

Umweltökonomische Gesamtrechnungen

CO₂-Gehalt von deutschen Import- und Exportgütern



Dezember 2010

Helmut Mayer

© Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2010

Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet.

CO₂-Gehalt von deutschen Import- und Exportgütern*

Helmut Mayer

Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen können sowohl entstehungs-, als auch verbrauchsseitig nachgewiesen werden. Im Rahmen der internationalen Berichterstattung der Treibhausgase werden die CO₂-Emissionen – entstehungsseitig – für ein bestimmtes Territorium nach Emittentengruppen nachgewiesen¹. Bei einer verbrauchsseitigen Betrachtung werden die Emissionen in Zusammenhang mit dem Konsum von Gütern ermittelt und den Verursachern zugerechnet. Dabei wird grundsätzlich zwischen dem Inlandsverbrauch und den Exporten unterschieden. Der Inlandsverbrauch von Gütern (Konsum, Investitionen) verursacht Emissionen im In- und Ausland, die den inländischen Verbrauchern zugerechnet werden können. Die Exporte verursachen ebenfalls Emissionen im In- und Ausland, die der übrigen Welt zuzurechnen sind^{2,3}.

Die Berechnungen basieren auf einem erweiterten hybriden Input-Output Modell mit einer Regionalisierung der Importströme. Eine Beschreibung der Berechnungsgrundlagen und Methoden erfolgt im Anhang.

In Deutschland entstanden 2007 CO₂-Emissionen – in der Abgrenzung der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR)⁴ – in Höhe von 959 Mill. Tonnen. Im Jahr 2000 betrug die Emissionen noch 948 Mill. Tonnen. Ursache für den leichten Anstieg der CO₂-(Brutto-) Emissionen im Inland war ein erhöhter Energieverbrauch von Biomasse mit entsprechenden CO₂-Emissionen. Die Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse haben sich zwischen 2000 und 2007 mehr als verdoppelt (2000: 33 Mill. Tonnen, 2007: 76 Mill. Tonnen).

Die Emissionen in der Abgrenzung der UGR enthalten zusätzlich zu den Emissionen in der Abgrenzung des IPCC⁵ auch die Emissionen aus der internationalen Schifffahrt und Luftfahrt – allerdings nur die der gebietsansässigen Einheiten⁶. Außerdem werden in dieser Abgrenzung auch die CO₂-Emissionen einbezogen, die aus den Auslandsbetankungen im Straßenverkehr durch Gebietsansässige (private Haushalte und Unternehmen) entstehen⁷.

Ohne die Emissionen aus Biomasse und Auslandsbetankungen und ohne die 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 (siehe Abb. 1).

* Die Berechnungen wurden im Rahmen eines Projektes „Erweitertes Input-Output Modell für Energie und Treibhausgase“ erzielt, das vom Statistischen Amt der Europäischen Gemeinschaften gefördert wurde. Ein Endbericht mit einer ausführlichen Methodenbeschreibung und vollständigen Ergebnissen wird im Frühjahr 2011 veröffentlicht werden.

¹ Siehe Treibhausinventare im Rahmen der Kyoto-Berichterstattung lt. UN Klimakonvention (UNFCCC).

² Erste Ergebnisse zum Energie- und CO₂-Gehalt der Importe und Exporte wurden 2007 auf der 93. DGINS Konferenz in Budapest vorgestellt: „Environmental pressures from German imports and exports“, Schoer, K; Buyny, S.; Flachmann, Chr.; Klink, St.; Mayer, H.; Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2007.

³ Siehe auch: Mayer, H.: „Umweltökonomische Aspekte der Globalisierung“ in: Wirtschaft und Statistik, Nr. 12/2007, S. 1261-1269.

