 748 844	4 798 952	125 713	2 470
22	24	H.v. chemischen Erzeugnissen.....	1 380 815	17 639	15 145	807 885	0	1 129	4 950
23	25	H.v. Gummi- u. Kunststoffwaren.....	89 792	30	353	8 038	0	501	2 130
24	25.2	H.v. Kunststoffwaren.....	67 382	0	278	6 467	0	375	1 592
25	26	H.v. Glas, Keramik, Verarbeitung v. Steinen u. Erden.....	303 405	17 632	39 531	39 571	0	306	1 456
26	26.1	H.v. Glas u. Glaswaren.....	78 164	0	472	12 330	0	72	306
27	26.2 - 26.8	H.v. Keramik, Verarbeitung v. Steinen u. Erden.....	225 241	17 632	39 060	27 241	0	234	1 150
28	27	H.v. Metallen u. Halbzeugen daraus.....	925 138	461 466	967	39 517	0	764	3 250
29	27.1	H.v. Roheisen, Stahl u. Ferrolegierungen.....	768 431	451 093	649	32 973	0	287	1 225
30	27.2/27.3	H.v. Rohren, Sonst. erste Bearb. v. Eisen u. Stahl, H.v. Ferrolegi	21 946	504	0	1 007	0	115	492
31	27.4	H.v. NE-Metallen u. Halbzeuge daraus.....	84 427	1 065	183	3 733	0	268	1 133
32	27.5	H.v. Gießereierz.	50 334	8 804	136	1 805	0	94	400
33	28	H.v. Metallerg.	106 004	434	0	16 223	0	883	4 111
34	29	H.v. Maschinen.....	94 674	115	89	19 704	0	1 647	7 407
35	30	H.v. Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten u. -einrichtung	2 846	0	7	1 060	0	188	723
36	31	H.v. Geräten der Elektrizitätserz., -verteilung u.ä.	57 277	452	64	7 996	0	763	3 408
37	32	H.v. Erzg. der Rundfunk-, Fernseh- u. Nachrichtentechnik.....	21 331	0	28	2 898	0	306	1 361
38	33	H.v. Erzg. der Medizin-, Mess-, Steuer- u. Regelungstechnik.....	25 389	0	19	4 797	0	402	1 768
39	34	H.v. Kraftwagen u. Kraftwagenteilen.....	129 524	1 144	0	19 765	0	2 185	9 338
40	35	H.v. sonst. Fahrzeugen (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u.a.).	27 413	0	0	4 163	0	270	1 184
41	36	H.v. Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielw	26 126	1 467	27	5 363	0	270	1 163
42	37	H.v. Sekundärrohstoffen.....	5 832	144	2	578	0	52	242
43	40	Erzg. u. Verteilung v. Energie (Strom, Gas).....	6 414 018	1 359 969	1 474 370	103 832	0	728	3 718
44	40.1	Erzg. u. Verteilung v. Elektrizität	5 886 786	1 233 749	1 432 909	92 459	0	561	2 865
45	40.2	Erzg. u. Verteilung v. Gasen.....	4 633	0	0	689	0	118	568
46	40.3	Erzg. u. Verteilung v. Fernwärme	522 598	126 219	41 461	10 685	0	49	285
47	41	Gew. u. Verteilung v. Wasser	14 488	0	0	545	0	92	445
48	45	Bauarbeiten.....	212 049	1 987	41	176 199	0	5 567	50 498
49	45.1/45.2	Vorber. Baustellenarb., Hoch- u. Tiefbauarbeiten.....	153 955	942	19	137 076	0	3 026	24 783
50	45.3 - 45.5	Bauinstallations- u. sonst. Bauarbeiten.....	58 095	1 045	22	39 123	0	2 541	25 714
51	50	Kfz-Handel, Instandh. u. Rep. v. Kfz; Tankstellen.....	66 558	0	0	41 841	0	1 096	8 504
52	51	Handelsvermittlung u. Großhandel (oh. Kfz).....	129 675	870	18	61 111	0	4 908	43 985
53	52	Einzelh. (oh. Handel m. Kfz u. Tankst.) Rep. v. Geb.güt.	256 764	3 104	64	105 490	0	13 115	46 191
54	55	Beherbergungs- u. Gastgewerbe-DL.....	104 497	1 174	24	30 501	0	1 370	2 054
55	60	Landverkehrs; Transport i. Rohrfernleitungen.....	226 495	0	0	134 501	0	2 548	120 591
56	60.1	Eisenbahn.....	69 594	0	0	22 869	0	30	17 969
57	60.2/60.3	Landverkehrs; Transport i. Rohrfernleitungen.....	156 901	0	0	111 631	0	2 518	102 621
58	61	Schifffahrt.....	68 554	0	0	68 289	0	77	35 906
59	62	Luftfahrt.....	451 255	0	0	450 957	0	758	2 254
60	63	DL bzgl. Hilfs- u. Nebentätigkeiten für den Verkehr.....	180 374	0	0	119 198	0	1 329	115 103
61	64	Nachrichtenermittlung.....	120 194	0	0	69 558	0	1 853	59 502
62	J (65-67)	Kredit- u. Versicherungsgewerbe (oh. Sozialversicherung).....	57 145	0	0	23 783	0	1 054	2 285
63	K (70-74)	DL des Grundstücks- u. Wohnungswesens, Vermietung beweglich	269 897	0	0	162 529	0	23 516	88 241
64	L (75)	Öff. Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung.....	170 338	0	2 550	88 821	0	4 670	28 354
65	M (80)	Erziehung u. Unterricht.....	118 188	709	15	22 287	0	265	1 016
66	N (85)	DL des Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesens.....	167 121	1 736	36	30 766	0	2 490	4 172
67	O (90-99)	Sonstige öff. u. private Dienstleister.....	219 888	355	7	110 948	0	16 461	76 020
68	90	Erbringung von Versorgungsleistungen.....	44 735	0	0	31 350	0	3 636	23 021
69	92	Kultur-, Sport- u. Unterhaltung.....	86 899	71	1	39 027	0	6 625	27 505
70		Alle Produktionsbereiche.....	19 735 464	2 205 084	1 673 800	8 750 031	4 798 952	230 779	841 388
71		Private Haushalte (Inlandsverbrauch).....	3 931 630	19 679	19 842	2 051 473	0	963 202	385 084
72		Alle Produktionsbereiche u. private Haushalte (VGR-Konzept)....	23 667 094	2 224 763	1 693 642	10 801 505	4 798 952	1 193 981	1 226 472
73	+	Fackelverluste.....	197 511	0	0	0	0	0	0
74	+	Vorratsveränderungen.....	131 739	- 13 121	- 159	88 270	35 913	39 390	6 315
75	+	Export und Bunkerungen der Ausländer im Inland.....	2 438 509	56 064	19 716	1 579 875	23 517	258 631	568 337
76	+	Statistische Differenz.....	174 699	1 144	2 311	0	0	0	0
77	=	Verwendung insgesamt.....	26 609 552	2 268 849	1 715 509	12 469 649	4 858 382	1 492 002	1 801 125
78		Inländische Produktion.....	13 067 993	902 841	1 711 041	5 563 717	150 887	1 331 511	1 436 164
79	+	Import und Bunkerungen der Inländer im Ausland.....	13 541 560	1 366 008	4 468	6 905 933	4 707 495	160 491	364 961
80	=	Aufkommen insgesamt (VGR-Konzept).....	26 609 553	2 268 849	1 715 509	12 469 650	4 858 382	1 492 002	1 801 125

*) Einschließlich Endenergieverbrauch sowie Umwandlungseinsatz, Eigenverbrauch und nichtenergetischer Verbrauch der Umwandlungsbereiche und Bunkerungssaldo (VGR-Konzept).

