

UMWELTÖKONOMISCHE GESAMTRECHNUNGEN

**Methode der Berechnungen zur globalen
Umweltinanspruchnahme durch Produktion,
Konsum und Importe**



2020

wissen.nutzen.

Herausgeber: Statistisches Bundesamt (Destatis)

Internet: www.destatis.de

Autoren: Christine Flachmann
Georg Junglewitz
Lucia Maier
Helmut Mayer
Marc-Dominic Schuh

Dieses Methodenhandbuch wurde im Rahmen des Projekts „Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe, Teilvorhaben 1: Datenbasis“, finanziert durch den Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Förderkennzeichen 3716 12 105 1, in Auftrag gegeben durch das Umweltbundesamt, erstellt. Alle Daten beziehen sich auf den Rechenstand 2018.

Ihr Kontakt zu uns:
www.destatis.de/kontakt

Zentraler Auskunftsdienst
Tel.: +49 (0) 611 / 75 85 74

Erscheinungsfolge: einmalig
Erschienen am 30. Juni 2020
Artikelnummer: 5851102-20900-4 [PDF]



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020
Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet.

Vorwort

Für wirtschaftliche Aktivitäten werden natürliche Ressourcen wie Energieträger, andere Rohstoffe oder auch landwirtschaftliche Fläche benötigt. Zugleich wirken sich die Aktivitäten ihrerseits auf den Zustand der Umwelt aus, zum Beispiel indem Treibhausgase ausgestoßen werden und sich die Art und Weise, wie Flächen genutzt werden, ändert. Angesichts globalisierter Herstellungsprozesse und Warenströme treten diese Umwelteinflüsse in zunehmendem Maße nicht nur in dem Land auf, wo die Produkte letztendlich genutzt werden, sondern es handelt sich um globale Auswirkungen.

Die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) dienen dazu, die Wechselwirkungen zwischen Umwelt und Wirtschaft umfassend zu quantifizieren. Im vorliegenden Methodenhandbuch wird beschrieben, wie in den UGR die globalen Umwelteinwirkungen abgebildet werden, die sich durch Produktion, Konsum und Investitionen in Deutschland ergeben.

Für die Schätzungen hinsichtlich Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen und Rohstoffeinsatz werden – in Kombination mit zahlreichen weiteren Quellen – Daten und Konzepte der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) genutzt. Dies betrifft insbesondere Input-Output-Daten, aber beispielsweise auch Preiskonzepte. Die weltweite Flächenbelegung für die Produktion von Ernährungsgütern und Agrarrohstoffen, die in Deutschland genutzt werden, wird dagegen hauptsächlich mithilfe von Ertragskoeffizienten quantifiziert, die auf Daten der Landwirtschaftsstatistik und der Food and Agriculture Organization (FAO) der Vereinten Nationen basieren. Neben diesen Themen bietet das Handbuch auch Informationen zur Erstellung der Wassergesamtrechnung, die die Wasserflüsse zwischen dem natürlichen und dem ökonomischen System beschreibt.

Erstellt wurde dieses Methodenhandbuch im Rahmen des Projektes „Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe“. Dieses Projekt wurde vom Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegeben und durch den Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit finanziert (Förderkennzeichen 3716 12 105 1).

Alle Werte beziehen sich auf Berechnungen mit dem Rechenstand April 2018.