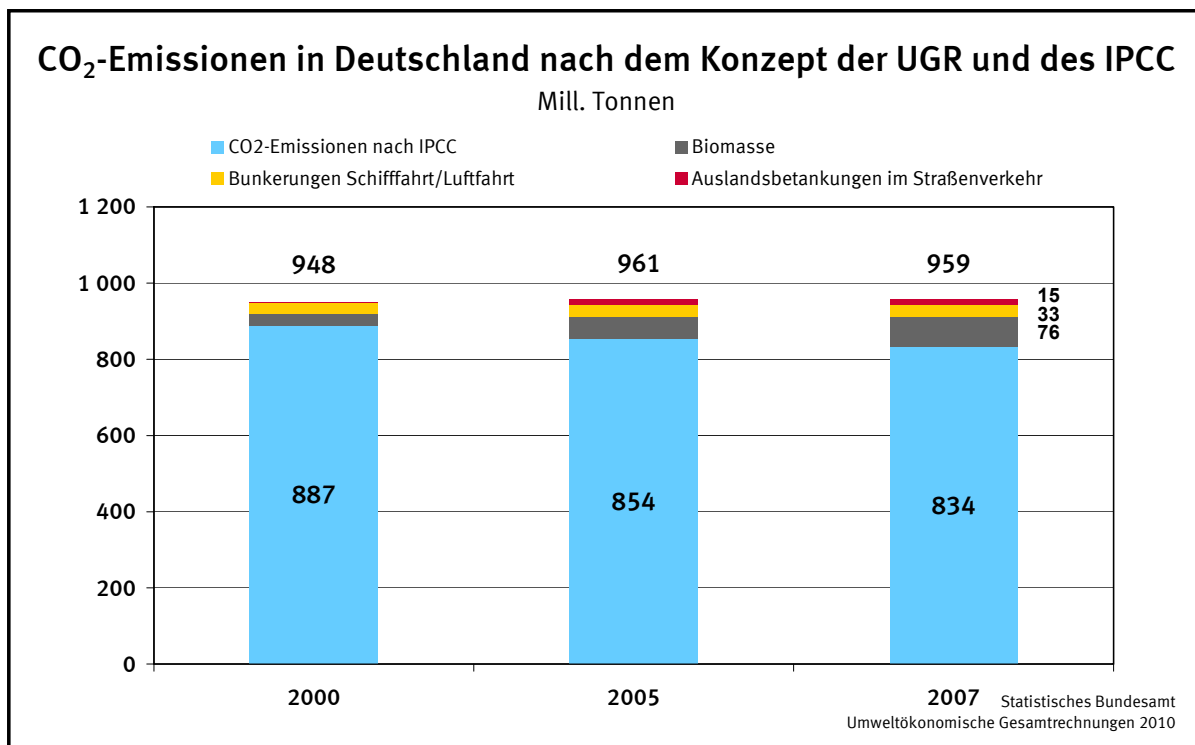
⁴ Einschließlich Emissionen aus Biomasse und von Bunkerungen von Gebietsansässigen in der internationalen Schifffahrt und Luftfahrt und von Auslandsbetankungen Gebietsansässiger.

⁵ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. Emissionen ohne die Position “Land use, land use change, forestry” (LULUCF).

⁶ In der internationalen Berichterstattung der Treibhausgase werden die gesamten Emissionen aus den Bunkerungen der internationalen Schifffahrt und Luftfahrt im Inland als „nachrichtlicher Wert“ ausgewiesen. Die Höhe dieser Emissionen ist im standardisierten Ergebnissenachweis nicht enthalten.