1) Bereichsabgrenzung vergleichbar mit der Statistischen Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Gemeinschaft (Ausgabe 1993).

2) Entspricht Summe der Zeilen 13 und 46 der Tabelle 3.1.2.

Mineralöle				Erneuerbare Energien und sonstige nicht erneuerbare Energieträger						Strom	Kern-energie	Fern-wärme	Lfd. Nr.
Flugtur-binen-kraftstoff	Heizöl leicht	Heizöl schwer	sonst. Mineralöl-produkte	Gase	zusammen	wasser-kw/ Wind, Photovol-taik u.a. Anlagen (Biogas- u. Erzeugung)	Biomasse	Erneuer-bare Energien	Nicht erneuer-bare Abfälle, Abwärme u.a.				
0	24 781	0	1 489	15 844	3 348	0	1 664	1 684	0	19 836	0	0	1
0	8	0	1	7	71	0	71	0	0	555	0	0	2
0	1	0	0	1	9	0	9	0	0	555	0	0	3
0	393	12	109	916	7 737	0	39	0	7 697	30 213	0	2 250	4
0	297	12	61	872	6	0	6	0	7 697	12 665	0	508	5
0	96	0	48	44	7 730	0	33	0	0	17 548	0	1 742	6
0	2	0	0	8 872	101	0	101	0	0	1 657	0	25	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
0	1 525	364	709	4 477	515	0	511	0	4	7 557	0	76	9
0	20 493	9 772	1 258	96 073	3 885	0	2 737	0	1 148	69 836	0	6 151	10
0	214	0	0	1 451	36	0	36	0	0	1 253	0	19	11
0	1 895	467	93	15 172	109	0	108	1	0	11 475	0	2 142	12
0	676	0	46	1 773	30	0	30	0	0	987	0	896	13
0	545	0	0	948	23	0	23	0	0	794	0	336	14
0	1 947	1 087	305	11 345	21 889	0	21 889	0	0	18 968	0	1 896	15
0	2 626	2 166	338	76 594	35 735	0	30 874	119	4 742	77 611	0	14 109	16
0	1 162	2 005	107	49 372	35 192	0	30 331	119	4 742	61 455	0	12 168	17
0	6 056	0	140	36 480	195	0	187	7	0	19 840	0	3 074	18
220	57 654	125 124	660 568	34 735	149 691	0	147 302	0	2 389	25 762	0	44	19
0	2	0	21 855	24 085	1	0	1	0	0	1 166	0	29	20
220	57 652	125 124	638 713	10 621	149 690	0	147 301	0	2 389	24 314	0	0	21
0	41 177	167 628	593 001	261 970	15 507	0	4 189	0	11 318	183 370	0	79 299	22
0	4 906	347	153	21 736	825	0	445	0	380	54 424	0	4 387	23
0	4 025	323	153	12 419	391	0	391	0	0	45 373	0	2 454	24
0	7 837	13 906	16 067	117 985	35 209	0	22 085	0	13 124	52 914	0	563	25
0	429	8 481	3 042	47 441	31	0	31	0	0	17 761	0	129	26
0	7 408	5 425	13 025	70 544	35 178	0	22 054	0	13 124	35 153	0	434	27
0	3 152	25 520	6 831	257 270	2 242	0	427	0	1 815	162 557	0	1 119	28
0	574	24 478	6 409	202 612	1 693	0	122	0	1 571	79 146	0	265	29
0	353	0	47	13 277	49	0	49	0	0	6 948	0	162	30
0	1 139	1 002	191	26 708	460	0	216	0	244	51 886	0	393	31
0	1 087	40	185	14 673	40	0	40	0	0	24 577	0	299	32
0	8 277	48	2 904	42 194	597	0	562	0	34	45 132	0	1 424	33
0	8 555	153	1 942	30 312	883	0	882	0	1	38 874	0	4 697	34
0	148	0	1	614	76	0	76	0	0	1 033	0	56	35
0	2 263	24	1 537	26 923	351	0	350	1	0	19 480	0	2 011	36
0	700	0	532	2 959	157	0	157	0	0	12 992	0	2 296	37
0	1 828	46	753	9 527	550	0	550	0	0	9 182	0	1 315	38
0	2 959	124	5 159	29 091	1 236	0	1 226	0	11	63 990	0	14 297	39
0	2 708	0	1	11 771	117	0	117	0	0	9 259	0	2 103	40
0	1 893	57	1 980	3 436	4 959	0	4 959	0	0	10 447	0	426	41
0	237	0	46	793	1 402	0	498	0	904	2 901	0	12	42
0	18 325	31 582	49 479	869 075	602 244	190 699	297 570	578	113 397	178 839	1 825 689	0	43
0	10 513	31 396	47 122	610 381	517 158	190 699	249 892	1	76 566	174 442	1 825 689	0	44
0	3	0	1	3	12	0	12	0	0	3 929	0	0	45
0	7 809	186	2 356	258 691	85 074	0	47 666	577	36 831	468	0	0	46
0	8	0	0	6	9	0	9	0	0	13 927	0	0	47
0	17 826	0	102 308	12 846	5 675	0	4 575	2	0	13 738	0	1 563	48
0	8 450	0	100 817	6 091	2 574	0	2 141	2	0	6 512	0	741	49
0	9 377	0	1 491	6 755	3 101	0	2 434	320	0	7 226	0	822	50
0	6 537	0	25 704	3 880	1 881	0	1 881	0	0	17 420	0	1 536	51
0	11 984	0	234	16 412	13 703	0	13 496	206	0	36 460	0	1 102	52
0	42 777	0	3 407	58 558	2 231	0	1 919	288	0	71 653	0	15 666	53
0	24 102	0	2 975	22 028	1 001	0	394	608	0	38 185	0	11 583	54
0	2 820	0	8 542	2 097	29 183	0	29 159	25	0	59 952	0	763	55
0	2 737	0	2 133	2 022	182	0	157	25	0	43 759	0	763	56
0	83	0	6 409	76	29 002	0	29 002	0	0	16 192	0	0	57
0	0	30 103	2 203	0	265	0	265	0	0	0	0	0	58
447 928	17	0	0	13	274	0	274	0	0	10	0	0	59
0	629	0	2 138	1 519	40 033	0	40 033	0	0	15 092	0	4 532	60
0	8 195	0	8	6 062	25 108	0	25 094	9	0	17 182	0	2 284	61
0	20 440	0	5	15 103	492	0	235	101	0	12 072	0	5 696	62
0	49 501	2	1 269	36 680	3 693	0	3 237	456	0	53 210	0	13 784	63
1 543	51 692	3	2 559	33 595	672	0	357	219	0	32 031	0	12 669	64
0	20 256	7	743	47 663	18	0	18	0	0	18 067	0	29 429	65
0	22 818	4	1 283	54 086	669	0	304	365	0	43 218	0	36 610	66
0	14 540	3 354	574	27 966	11 241	0	11 169	73	0	33 590	0	35 780	67
0	992	3 352	348	67	7 817	0	7 817	0	0	2 433	0	3 068	68
0	4 761	1	135	12 114	1 840	0	1 792	48	0	18 360	0	15 486	69
449 691	517 926	411 899	1 499 397	2 328 861	1 025 877	190 699	672 093	4 743	156 963	1 608 102	1 825 689	318 019	70
0	671 432	0	31 755	964 573	215 408	0	202 665	12 743	0	509 400	0	151 256	71
449 691	1 189 358	411 899	1 531 152	3 293 433	1 241 285	190 699	874 758	18 865	156 963	2 117 502	1 825 689	469 275	72
0	0	0	0	53 503	1 347	0	1 347	0	0	103 694	0	38 966	73
- 2 586	2 884	1 371	4 983	56 750	0	0	0	0	0	0	0	0	74
159 696	75 966	314 495	179 232	545 336	0	0	0	0	0	237 280	0	239	75
0	0	0	0	171 245	0	0	0	0	0	0	0	0	76
606 801	1 268 208	727 765	1 715 367	4 120 267	1 242 633	190 699	876 106	18 865	156 963	2 458 476	1 825 689	508 480	77
188 837	754 964	565 932	1 135 422	846 909	1 242 633	190 699	876 106	18 865	156 963	2 292 372	0	508 480	78
417 964	513 244	161 833	579 945	3 273 358	0	0	0	0	0	166 104	1 825 689	0	79
606 801	1 268 208	727 765	1 715 367	4 120 267	1 242 633	190 699	876 106	18 865	156 963	2 458 476	1 825 689	508 480	80