Inhalt

Vorwort	3
1 Das erweiterte Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase	12
1.1 Berechnungsmethoden und Berechnungskonzept	12
1.1.1 Überblick	12
1.1.2 Das Rechenmodell	13
1.1.3 Das hybride Input-Output-Modell	14
1.2 Berechnungskonzept	16
1.2.1 Regionalisierung der Importe	16
1.2.2 Berücksichtigung von länderspezifischen Produktionsverhältnissen	18
1.2.3 Gliederung der Produktionsbereiche im Energie-IO-Analysemodell	19
1.3 Erstellung der hybriden Input-Output-Tabellen	20
1.3.1 Berechnung der Verwendung von Energie und Einbau in die IOT	20
1.3.2 Berechnung für ausländische Energiebereiche	21
1.4 Datengrundlagen und Genauigkeit	23
1.4.1 Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen bei den Herkunftsländern	23
1.4.2 Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen nach Verwendungskategorien	25
1.4.3 Importierte Vorleistungen nach Verwendungskategorien	26
1.5 Fazit	28
Anhang	30
2 Das IO-Analysemodell Energie und Treibhausgase (THG): Sonderrechnungen	35
2.1 Energiebereiche	35
2.1.1 Untergliederungen der inländischen Energiebereiche	37
2.1.2 Untergliederung energieintensiver Produktionsbereiche (ohne Energiebereiche)	39
2.1.3 Sonderrechnung „Grundstoffchemie“	39
2.1.4 Sonderrechnung „Stahl“ (CPA 24.1-3)	40
2.1.5 Sonderrechnung „Aluminium“ (CPA 24.42)	41
2.1.6 Sonderrechnung „Landverkehr“: Untergliederung in „Eisenbahnverkehr“ und „sonstigen Landverkehr“	42
2.1.7 Sonderrechnung „Schifffahrt“: Untergliederung in „Seeschifffahrt“ und „Binnenschifffahrt“	43
2.1.8 Sonderrechnung für drei energieintensive Branchen europäischer Länder	43

3	Aufbereitung der Außenhandelsdaten für die Energie- und Emissionsrechnung im erweiterten IO-Analysemodell	44
3.1	Berechnungskonzept	44
3.2	Datengrundlage und Genauigkeit	45
4	Energie- und CO₂-Koeffizienten für Deutschland und die Herkunftsländer der Importe nach Deutschland	47
4.1	CO ₂ -Koeffizienten	47
4.1.1	Ausgewählte europäische Länder	49
4.1.2	Ausgewählte außereuropäische Industrieländer	50
4.1.3	Restliche Länder („Rest der Welt“)	50
4.2	Plausibilität der Daten am Beispiel der CO ₂ -Emissionen der Stromerzeugung	50
4.3	Energiekoeffizienten	52
4.3.1	Energiebereiche	52
4.3.2	Industriebereiche	53
4.3.3	Transportbereiche	54
4.3.4	Übrige Dienstleistungsbereiche	54
4.3.5	Landwirtschaft	54
5	Methanemissionen (CH₄) der inländischen Produktionsbereiche und nach Kategorien der Endverwendung (Emissionsgehalt der Importgüter)	56
5.1	Datengrundlage zu den Emissionen im Ausland	56
5.2	Berechnung Emissionskoeffizienten im Ausland	57
5.3	Berechnung des Emissionsgehaltes der Konsumgüter	58
6	Lachgasmissionen (N₂O) der inländischen Produktionsbereiche und nach Kategorien der Endverwendung (Emissionsgehalt der Importgüter)	59
6.1	Datengrundlage der Emissionskoeffizienten im Ausland	59
6.2	Berechnung der Emissionskoeffizienten im Ausland	60
6.3	Berechnung des Emissionsgehaltes der Konsumgüter	61
7	Systemgrenze: Erfassung von Bunkerungen in den UGR	62
7.1	Kraftstoff- und Energieverbrauch des Straßenverkehrs	62
7.2	Kraftstoff- und Energieverbrauch der Luftfahrt	63
7.3	Kraftstoff- und Energieverbrauch der Schifffahrt	64
7.3.1	Seeschifffahrt	64
7.3.2	Binnenschifffahrt	64
8	Preiskonzepte in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen und Berechnung von internationalen Transportleistungen in den UGR	65
8.1	Preiskonzepte und Zuordnung von Transportleistungen in den VGR und den UGR	65
8.2	Berechnung der Transportleistungen, des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen der inländischen Transportbereiche bei internationalen Transporten	68