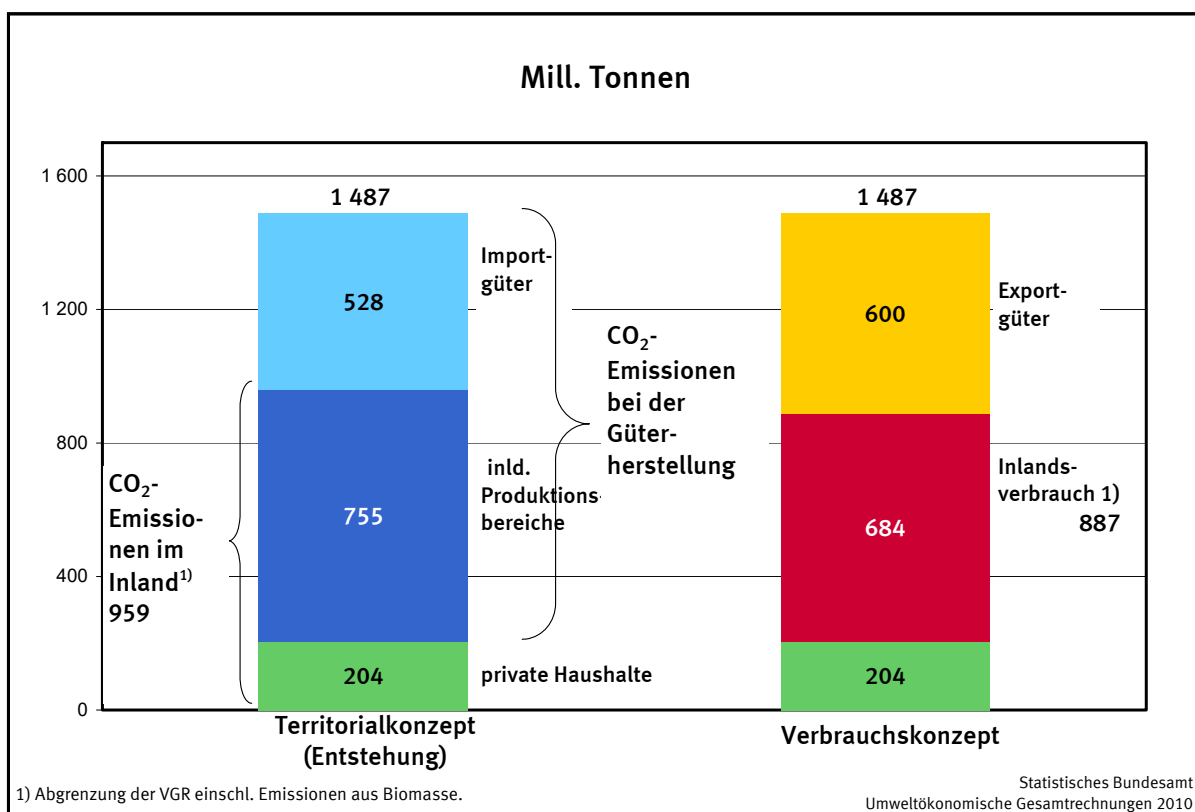
⁷ Die Emissionen werden mit den Emissionen aus den Betankungen von Gebietsfremden im Inland saldiert.

Abb. 1: CO₂-Emissionen in Deutschland 2000 – 2007



Von den inländischen Emissionen im Jahr 2007 entfielen auf die (inländischen) Produktionsbereiche 755 Mill. Tonnen, auf die privaten Haushalte 204 Mill. Tonnen. Bei der Herstellung der Importgüter sind 2007 CO₂-Emissionen in Höhe von 528 Mill. Tonnen angefallen. Das ist mehr als die Hälfte – 55,1 % – der inländischen Emissionen. Zusammen mit den direkten Emissionen ergeben sich für 2007 kumulierte Emissionen von 1 487 Mill. Tonnen. Dieses Aufkommen ergibt sich aus einer entstehungsseitigen Messung und Zuordnung der Emissionen.

Abb. 2: Direkte und indirekte CO₂-Emissionen in Deutschland 2007



Auf Basis der Ergebnisse der Modellrechnungen können die CO₂-Emissionen auch verbrauchsseitig nachgewiesen werden (siehe Abb. 2). Dabei werden die dem Inlandsverbrauch zuzurechnenden Emissionen und die Emissionen bei der Herstellung von Exportgütern unterschieden. Bei einer verbrauchsseitigen Betrachtung werden die Emissionen der Exportgüter (CO₂-Gehalt der Exporte) der übrigen Welt zugerechnet.

Die auf den Inlandsverbrauch entfallenden Emissionen können mit den inländischen Emissionen aus der entstehungsseitigen Betrachtung verglichen werden. Nach Abzug des CO₂-Gehalts der Exporte (600 Mill. Tonnen) vom gesamten Aufkommen ergibt sich für den Inlandsverbrauch im Jahr 2007 ein CO₂-Gehalt von 887 Mill. Tonnen. Dieser Wert liegt um 72 Mill. Tonnen unter den auf dem Territorium entstandenen CO₂-Emissionen. Ursache für den geringeren CO₂-Wert des Inlandsverbrauchs im Vergleich zu den territorial abgegrenzten Inlandsemissionen ist der im Vergleich zu den Importgütern höhere Emissionsgehalt der Exportgüter.

Exporte

Der CO₂-Gehalt der Exporte betrug im Jahr 2007 600 Mill. Tonnen. Davon stammen aus der inländischen Herstellung mit 348 Mill. Tonnen etwas mehr als die Hälfte (58%) der Emissionen. Die übrigen Emissionen – 252 Mill. Tonnen – sind bei der Herstellung der importierten Rohstoffe und Vorprodukte entstanden, die bei der inländische Exportgüterproduktion eingesetzt werden. Diese Emissionen sind sowohl absolut (+76 %), als auch anteilig sehr stark gestiegen.