Tabelle 4: Brennstoffeinsatz bei der Stromgewinnung 2006 in Deutschland und in ausgewählten Lieferländern

CPA	Energieträger	DE	FR	NL	IT	UK	ES	AT	SE	BE	PO	NO	RS	CH	US	JP
		in Petajoule														
10.1	Steinkohlen	1.234	224	210	423	1.361	595	56	16	68	1.028	1	1.393	25.690	13.659	2.563
10.2/3	Braunkohlen	1.433	0	0	0	0	57	6	7	0	526	0	421	0	6.908	0
11	Erdgas	521	231	451	1.151	1.005	577	93	8	169	40	2	3.948	228	6.147	2.034
23.1	Koks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.2	Mineralölz.	92	70	24	388	25	188	12	15	14	7	0	215	544	754	951
23.3	Kernbrennstoffe	1.826	4.859	37	0	814	649	0	723	503	0	0	1.703	598	8.900	3.308
40.1	Elektrizität ⁴⁾	174	100	14	55	71	47	17	11	15	52	4	259	669	731	153
40.2	hergest. Gase	90	37	22	58	40	14	13	11	27	25	0	0	0	0	0
40.3	Fernwärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Summe	5.370	5.521	759	2.074	3.316	2.127	197	791	795	1.679	7	7.939	27.728	37.099	9.010
	Biomasse, nicht erneuerbare Abfälle	325	82	85	102	116	48	43	130	41	21	5	34	48	1.066	300
	Erneuerbare Energien	187	212	10	345	44	177	135	228	5	24	435	624	1.568	1.050	315
	Insgesamt	5.881	5.815	854	2.521	3.476	2.352	375	1.149	841	1.725	447	8.597	29.344	39.215	9.625
	Stromgewinnung ^{*)}	2.292	2.048	481	1.316	1.418	1.064	264	627	392	799	441	3.578	10.450	15.388	3.935
	dar.: Wärmegewinnung	-	-	127	209	-	-	45	111	29	221	5	-	-	-	-
		in % von insgesamt														
10.1	Steinkohlen	21,0	3,8	24,7	16,8	39,2	25,3	14,8	1,4	8,0	59,6	0,2	16,2	87,5	34,8	26,6
10.2/3	Braunkohlen	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	1,7	0,7	0,0	30,5	0,0	4,9	0,0	17,6	0,0
11	Erdgas	8,9	4,0	52,8	45,6	28,9	24,5	24,8	0,7	20,0	2,3	0,5	45,9	0,8	15,7	21,1
23.1	Koks	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23.2	Mineralölz.	1,6	1,2	2,8	15,4	0,7	8,0	3,3	1,3	1,6	0,4	0,0	2,5	1,9	1,9	9,9
23.3	Kernbrennstoffe	31,0	83,6	4,4	0,0	23,4	27,6	0,0	62,9	59,8	0,0	0,0	19,8	2,0	22,7	34,4
40.1	Elektrizität	3,0	1,7	1,7	2,2	2,0	2,0	4,4	0,9	1,7	3,0	0,9	3,0	2,3	1,9	1,6
40.2	hergest. Gase	1,5	0,6	2,5	2,3	1,1	0,6	3,5	0,9	3,2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40.3	Fernwärme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Summe	91,3	95,0	88,9	82,3	95,4	90,4	52,5	68,8	94,5	97,4	1,6	92,3	94,5	94,6	93,6
	Biomasse, nicht erneuerbare Abfälle	5,5	1,4	9,9	4,0	3,3	2,0	11,6	11,3	4,8	1,2	1,2	0,4	0,2	2,7	3,1
	Erneuerbare Energien	3,2	3,6	1,2	13,7	1,3	7,5	35,9	19,9	0,6	1,4	97,2	7,3	5,3	2,7	3,3
	Insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		in % von Stromgewinnung														
	Brennstoffeinsatz	257	284	177	192	245	221	142	183	253	216	101	240	281	255	245
	D=100	100	111	69	75	96	86	55	71	99	84	40	94	109	99	95

^{*)} Einschl. Wärmegewinnung in KWK-Anlagen, in Deutschland ausschließlich Stromgewinnung; Russland und USA: Umsetzung Brennstoffeinsatz in KWK-Anlagen zu Fernwärmegewinnung
¹⁾ einschl. Eigenverbrauch der Kraftwerke

Tabelle 5: Stahlherstellung, CO₂-Emissionen und CO₂-Emissionskoeffizienten bei der Stahlherstellung