Trotz des gestiegenen Importanteils ist die inländische Fertigung der Exportgüter der bedeutendste Faktor für die Entstehung der CO₂-Emissionen im Inland. 46 % der gesamten CO₂-Emissionen der inländischen Produktionsbereiche entstanden im Jahr 2007 bei der Herstellung von Exportgütern. Im Jahr 2000 waren es erst 38 %. 2000 entstanden bei der inländischen Herstellung der Konsumgüter noch leicht höhere Emissionen als bei den Exporten. Im Jahr 2007 sank der Anteil der CO₂-Emissionen der Konsumgüter an den gesamten Emissionen der Produktionsbereiche auf 35 %.

Die gesamten CO₂-Emissionen der Exportgüter sind zwischen 2000 und 2007 – um 44,2 % – von 416 Mill. Tonnen auf 600 Mill. Tonnen gestiegen. Der hohe Anstieg der inländischen und ausländischen CO₂-Emissionen bei den Exporten ist mit dem hohen monetären Exportwachstum zwischen 2000 und 2007 zu erklären. Zusätzlich haben die inländischen Produktionsbereiche in diesem Zeitraum den Anteil der importierten Vorleistungen an den gesamten Vorleistungen erhöht, was den besonders hohen Zuwachs beim Emissionsgehalt der importierten Vorleistungsgüter erklärt:

Tabelle 1: Export von Gütern und Importanteile für Vorleistungen 2000 – 2007

Produktionsbereiche / Güter	Export	Exporte 1)			Importierte Vorleist. / Vorleistungen		
	2007	2000	2007	07/00	2000	2007	07/00
	Rang	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

1) Ohne Re-Exporte.

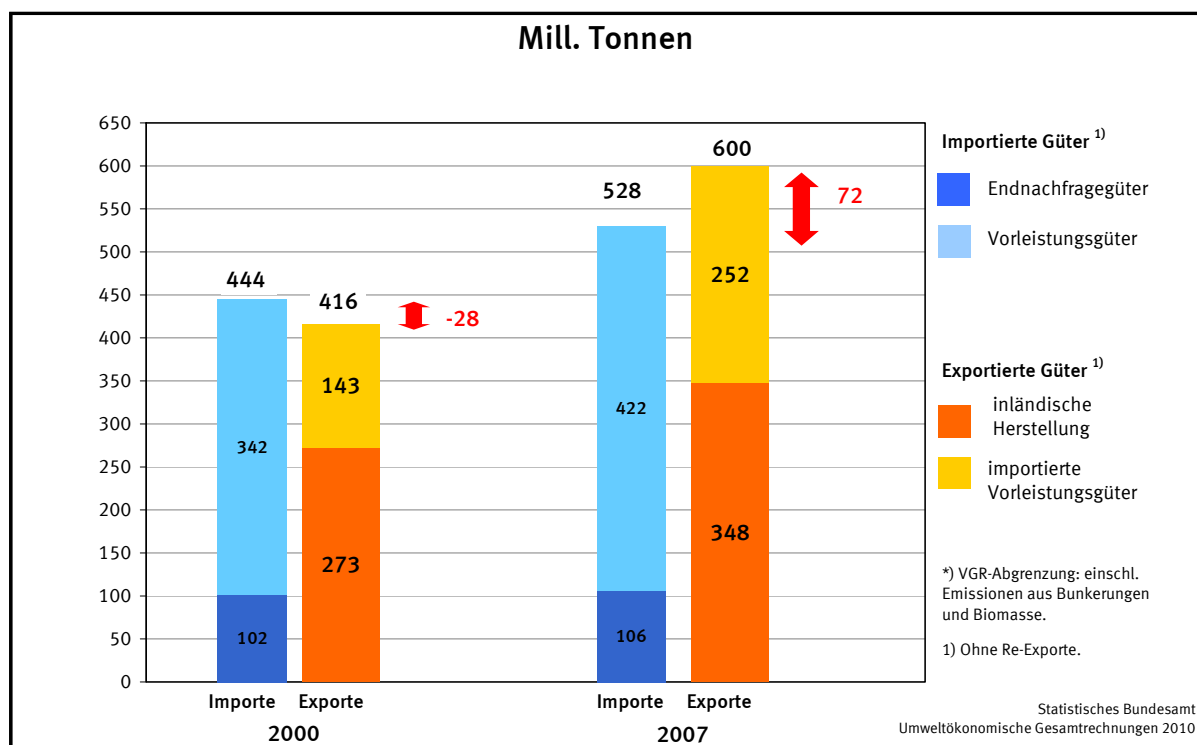
Quelle: Statistisches Bundesamt, Input-Output Rechnung.

Die Exporte (ohne Re-Exporte) sind zwischen 2000 und 2007 nominal um 63,1 % angewachsen. Preisbereinigt beträgt der Zuwachs 65,8 % (fob, einschl. Re-Exporte). Die fünf bedeutendsten Produktionsbereiche steigerten ihre Exporte nominal zwischen 43 % und 64 %. Bei diesen Bereichen ist durchgehend ein Anstieg der Importquoten bei den Vorleistungen zu beobachten. Der Anteil der importierten Vorleistungen an den gesamten Vorleistungen ist insgesamt von 18,6 % auf 21,3 % gestiegen. Bei den Waren (ohne Energiegüter) allein beträgt der Importanteil bereits 35,4 %. Einen besonders hohen Anstieg der Importquote weisen der NE-Metallbereich und die H.v. Büromaschinen und EDV-Geräten auf.

Importe

Die gesamten CO₂-Emissionen der Importe sind um 19,0 % von 444 Mill. Tonnen im Jahr 2000 auf 528 Mill. Tonnen im Jahr 2007 gestiegen.

Abb. 3: CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Import- und Exportgütern



Der weitaus größere Teil der CO₂-Emissionen der Importe – 422 Mill. Tonnen (2007) bzw. knapp 80 % der gesamten Emissionen der Importe – entfällt auf Vorleistungsgüter. Bei der Herstellung von Fertigerzeugnissen (Konsum- und Investitionsgüter) fielen 106 Mill. Tonnen CO₂ an.

Auch bei den Importen spielen die CO₂-Emissionen in Verbindung mit den (deutschen) Exporten die größte Rolle. Bei der Herstellung der Vorleistungsgüter für die Exportgüterproduktion entstanden in den Lieferländern im Jahr 2007 252 Mill. Tonnen CO₂. Das sind 47 % aller auf Importgüter entfallenden CO₂-Emissionen. Der hohe Anstieg dieser Emissionen von 76 % ist durch das dynamische Wachstum der Exporte und den erhöhten Bezug von importierten Vorleistungen zu erklären (siehe Tabelle 1). Bei der Herstellung der importierten Konsumgüter und der Vorleistungsgüter für die Herstellung von Konsumgütern in Deutschland fielen im Jahr 2007 vergleichsweise weitaus weniger CO₂-Emissionen an: 139 Mill. Tonnen, das sind 26 % der gesamten CO₂-Emissionen der Importe. Diese Emissionen sind seit dem Jahr 2000 sogar leicht gesunken.

CO₂-Emissionen der Importe nach Herkunftsländern

Die mit Abstand höchsten Emissionen durch deutsche Importe wurden 2007 in den Niederlanden hervorgerufen: 53,0 Mill. Tonnen CO₂. Es folgen Frankreich (37,0 Mill. Tonnen) und China (33,9 Mill. Tonnen).

Der hohe CO₂-Gehalt der Importe aus den Niederlanden ist mit vergleichsweise hohen Emissionskoeffizienten bei den bedeutenden Importgütern zu erklären: Die Niederlande hat bei den Importen von landwirtschaftlichen Erzeugnissen und bei Nahrungsmitteln die höchsten Importanteile. Bei diesen Industrien hat sie unter den europäischen Ländern die höchsten direkten Emissionskoeffizienten. Auch bei der Stromerzeugung – dies ist der Produktionsbereich, bei dem mit Abstand die meisten Emissionen entstehen – hat die Niederlande im europäischen Vergleich vergleichsweise hohe Emissionskoeffizienten. Frankreich, das Land mit dem höchsten Anteil bei den Warenimporten 2007, ist zwar in Bezug auf den Energiegehalt Spitzenreiter, hat aber wegen der weitgehend CO₂-freien Stromerzeugung niedrigere CO₂-Emissionen als die Niederlande. Russland ist bei den Warenimporten nur an 9. Stelle, bei den CO₂-Emissionen aber viertgrößter Emittent. Dies liegt hauptsächlich an den energie- und CO₂-intensiven Transporten von Energieträgern (Erdgas und Rohöl) nach Deutschland.