Land	Einheit	2000	2005	2006
Stahlherstellung				
Deutschland	1000t	46.376	44.524	47.224
Belgien	1000t	11.636	10.420	11.630
Frankreich	1000t	20.956	19.480	19.852
Italien	1000t	26.759	29.349	31.625
Niederlande	1000t	5.666	6.919	6.373
Österreich	1000t	5.723	7.031	7.130
Polen	1000t	10.498	8.336	10.007
Schweden	1000t	5.227	5.723	5.466
Spanien	1000t	15.874	17.826	18.391
Vereinigtes Königreich	1000t	15.155	13.237	13.869
China	1000t	127.143	355.285	420.917
Japan	1000t	106.444	112.471	116.226
Russland	1000t	59.136	66.146	70.830
USA	1000t	101.803	94.897	98.556
CO₂-Emissionen				
Deutschland	1000t	55.530	50.788	54.029
Belgien	1000t	14.313	10.950	10.903
Frankreich	1000t	21.873	21.271	20.665
Italien	1000t	19.201	17.126	18.296
Niederlande	1000t	5.246	5.738	5.996
Österreich	1000t	9.418	11.445	11.542
Polen	1000t	18.336	10.247	15.148
Schweden	1000t	2.848	3.349	3.318
Spanien	1000t	8.158	10.390	9.368
Vereinigtes Königreich	1000t	21.678	19.701	20.435
China	1000t	370.256	753.174	883.678
Japan	1000t	151.023	152.998	154.800
Russland	1000t	114.204	131.417	133.978
USA	1000t	109.583	86.052	87.764
CO₂-Koeffizienten ¹⁾				
Deutschland	t/t	1,20	1,14	1,14
Belgien	t/t	1,23	1,05	0,94
Frankreich	t/t	1,04	1,09	1,04
Italien	t/t	0,72	0,58	0,58
Niederlande	t/t	0,93	0,83	0,94
Österreich	t/t	1,65	1,63	1,62
Polen	t/t	1,75	1,23	1,51
Schweden	t/t	0,54	0,59	0,61
Spanien	t/t	0,51	0,58	0,51
Vereinigtes Königreich	t/t	1,43	1,49	1,47
China	t/t	2,91	2,12	2,10
Japan	t/t	1,42	1,36	1,33
Russland	t/t	1,93	1,99	1,89
USA	t/t	1,08	0,91	0,89
Deutschland	D=100	100	100	100
Belgien	D=100	103	92	82
Frankreich	D=100	87	96	91
Italien	D=100	60	51	51
Niederlande	D=100	77	73	82
Österreich	D=100	137	143	141
Polen	D=100	146	108	132
Schweden	D=100	46	51	53
Spanien	D=100	43	51	45
Vereinigtes Königreich	D=100	119	130	129
China	D=100	243	186	183
Japan	D=100	118	119	116
Russland	D=100	161	174	165
USA	D=100	90	79	78

1) CO₂-Emissionen in Tonnen je Tonne Stahl.

Quelle: Statistisches Bundesamt (Eisen- und Stahlstatistik), UNFCCC (Data Interface, Stand 2009), eigene Berechnungen.

Tabelle 6: CO2-Emissionen nach Wirtschaftsbereichen 2006 in 1 000 Tonnen*

NACE Rev.1	DE	AT	BE	ES	FR	IT	NL	NO	PL	SE	UK
A	7 604	2 520	2 291	9 060	10 630	7 549	9 340	545	11 126	2 769	5 285
A01	7 501	1 853	2 018	8 944	9 707	7 537	8 272	494	9 847	1 756	5 219
A02	103	667	273	116	922	12	1 068	52	1 280	1 013	66
B	4	3	323	2 715	1 819	749	731	1 293	261	232	568
C	5 055	1 168	1 281	2 027	2 147	1 445	2 483	13 282	1 794	524	21 578
CA	4 099	786	517	1 236	1 000	357	2 074	13 082	1 489	5	20 410
CA10	2 337	0	56	906	72	0	0	7	838	3	169
CA11	1 762	785	78	330	499	357	2 074	13 075	651	2	20 242
CA12	0	0	383	0	430	0	0	0	0	0	0
CB	956	382	764	791	1 147	1 087	409	200	305	519	1 168
CB13	3	0	381	210	429	9	0	26	152	259	18
CB14	953	382	383	581	718	1 079	409	175	153	261	1 150
D	186 425	27 933	38 826	114 669	126 441	146 213	46 618	12 317	61 495	16 794	107 649
DA	11 424	1 125	2 265	5 913	15 682	7 635	4 168	631	4 596	682	9 307
DA15	11 288	1 112	2 263	5 889	15 650	7 605	4 160	628	4 575	680	9 270
DA16	136	12	2	24	31	31	8	3	20	1	37
DB	1 298	146	701	1 947	1 441	8 625	220	18	1 419	54	2 362
DB17	1 125	95	352	1 787	1 311	7 723	111	17	720	49	2 189
DB18	173	51	349	160	131	902	109	2	699	4	173
DC	84	27	347	144	160	916	0	3	709	3	44
DD	1 421	365	352	539	893	1 111	172	78	743	137	1 547
DE	8 172	2 471	1 048	3 235	5 441	6 470	1 770	552	1 406	1 955	6 109
DE21	6 831	923	691	3 007	4 950	5 085	1 523	518	994	1 906	4 171
DE22	1 341	1 548	357	229	491	1 385	247	34	412	49	1 938
DF	19 750	2 833	1 239	21 320	22 460	20 963	12 213	2 144	9 362	2 772	17 044
DG	31 614	2 115	10 497	8 540	16 928	2 634	16 606	2 557	10 852	1 744	13 619
DH	2 114	72	365	156	2 086	14 610	268	35	760	106	4 787
DI	39 102	5 390	6 167	53 754	25 671	50 406	2 305	1 833	9 147	3 727	14 527
DJ	58 494	12 585	11 872	17 419	23 488	22 571	7 591	4 293	16 219	4 887	28 720
DJ27	54 097	12 325	11 495	16 943	20 129	21 017	7 123	4 244	14 405	4 619	26 408
DJ28	4 397	260	378	475	3 359	1 555	469	49	1 814	268	2 312
DK	4 194	279	380	579	2 300	3 892	333	50	982	194	1 864
DL	2 752	245	1 445	145	1 739	1 976	420	11	2 628	63	1 741
DL30	161	4	357	8	216	43	96	0	605	2	105
DL31	1 362	111	364	119	771	1 170	126	10	770	29	846
DL32	437	85	362	10	277	426	99	0	637	11	429
DL33	792	45	363	8	475	338	99	1	616	21	362
DM	4 808	141	780	341	3 072	3 172	186	66	460	309	3 018
DM34	3 948	107	410	256	1 978	2 569	102	15	240	269	1 838
DM35	715	34	370	86	1 093	603	85	51	219	40	1 180
DN	1 199	140	1 369	636	5 081	1 232	366	44	2 212	162	2 959
DN36	953	137	969	256	4 285	1 137	307	15	1 555	51	2 244
DN37	246	3	400	380	796	96	59	29	657	112	715
E	367 705	12 301	29 318	102 403	38 988	141 329	50 310	440	176 579	7 553	187 492
E40	367 642	12 197	29 294	101 662	38 672	141 283	50 287	435	176 374	7 552	186 325
E41	63	104	24	742	316	47	23	5	205	1	1 167
F	7 580	2 062	603	3 137	4 956	3 906	2 304	734	453	2 122	11 611
G	18 430	2 353	830	6 307	10 073	18 877	3 132	464	1 898	1 790	14 187
G50	3 405	318	427	1 637	3 202	1 918	823	394	1 011	1 156	2 859
G51	7 154	1 016	225	3 143	4 805	8 463	1 504	42	495	391	5 875
G52	7 871	1 019	179	1 527	2 067	8 496	805	29	392	242	5 453
H	3 259	643	138	3 253	3 015	2 777	1 546	69	759	93	2 535
I	62 311	7 777	7 535	40 162	40 183	42 202	27 701	17 820	37 382	13 903	94 559
I60	18 434	6 219	6 498	23 805	32 080	26 444	7 800	4 596	37 294	3 229	29 008
I61	9 585	53	575	4 125	2 920	4 705	5 843	11 185	14	7 557	19 234
I62	16 992	1 139	138	10 020	4 309	7 957	13 177	1 648	75	2 665	43 172
I63	14 153	236	208	1 954	874	2 016	474	172	0	301	1 022
I64	3 148	129	116	258	0	1 081	406	219	0	151	2 123
J	3 267	249	401	235	1 667	1 034	791	121	152	56	979
J65	1 126	139	139	64	559	451	492	45	53	27	365
J66	1 098	82	135	20	675	25	199	41	51	18	305
J67	1 042	27	127	151	433	558	100	35	48	11	309
K	8 988	875	1 369	664	6 658	7 275	4 188	153	531	1 337	5 708
K70	1 075	132	151	113	770	589	219	29	58	408	974
K71	4 482	99	730	135	3 199	848	1 817	31	287	192	1 521
K72	1 048	80	147	46	708	796	301	16	56	97	313
K73	996	16	138	0	920	54	258	2	52	10	293
K74	1 387	548	204	370	1 061	4 988	1 593	75	79	630	2 608
L	8 722	430	247	855	6 690	2 673	2 329	297	531	641	8 335
M	4 888	549	150	623	4 915	982	1 008	107	1 215	253	3 266
N	6 653	259	165	1 060	4 268	2 362	2 058	314	2 050	333	5 063
O	12 435	996	610	1 157	14 742	5 690	9 789	245	765	420	5 127
O90	2 985	292	209	764	11 488	3 553	8 014	38	309	166	2 413
O91	3 872	177	136	60	219	106	0	23	149	72	383
O92	1 841	281	134	210	2 498	886	1 088	23	146	104	1 473
O93	3 737	246	131	123	537	1 143	687	161	161	78	858
P	0	0	116	0	0	0	0	0	364	0	214
Q	0	0	131	0	0	0	0	0	413	0	0
A_Q 01-99	703 327	60 119	84 336	288 328	277 192	385 064	164 328	48 200	297 768	48 822	474 155
TOT_HH	204 381	18 069	34 772	64 210	127 730	104 095	37 661	5 280	32 755	11 093	142 707
TOT_NACE_HH	907 708	78 188	119 107	352 538	404 922	489 160	201 989	53 480	330 524	59 915	616 861