Tabelle 2: CO₂-Emissionen der Importe nach Herkunftsländern

Land	CO ₂					Importe insgesamt		
	Insgesamt			davon		Waren 1)		
				End-nachfrage	imp. Vorl.			
	Mill. t	%	Rang	Mill. t		Mill. €	%	Rang
Insges.	528,2	100,0		106,2	422,0	769.206	100,0	
FR	37,0	7,0	2	7,2	29,8	62.873	8,2	1
NL	53,0	10,0	1	9,6	43,4	61.951	8,1	2
CH	33,9	6,4	3	11,0	22,9	56.417	7,3	3
US	24,1	4,6	10	6,7	17,4	45.993	6,0	4
IT	30,4	5,8	6	7,3	23,2	44.694	5,8	5
UK	29,4	5,6	7	6,2	23,3	41.966	5,5	6
BE	28,8	5,5	8	3,8	25,0	36.250	4,7	7
AT	28,3	5,4	9	4,7	23,6	32.091	4,2	8
RS	32,3	6,1	4	2,9	29,4	28.891	3,8	9
JP	10,3	2,0	12	3,3	7,0	24.381	3,2	10
PO	31,4	5,9	5	6,2	25,2	24.055	3,1	11
ES	11,3	2,1	11	2,9	8,5	20.687	2,7	12
NO	6,2	1,2	14	0,6	5,6	17.736	2,3	13
SE	7,6	1,4	13	1,0	6,6	13.981	1,8	14
Summe	364,3	69,0		73	291,0	511.965	66,6	
Rest	164,0	31,0		32,9	131,1	257.241	33,4	

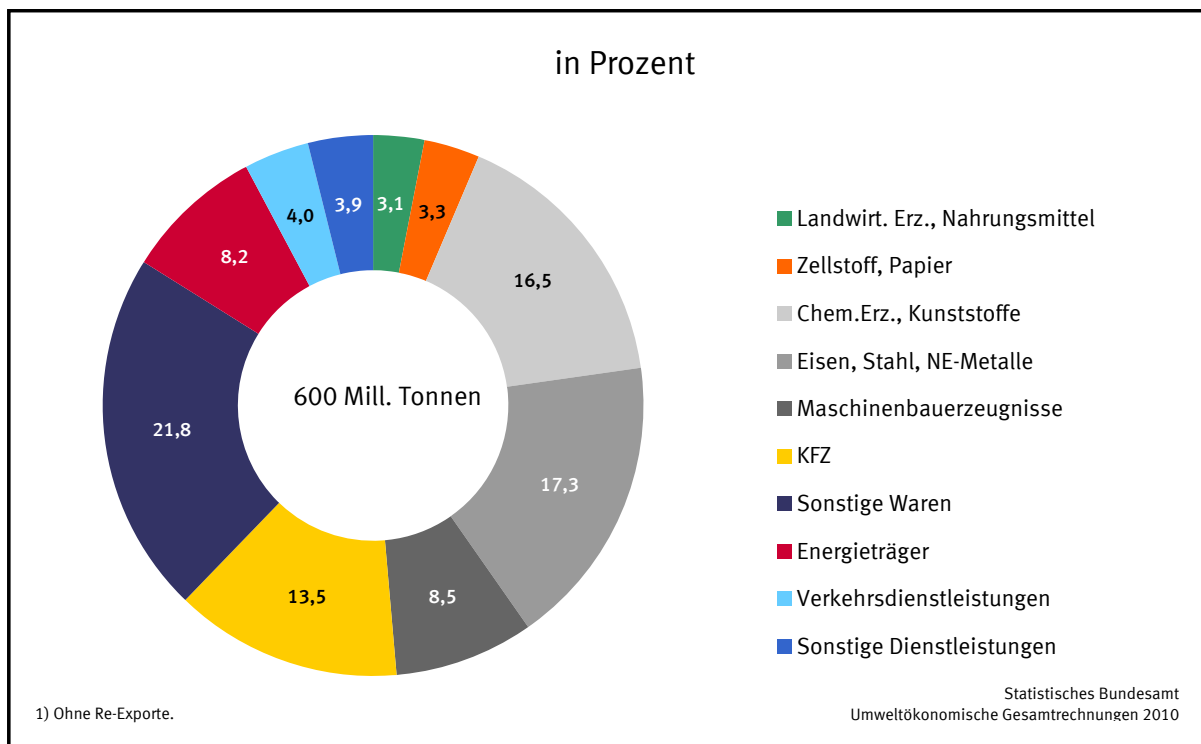
1) Quelle: Außenhandelsstatistik, Umweltökonomische Gesamtrechnungen 2010.

CO₂-Emissionen der Importe und Exporte nach Gütern

Die meisten CO₂-Emissionen bei den Importen werden durch die Nachfrage nach importierten Kraftfahrzeugen verursacht (17 %). Es folgen Emissionen in Zusammenhang mit importierten Dienstleistungen (14 %) und Emissionen bei der Herstellung von importierten Maschinenbauerzeugnissen (6 %). In Bezug auf die Produktionsbereiche bei denen die Emissionen entstehen, sind bei den Importgütern die Elektrizitätsgewinnung (35 %) und die Stahl- und NE-Metallherstellung (28 %) die Bereiche mit den höchsten Emissionen.

Bei den Exporten entstehen die meisten Emissionen bei der Herstellung von chemischen Erzeugnissen und Kunststoffen (16,5 %) und von Kraftfahrzeugen (14 %). Auch der Export von Stahl, Stahlerzeugnissen und NE-Metallen hat einen sehr hohen Anteil – 17 % – an den gesamten Emissionen.

Abb. 4: CO₂-Gehalt der Exporte 2007 nach Gütern



CO₂-Gehalt der Importe bei einer regionalisierten Berechnung und bei einer Berechnung mit inländischen Emissionskoeffizienten

Bei der regionalisierten Berechnung des CO₂-Gehalts der Importgüter werden für die Herkunftsländer der Importe länderspezifische Emissionskoeffizienten verwendet (siehe Erläuterungen im Anhang). Eine Vergleichsrechnung für die Importe mit Berücksichtigung der inländischen Emissionskoeffizienten kann darüber Aufschluss bringen, ob die Importe in den Herkunftsländern – im Durchschnitt – mit einem höheren oder geringeren Ausstoß von CO₂ verbunden sind als in Deutschland.

Es zeigt sich, dass im Jahr 2007 bei der regionalisierten Berechnung um 70 Mill. Tonnen (13,2 %) höhere CO₂-Emissionen entstehen, als bei einer Herstellung der Importgüter im Inland.

Vergleicht man die Emissionskoeffizienten bei bedeutenden Emittenten so zeigt sich, dass beispielsweise der Emissionskoeffizient bei der Stromerzeugung⁸ in den Herkunftsländern im – gewichteten – Durchschnitt etwas niedriger als im Inland ist: Herkunftsländer: 0,129 t/MJ –

⁸ Der Emissionskoeffizient bei der Stromerzeugung gibt die CO₂-Emissionen in Bezug auf die erzeugten Strommengen an.

Deutschland 0,150 t/MJ⁹. Der Grund für den höheren Emissionskoeffizienten Deutschlands liegt in dem hohen Einsatz von Stein- und Braunkohle in der Stromerzeugung. Bei deren Verbrennung entstehen besonders hohe CO₂-Emissionen. Bei der Aluminiumherstellung ist der Emissionskoeffizient in Deutschland dagegen sehr viel günstiger als der der Herkunftsländer. Dies hängt mit dem hohen Anteil von Sekundäraluminium bei der Aluminiumherstellung zusammen. Bei der Herstellung von Sekundäraluminium wird sehr viel weniger Energie benötigt, als bei der Herstellung von Primäraluminium. Bei der Herstellung landwirtschaftlicher Erzeugnisse und von Ernährungsgütern sind die inländischen Emissionskoeffizienten ebenfalls niedriger, als die der Herkunftsländer.

Anhang

Das Modell zur Berechnung des Energie- und CO₂-Gehalts von Gütern basiert auf der erweiterten Input-Output Analyse. Dabei wird die Produktion zur Herstellung der Güter – entweder für die gesamte Endnachfrage oder für bestimmte Nachfragekategorien, wie die Exporte, bestimmt. Anschließend wird mit Hilfe von Emissionskoeffizienten für den CO₂-Ausstoß der Emissionsgehalt der (Endnachfrage-) Güter berechnet.