* Source: Eurostat data base NAMEA AIR

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environment/data/database>

Tabelle 7: CO2-Emissionskoeffizienten nach Wirtschaftsbereichen 2006 (in 1000 t CO₂ per Mill. €)

No	CPA	Industries	DE	FR	NL	IT	UK	ES	SE	AT	BE	PO	NO
1	01	Agriculture	230	140	328	169	184	236	408	312	304	427	158
2	02	Forestry	48	140	368	25	60	67	371	301	337	480	72
3	05	Fishery	11	869	1 542	312	9	947	1 358	101	2 149	2 331	316
4	10.1	Hard coal	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
5	10.2/3	Lignite	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	11	Petroleum, gas	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1
7	12/13/14	Stones and earth	94	129	409	190	163	122	184	350	476	163	176
8	15.1-8	Food	64	91	94	83	59	55	44	62	65	73	45
9	15.9	Beverages	78	110	113	100	71	67	52	74	79	88	54
10	16	Tobacco	32	39	83	27	12	29	47	35	81	18	38
11	17	Textiles	83	117	40	213	162	206	55	45	61	237	29
12	18	Furs	21	14	63	29	18	19	15	67	98	18	7
13	19	Leather	36	50	27	31	45	26	17	39	27	27	66
14	20	Wood (ex. furniture)	125	75	61	59	148	49	15	50	107	121	26
15	21.1/9	Pulp, paper	402	374	374	374	374	374	217	374	374	374	374
16	21.2	Paper, paperboard	100	116	181	143	233	91	162	85	75	226	195
17	22.1	Publishing	39	22	32	43	9	36	5	39	85	21	8
18	22.2+3	Printed matter	69	38	55	76	15	62	9	69	147	36	14
19	23.1	Coke oven products	7	9	7	6	7	6	8	10	6	9	8
20	23.2	Refined petroleum products	4	4	4	4	4	5	3	7	2	6	4
21	23.3	Nuclear fuel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	24.1	Basic chemicals	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249
23	24.4	Pharmaceuticals	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
24	24 R	Other chemicals	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
25	25.1	Rubber	60	21	25	21	38	12	38	27	49	52	23
26	25.2/9	Plastic	24	9	10	9	15	5	15	11	20	21	9
27	26.1	Glass	413	446	185	513	118	453	151	356	301	140	126
28	26.2-9	Ceramic goods	1 223	1 324	549	1 521	349	1 344	449	1 055	893	414	372
29	27.1-3	Basic iron, steel	641	1 041	941	579	1 473	509	607	1 619	937	1 514	607
30	27.42	Aluminium	73	127	143	90	110	120	124	112	134	100	130
31	27.4 R	Other non-ferrous metal products	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
32	27.5	Casting of metals	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
33	28	Fabricated metals	34	53	28	15	59	11	22	22	30	145	13
34	29	Machinery	16	39	17	33	40	20	8	16	39	87	8
35	30	Office machinery	9	24	48	9	9	6	3	20	12	12	0
36	31	Electrical machinery	24	28	31	31	58	6	14	18	14	14	5
37	32	Communication	10	13	10	26	32	2	11	15	11	11	0
38	33	Medical and optical instruments	20	22	22	19	26	5	4	20	18	18	1
39	34	Motor vehicles	10	22	11	55	34	4	9	7	21	14	15
40	35	Other transport equipment	29	19	15	27	42	6	10	13	36	62	5
41	36	Furniture	38	31	37	27	112	16	13	27	31	31	9
42	37	Secondary raw material	41	116	54	26	48	56	214	25	149	48	52
43	40.1	Electricity	150	25	163	145	142	108	35	81	78	283	2
44	40.2	Gas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	40.3	Steam	76	155	84	76	99	76	82	99	76	115	113
46	41	Water	4	7	14	7	7	7	1	7	17	7	10
47	45.1/2	Constructions	33	22	32	20	46	10	81	59	12	39	25
48	45.3-5	Building installation	34	22	32	20	46	10	81	59	12	39	25
49	50	Trade, repair services of vehicles	23	72	54	28	47	47	24	42	38	63	61
50	51	Wholesale trade	35	29	23	48	38	48	37	37	44	24	2
51	52	Retail trade	72	19	28	65	36	23	37	62	54	24	2
52	55	Hotel, restaurant services	54	38	88	26	22	29	10	37	50	141	11
53	60.1	Transport via railways	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
54	60.2/3	Oth. land transport, pipelines	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184	184
55	61	Water transport	259	304	1 039	596	481	1 268	1 727	498	123	481	766
56	62	Air transport	1 236	241	1 452	754	2 045	1 036	851	333	123	651	528
57	63	Auxiliary transport services	132	187	373	179	157	46	242	214	123	157	18
58	64	Post, telecommunications	90	187	17	19	26	6	12	13	123	38	23
59	65	Monetary institutions	13	6	14	6	3	1	3	10	7	4	5
60	66/67	Insurance, pension funding	10	14	15	25	34	17	7	11	18	31	14
61	70	Real estate services	4	3	4	3	5	1	9	4	4	2	1
62	71	Renting of machinery	38	126	218	94	49	92	71	12	158	254	17
63	72	Computer	22	11	18	18	22	22	7	12	18	14	2
64	73	Research, development	18	26	65	17	26	58	13	33	79	25	1
65	74	Other business services	30	4	19	17	10	4	13	19	3	3	3
66	75.1/2	Public administration,	52	39	39	22	53	11	25	21	48	27	17
67	75.3	Social security services	27	39	39	22	53	11	25	21	48	27	17
68	80	Education services	37	47	36	13	27	13	11	38	41	83	8
69	85	Health and social work	26	23	36	20	18	14	8	12	31	31	12
70	90	Sewage	86	136	283	201	108	81	76	75	73	108	15
71	91	Membership organ. services	86	136	283	74	169	169	19	56	39	46	11
72	92	Cultural and sporting services	55	36	65	25	17	5	10	44	19	28	4
73	93/95	Private households	43	38	137	65	42	96	34	95	57	95	94

* Energy branches (shaded lines): special calculation on basis of national energy balances; coefficients:1000 tons CO₂ per output in terajoule
 Coefficients for industries 10.2/3, 24, 27.4R, 27.5, 40.2, 60 as for Germany
 Industry 21.1/9: source: special calculation for pulp and paper for Sweden
 Industry 27.1-3: source: special calculation for steel
 Industry 27.42: source: special calculation for aluminium

Tabelle 8: CO2-Emissionskoeffizienten nach Wirtschaftsbereichen 2006 (Deutschland = 100*)

No	CPA	Industries	DE	FR	NL	IT	UK	ES	SE	AT	BE	PO	NO
1	01	Agriculture	100	61	142	73	80	103	177	135	132	186	69
2	02	Forestry	100	290	762	51	124	138	768	623	697	992	150
3	05	Fishery	100	8 128	14 418	2 919	87	8 848	12 697	943	20 087	21 787	2 953
4	10.1	Hard coal	100	488	488	488	488	488	488	488	488	201	488
5	10.2/3	Lignite	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	11	Petroleum, gas	100	320	77	165	270	100	100	100	100	275	171
7	12/13/14	Stones and earth	100	137	433	201	173	129	195	371	504	172	186
8	15.1-8	Food	100	142	145	129	92	86	68	96	102	114	70
9	15.9	Beverages	100	142	145	129	92	86	68	96	102	114	70
10	16	Tobacco	100	122	260	84	37	90	147	109	254	57	120
11	17	Textiles	100	140	48	257	196	248	66	54	73	285	35
12	18	Furs	100	67	305	139	89	90	71	324	477	89	33
13	19	Leather	100	140	77	88	126	72	46	108	77	77	185
14	20	Wood (ex. furniture)	100	60	49	47	119	40	12	40	86	97	21
15	21.1/9	Pulp, paper	100	93	93	93	93	93	54	93	93	93	93
16	21.2	Paper, paperboard	100	116	180	142	232	91	162	84	74	225	194
17	22.1	Publishing	100	55	80	110	22	90	13	100	215	53	21
18	22.2+3	Printed matter	100	55	80	110	22	90	13	100	215	53	21
19	23.1	Coke oven products	100	122	92	81	93	81	101	135	76	114	101
20	23.2	Refined petroleum products	100	102	112	97	117	135	68	202	67	161	105
21	23.3	Nuclear fuel	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	24.1	Basic chemicals	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
23	24.4	Pharmaceuticals	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
24	24 R	Other chemicals	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25	25.1	Rubber	100	36	41	36	63	20	63	44	82	87	39
26	25.2/9	Plastic	100	36	41	36	63	20	63	44	82	87	39
27	26.1	Glass	100	108	45	124	29	110	37	86	73	34	30
28	26.2-9	Ceramic goods	100	108	45	124	29	110	37	86	73	34	30
29	27.1-3	Basic iron, steel	100	162	147	90	230	79	95	252	146	236	95
30	27.42	Aluminium	100	174	196	124	151	164	170	153	184	137	178
31	27.4 R	Other non-ferrous metal products	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
32	27.5	Casting of metals	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
33	28	Fabricated metals	100	156	82	45	171	32	64	64	89	423	37
34	29	Machinery	100	240	103	205	246	126	53	101	241	542	47
35	30	Office machinery	100	262	524	100	103	64	33	217	132	132	4
36	31	Electrical machinery	100	116	132	129	244	25	58	77	58	58	20
37	32	Communication	100	128	104	255	317	17	109	144	109	109	4
38	33	Medical and optical instruments	100	113	114	95	132	24	21	102	89	89	3
39	34	Motor vehicles	100	218	109	542	331	43	92	70	204	135	144
40	35	Other transport equipment	100	66	51	94	145	22	36	43	124	212	16
41	36	Furniture	100	81	98	73	297	41	34	71	81	81	25
42	37	Secondary raw material	100	284	132	64	117	136	524	61	363	117	127
43	40.1	Electricity	100	17	109	96	94	72	23	54	52	188	1
44	40.2	Gas	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
45	40.3	Steam	100	203	110	100	130	100	108	130	100	150	148
46	41	Water	100	176	359	177	176	176	27	176	446	176	256
47	45.1/2	Constructions	100	65	96	61	139	29	241	176	37	115	74
48	45.3-5	Building installation	100	65	96	60	139	29	240	176	37	115	74
49	50	Trade, repair services of vehicles	100	309	228	120	199	202	101	181	161	267	261
50	51	Wholesale trade	100	83	66	138	109	137	105	108	127	69	7
51	52	Retail trade	100	26	39	89	50	32	51	86	75	33	3
52	55	Hotel, restaurant services	100	71	164	49	42	54	18	69	93	262	20
53	60.1	Transport via railways	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
54	60.2/3	Oth. land transport, pipelines	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
55	61	Water transport	100	117	401	230	186	489	666	192	47	186	295
56	62	Air transport	100	20	117	61	165	84	69	27	10	53	43
57	63	Auxiliary transport services	100	142	283	136	119	35	183	162	93	119	14
58	64	Post, telecommunications	100	208	18	22	29	7	13	15	136	42	26
59	65	Monetary institutions	100	47	111	47	23	12	20	77	58	34	38
60	66/67	Insurance, pension funding	100	134	145	239	328	166	66	104	170	298	135
61	70	Real estate services	100	70	97	76	129	26	220	100	104	53	25
62	71	Renting of machinery	100	333	577	249	131	243	187	31	419	673	46
63	72	Computer	100	50	81	82	103	103	31	57	83	63	11
64	73	Research, development	100	145	363	96	144	326	70	183	445	139	8
65	74	Other business services	100	12	64	56	33	13	41	63	10	10	11
66	75.1/2	Public administration,	100	76	76	43	102	21	48	41	93	51	33
67	75.3	Social security services	100	148	148	84	200	42	94	80	182	100	64
68	80	Education services	100	126	97	35	73	35	31	102	111	223	22
69	85	Health and social work	100	91	142	77	70	55	32	49	121	121	47
70	90	Sewage	100	158	329	234	125	94	89	87	85	125	18
71	91	Membership organ. services	100	158	329	85	196	196	22	65	45	53	13
72	92	Cultural and sporting services	100	65	117	44	32	9	18	80	34	50	7
73	93/95	Private households	100	89	319	153	98	225	80	222	134	221	219