Dem Berechnungsmodell liegt eine hybride Input-Output Tabelle (IOT) zugrunde. In dieser IOT werden bei den Energiebereichen die monetären Angaben zur Produktion, Einfuhr und Verwendung von Energie durch die physischen Angaben aus der Energieflussrechnung – in Heizwerten (Joule) – ersetzt. Durch die Verwendung von physischen Größen wird bei der Input-Output Analyse eine größere Genauigkeit der Berechnungen erreicht. Bei der Emissionsberechnung kann dadurch direkt an den tatsächlichen physischen Energieverbrauch der Produktionsbereiche angeknüpft werden.

Die Energieflussrechnung nach Energieträgern und Produktionsbereichen liefert wichtige Ausgangsgrößen für die Inlandsberechnung: Sie ist erstens die Grundlage für die Berechnung der inländischen Energie- und Emissionskoeffizienten für CO₂ der einzelnen Produktionsbereiche. Zweitens können ihr die Angaben zu den einzelnen Energie-Inputs der Produktionsbereiche entnommen werden. Diese Angaben sind bei der Berechnung der Produktionseffekte auf vorgelagerten Produktionsstufen von zentraler Bedeutung.

Die Energieflussrechnung wird standardmäßig analog zur Gliederung der Produktionsbereiche in den nationalen Input-Output Rechnungen für 71 – funktional abgegrenzte – Produktionsbereiche durchgeführt. Zusätzlich werden Unterteilungen der Energiegewinnungs- und Umwandlungsbereiche – entsprechend der Untergliederung der Energiebereiche in den nationalen Energiebilanzen – vorgenommen. Von herausgehobener Bedeutung für die Berechnungen ist eine getrennte Darstellung der Stromgewinnung. Im Berechnungsmodell werden somit 9 Energiebereiche unterschieden. Außerdem werden bedeutende energieintensive Branchen, wie die Chemie und die NE-Metallindustrie, weiter unterteilt. Durch die Aufteilungen – und Zusammenfassungen bei weniger bedeutenden Bereichen – wird eine Gliederungstiefe von 73 Bereichen erreicht.

Die Importberechnungen erfolgen getrennt nach den 14 bedeutendsten Herkunftsländern der deutschen Importe und einer Restgröße, die die übrigen Importe abdeckt. Die Angaben zu den Importwerten – für Waren – werden aus der Außenhandelsstatistik entnommen. Zu den Dienstleistungsimporten wurden die Angaben aus der Zahlungsbilanzstatistik ausgewertet. Die Importe – und die Exporte – wurden um die Werte für Wiederausfuhren (Re-Exporte) bereinigt, da diese Güter nicht im Inland verbleiben und daher keine Umweltnutzung in Zusammenhang mit der inländischen Nachfrage darstellen.

Bei den Importberechnungen wurde im Allgemeinen angenommen, dass die Importgüter mit der inländischen Technologie hergestellt werden. Allerdings wurden für die Energiebereiche und weitere wichtige energieintensive Branchen (die Stahlherstellung, die Aluminiumherstellung und die Papierherstellung) die tatsächlichen Energieeinsatzverhältnisse der Herkunftsländer berücksich-

⁹ MJ: Megajoule = 10⁶ Joule.

tigt. Dadurch soll in Bezug auf den Energieeinsatz eine weitgehende Annäherung an die tatsächlichen Produktionsverhältnisse erreicht werden.

Die inländischen CO₂-Emissionen werden direkt anhand des Energieeinsatzes der Produktionsbereiche mit Hilfe von Emissionsfaktoren für die einzelnen Energieträger bestimmt. Für die europäischen Herkunftsländer lagen aus einer Erhebung des Europäischen Statistischen Amtes Angaben zu den CO₂-Emissionen nach Wirtschaftsbereichen vor¹⁰. Für die außereuropäischen Herkunftsländer (USA, Japan, China, Russland) wurden die Emissionen für die Energiebereiche und die erwähnten energieintensiven Branchen anhand von Angaben aus der Prozesskettenanalyse und den Energiebilanzen dieser Länder berechnet¹¹.

¹⁰ Eurostat Webseite: Bereich „Umwelt“, Datenbank: physische und hybride Flussrechnungen (env_ac_ainacehh)
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/environment/data/database>

¹¹ Internationale Energiebilanzen werden von der Internationalen Energie Agentur (IEA) veröffentlicht.