* Energy branches (shaded lines): special calculation on basis of national energy balances; coefficients:1000 tons CO₂/output in terajoule
 Coefficients for industries 10.2/3, 24, 27.4R, 27.5, 40.2, 60 as for Germany
 Industry 21.1/9: source: special calculation for pulp and paper for Sweden
 Industry 27.1-3: source: special calculation for steel
 Industry 27.42: source: special calculation for aluminium

Übersicht 1: Erweitertes Input-Output Modell mit Wertangaben und mit gemischten Einheiten
– Beispielrechnung –

1. Modell mit reinen Wertangaben

	1	2	3	PV	EX	Sum	
P1	1	20	0	0	100	50	170
P2	2	0	5	30	0	0	35
EN*	3	5	5	0	20	0	30
Sum	25	10	30	120	50	235	
BWS	145	25	0				
PW	170	35	30				

EN	3	50	50	0	100	TJ
EN-Co		0,29	1,43	0		

y Leontief-Inverse: inv(I-A)

	1	2	3		
150	1	1,13	0,00	0,00	1,13
0	2	0,05	1,40	1,40	2,85
20	3	0,04	0,20	1,20	1,44
		1,22	1,60	2,60	

Energiegehalt der Endnachfrage:

	1	2	3	SUM	ENERGIE:					
					Coe	1	2	3	SUM	
P1	1	170	0	0	170	0,29	50	0	0	50
P2	2	7	0	28	35	1,43	10	0	40	50
EN	3	6	0	24	30	0	0	0	0	0
		183	0	52	235		60	0	40	100

2. Gemischtes Modell (keine Preisdifferenzierung)

	1	2	3	PV	EX	Sum	
P1	1	20	0	0	100	50	170
P2	2	0	5	30	0	0	35
EN*	3	50	50	0	200	0	300
Sum							505
BWS	170	35					
PW	170	35	300				

EN	3	50	50	0	100	TJ
EN-Co		0,29	1,43	0		

y Leontief-Inverse: inv(I-A)

	1	2	3	
150	1	1,13	0,00	0,00
0	2	0,05	1,40	0,14
200	3	0,40	2,00	1,20

	1	2	3	SUM	ENERGIE:					
					Coe	1	2	3	SUM	
P1	1	170	0	0	170	0,29	50	0	0	50
P2	2	7	0	28	35	1,43	10	0	40	50
EN	3	60	0	240	300	0	0	0	0	0
		237	0	268	505		60	0	40	100

3. Gemischtes Modell (mit Preisdifferenzierung)

	1	2	3	PV	EX	Sum	
P1	1	20	0	0	100	50	170
P2	2	0	5	30	0	0	35
EN*	3	20	80	0	200	0	300
Sum							505
BWS	170	35					
PW	170	35	300				

EN	3	20	80	0	100	TJ
EN-Co		0,12	2,29	0		

y Leontief-Inverse: inv(I-A)

	1	2	3	
150	1	1,13	0,00	0,00
0	2	0,02	1,59	0,16
200	3	0,18	3,64	1,36

	1	2	3	SUM	ENERGIE:					
					Coe	1	2	3	SUM	
P1	1	170	0	0	170	0,12	20	0	0	20
P2	2	3	0	32	35	2,29	7	0	72,7	80
EN	3	27	0	273	300	0	0	0	0	0
		200	0	305	505		27	0	73	100

Legende:

- P1 Produktionsbereich 1
- P2 Produktionsbereich 2
- EN* Energiebereich
- *: in calorific values (TJ): Terajoule
- PV Privater Verbrauch
- EX Export
- EN-CO: Energiekoeffizient
- BWS Bruttowertschöpfung

Übersicht 2: Gliederung der Produktionsbereiche in der Energie-Input-Output Tabelle *)

Lfd. Nr.	73 Produktionsbereiche	Lfd. Nr.	71 Produktionsbereiche	WZ ^{1) 2)}
1	Erzeugung von Produkten der Landwirtschaft und Jagd	1	Erzeugung von Produkten der Landwirtschaft und Jagd	01
2	Erzeugung von Produkten der Forstwirtschaft	2	Erzeugung von Produkten der Forstwirtschaft	02
3	Erzeugung von Produkten der Fischerei und Fischzucht	3	Erzeugung von Produkten der Fischerei und Fischzucht	05
	Gewinnung von Kohle und Torf	4	Gewinnung von Kohle und Torf	10
4	Steinkohlenbergbau			10.1
5	Braunkohlenbergbau			10.2
6	Gewinnung von Erdöl, Erdgas	5	Gewinnung von Erdöl, Erdgas	11
7	Gew. v. Uranerzen, Erzen, Steinen und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse			12/13/14
		6	Gewinnung von Uran- und Thoriumerze	12
		7	Gewinnung von Erzen	13
		8	Gew. v. Steinen und Erden, sonstige Bergbauerz.	14
8	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	9	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	15.1–8
9	Herstellung von Getränken	10	Herstellung von Getränken	15.9
10	Herstellung von Tabakwaren	11	Herstellung von Tabakwaren	16
11	Herstellung von Textilien	12	Herstellung von Textilien	17
12	Herstellung von Bekleidung	13	Herstellung von Bekleidung	18
13	Herstellung von Leder und Lederwaren	14	Herstellung von Leder und Lederwaren	19
14	Herstellung von Holz und Holzserzeugnissen	15	Herstellung von Holz und Holzserzeugnissen	20
15	Herstellung von Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton u. Pappe	16	Herstellung von Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	21.1
16	Herstellung von Papier-, Karton- und Pappwaren	17	Herstellung von Papier-, Karton- und Pappwaren	21.2
17	Herstellung von Verlagserzeugnissen	18	Herstellung von Verlagserzeugnissen	22.1
18	Herstellung von Druckerzeugnissen u.ä.	19	Herstellung von Druckerzeugnissen u.ä.	22.2–3
	Herstellung von Kokerei- und Mineralölerzeugnissen, Spalt- und Brutstoffen	20	Herstellung von Kokerei- und Mineralölerzeugnissen, Spalt- und Brutstoffen	23
19	Herstellung von Kokereierzeugnissen			23.1
20	Herstellung von Mineralölerzeugnissen			23.2
21	Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen			23.3
22	Grundstoffchemie			24.1
23	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	24.4
24	Herstellung von chemischen Erzeugnissen (oh. pharmaz. Erzeugn.)	22	Herstellung von chemischen Erzeugnissen (oh. pharmaz. Erzeugn.)	24 (ohne 24.4)
25	Herstellung von Gummiwaren	23	Herstellung von Gummiwaren	25.1
26	Herstellung von Kunststoffwaren	24	Herstellung von Kunststoffwaren	25.2
27	Herstellung von Glas und Glaswaren	25	Herstellung von Glas und Glaswaren	26.1
28	Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	26	Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	26.2–8
29	Herstellung von Roheisen, Stahl, Rohren und Halbzeug	27	Herstellung von Roheisen, Stahl, Rohren und Halbzeug	27.1 – 27.3
	Herstellung von NE-Metallen und Halbzeug	28	Herstellung von NE-Metallen und Halbzeug	27.4
30	Erzeugung und erste Bearbeitung von Aluminium			27.42
31	Sonstige NE-Metallindustrie			27.41/43-45
32	Herstellung von Gießereierzeugnissen	29	Herstellung von Gießereierzeugnissen	27.5
33	Herstellung von Metallerzeugnissen	30	Herstellung von Metallerzeugnissen	28
34	Herstellung von Maschinen	31	Herstellung von Maschinen	29

Lfd. Nr.	73 Produktionsbereiche	Lfd. Nr.	71 Produktionsbereiche	WZ ^{1) 2)}
35	Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen	32	Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen	30
36	Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.ä.	33	Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.ä.	31
37	Herstellung von Erzeugnissen der Rundfunk- und Nachrichtentechnik	34	Herstellung von Erzeugnissen der Rundfunk- und Nachrichtentechnik	32
38	Herstellung von Erzeugnissen der Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	35	Herstellung von Erzeugnissen der Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik	33
39	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	36	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	34
40	Herstellung von sonstigen Fahrzeugen (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u.a.)	37	Herstellung von sonstigen Fahrzeugen (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u.a.)	35
41	Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren u.ä.	38	Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren u.ä.	36
42	Herstellung von Sekundärrohstoffen	39	Herstellung von Sekundärrohstoffen	37
		40	Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme	40.1/40.3
43	Erzeugung und Verteilung von Elektrizität			
44	Erzeugung und Verteilung von Gasen	41	Erzeugung und Verteilung von Gasen	40.2
45	Erzeugung und Verteilung von Fernwärme			40.3
46	Gewinnung und Verteilung von Wasser	42	Gewinnung und Verteilung von Wasser	41
47	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbauarbeiten	43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbauarbeiten	45.1–2
48	Bauinstallationsarbeiten und sonstige Bauarbeiten	44	Bauinstallationsarbeiten und sonstige Bauarbeiten	45.3–5
49	Handelsleistungen mit Kfz; Reparaturen an Kfz; Tankleistungen	45	Handelsleistungen mit Kfz; Reparaturen an Kfz; Tankleistungen	50
50	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen	46	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen	51
51	Einzelhandelsleistungen; Reparaturen an Gebrauchsgütern	47	Einzelhandelsleistungen; Reparaturen an Gebrauchsgütern	52
52	Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen	48	Beherbergungs- und Gaststättendienstleistungen	55
53	Eisenbahndienstleistungen	49	Eisenbahndienstleistungen	60.1
54	Sonstige Landverkehrsleistungen, Transportleistungen in Rohrfernleitungen	50	Sonstige Landverkehrsleistungen, Transportleistungen in Rohrfernleitungen	60.2-3
55	Schiffahrtsleistungen	51	Schiffahrtsleistungen	61
56	Luftfahrtleistungen	52	Luftfahrtleistungen	62
57	Dienstleistungen bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	53	Dienstleistungen bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr	63
58	Nachrichtenübermittlungsdienstleistungen	54	Nachrichtenübermittlungsdienstleistungen	64
59	Dienstleistungen der Kreditinstitute	55	Dienstleistungen der Kreditinstitute	65
60	Dienstleistungen der Versicherungen, Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes (ohne Sozialversicherung)			66/67
		56	Dienstleistungen der Versicherungen (ohne Sozialversicherung)	66
		57	Dienstleistungen des Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes	67
61	Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens	58	Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens	70
62	Dienstleistungen der Vermietung beweglicher Sachen (ohne Personal)	59	Dienstleistungen der Vermietung beweglicher Sachen (ohne Personal)	71
63	Dienstleistungen der Datenverarbeitung und von Datenbanken	60	Dienstleistungen der Datenverarbeitung und von Datenbanken	72
64	Forschungs- und Entwicklungsleistungen	61	Forschungs- und Entwicklungsleistungen	73

Lfd. Nr.	73 Produktionsbereiche	Lfd. Nr.	71 Produktionsbereiche	WZ ^{1) 2)}
65	Unternehmensbezogene Dienstleistungen	62	Unternehmensbezogene Dienstleistungen	74
66	Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung	63	Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung	75.1-2
67	Dienstleistungen der Sozialversicherung	64	Dienstleistungen der Sozialversicherung	75.3
68	Erziehungs- und Unterrichtsdienstleistungen	65	Erziehungs- und Unterrichtsdienstleistungen	80
69	Dienstleistungen des Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesens	66	Dienstleistungen des Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesens	85
70	Abwasser-, Abfallbeseitigungs- und sonstige Entsorgungsleistungen	67	Abwasser-, Abfallbeseitigungs- und sonstige Entsorgungsleistungen	90
71	Dienstleistungen von Interessenvertretungen, Kirchen u.ä.	68	Dienstleistungen von Interessenvertretungen, Kirchen u.ä.	91
72	Kultur-, Sport- und Unterhaltungsdienstleistungen	69	Kultur-, Sport- und Unterhaltungsdienstleistungen	92
73	sonstige Dienstleistungen und Dienstleistungen privater Haushalte	70	Sonstige Dienstleistungen	93
		71	Dienstleistungen privater Haushalte	95

*) Fettdruck: Aufteilung in der Energie-IOT.

1) Klassifikation der Wirtschaftszweige (Ausgabe 1993).

2) Bereichsabgrenzung vergleichbar mit der Statistischen Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Gemeinschaft (Ausgabe 1993).

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Übersicht 3: Gliederung der Energieträger in der Energieflussrechnung der UGR

Nr.	Energieträger	EB ^{*)}
1	Steinkohle	x
2	Steinkohlenbriketts	x
3	Steinkohlenkoks	x
4	Kohlenwertstoffe	x
5	Braunkohle	x
6	Braunkohlenbriketts	x
7	andere Braunkohlenprodukte	x
8	Hartbraunkohle	x
9	Erdöl	x
10	Ottokraftstoffe	x
11	Rohbenzin	x
12	Flugturbinenkraftstoff	x
13	Dieselmkraftstoff	x
14	Heizöl leicht	x
15	Heizöl schwer	x
16	Petrolkoks	x
17	Flüssiggas	x
18	Raffeneriegas	x
19	andere Mineralölprodukte	x
20	Kokereigas, Stadtgas	x
21	Gichtgas, Konvertergas	x
22	Erdgas, Erdölgas	x
23	Grubengas	x
24	Wasserkraft	SAT
25	Wind-, Photovoltaikanlagen	SAT
26	Holz, Stroh u.a. feste Stoffe	SAT
27	Biodiesel u.a. flüssige Stoffe	SAT
28	Klärgas einschl. Biogas	SAT
29	Siedlungsabfälle einschl. Deponiegas	SAT
30	sonstige erneuerbare Energien	x
31	Nicht erneuerbare Abfälle, Abwärme u	x
32	Strom	x
33	Kernenergie	x
34	Fernwärme	x

*) EB: Gliederung der Energieträger in der Energiebilanz
 SAT: Gliederung der Energieträger in der Satellitenbilanz für
 erneuerbare Energie

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010

Abbildung 1: Energieaufwand bei der Herstellung von Aluminium und Aluminiumerzeugnissen in Deutschland und bei der Herstellung von Alu-Importerzeugnissen