9	Transportleistungen, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen beim Transport deutscher Außenhandelsgüter	72
9.1	Einleitung	72
9.2	Zielgrößen	72
9.3	Statistische Ausgangsdaten	72
9.4	Berechnungsschritte	73
9.4.1	Aufbereitung der Außenhandelsstatistik nach Importen und Exporten, gruppiert nach Gütergruppen, Herkunfts- und Bestimmungsländern	73
9.4.2	Sonderprüfung Überseetransporte	73
9.4.3	Aufstellung der Entfernungsmatrizen	73
9.4.4	Zurechnung des Verpackungsgewichtes	74
9.4.5	Berechnung der Transportleistungen nach Gütergruppen und Verkehrsträgern	75
9.4.6	Berechnung des Energieverbrauchs	75
9.4.7	CO ₂ -Berechnung	76
10	Wasser in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen	77
10.1	Das Konzept der Wasserflussrechnungen	77
10.2	Berechnungsgrundlagen und Berechnungsmethoden	79
11	Flächenbelegung von Agrarrohstoffen und von Erzeugnissen pflanzlichen Ursprungs	84
11.1	Einführung	84
11.2	Ausgangsdaten	84
11.3	Modellübersicht	85
11.4	Zurückverfolgung der Lieferketten	86
11.5	Agrarrohstoffe	88
11.6	Güter der ersten Verarbeitungsstufe	89
11.7	Güter der zweiten Verarbeitungsstufe	91
11.8	Importanteil der Exportgüter:	92
11.8.1	Re-Exporte	93
11.8.2	Importanteil der Agrarrohstoffe:	94
11.9	Exkurs – Flächenbelegung bei Mehrfachernten von Agrarrohstoffen	94
11.9.1	Problemstellung	94
11.9.2	Methodik	95
11.9.3	Ergebnis	96
11.9.4	Evaluation	96
11.9.5	Fazit	97
12	Flächenbelegung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs	98
12.1	Berechnungsmethode	98
12.2	Ausgangsdaten	100
12.3	Flächenkoeffizienten für Futtermittel	100
12.4	Futterarten	102
12.5	Berechnung der Flächenbelegung von Erzeugnissen tierischen Ursprungs	103

13	Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten	105
13.1	Modell zur Berechnung von Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten	105
13.1.1	Grundmodell	105
13.1.2	Erze	106
13.1.3	Sonstige mineralische Rohstoffe	109
13.1.4	Fossile Energieträger	114
13.1.5	Biotische Rohstoffe	117
13.1.6	Zusammenfassung Sekundärrohstoffe	120
13.1.7	Zusammenfassung der Gliederung nach Rohstoffen/ Rohstoffgruppen	121
13.1.8	Untergliederung nach Produktionsbereichen resp. Gütergruppen	122
13.2	Abweichungen vom Vorgängerprojekt	123
13.3	Betrachtung von Zeitreihen	124

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Übersicht zum erweiterten Input-Output -Analysemodell	12
Abbildung 1.2	Berechnungsschema für den Hybridansatz	15
Abbildung 1.3	Hybride Energie-Output-Tabelle und Energiebilanz	20
Abbildung 8.1	Warenein- und -ausfuhr und internationale Transportleistungen	65
Abbildung 9.1	Berechnungsablauf zu internationalen Transportleistungen ...	73
Abbildung 10.1	Wasserfluss zwischen Natur und Wirtschaft und innerhalb der Wirtschaft	78
Abbildung 10.2	Datenquellen zur Berechnung des Wassereinsatzes	80
Abbildung 12.1	Übersicht zur Berechnung der Flächenbelegung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs	98
Abbildung 12.2	Berechnung der Flächenbelegung für inländisches Nutzvieh und für Ernährungsgüter tierischen Ursprungs	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1	Warenimporte 2014 nach Herkunftsländern	16
Tabelle 1.2	Re-Exporte 2014 nach Herkunftsländern	17
Tabelle 1.3	Verfügbarkeit von Energieeinsatz- und Emissionskoeffizienten nach Produktionsbereichen und Lieferländern	18
Tabelle 1.4	Aufteilung von Produktionsbereichen in der Energie-IOT	19
Tabelle 1.5	Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen der Importgüter 2013 ...	23
Tabelle 1.6	Energieverbrauch der Importe 2013 nach Nachfragekategorien .	25
Tabelle 1.7	Energie- und CO ₂ -Gehalt nach Verwendungskategorien 2013 ...	26
Tabelle 1.8	Importierte Vorleistungen, Energie- und CO ₂ -Gehalt der Vorleistungen 2013 nach Verwendungskategorien	27
Tabelle 1.9	Indirekter Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen nach Produktionsbereichen 2013	28
Tabelle 1.10	Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen 2013 nach Herkunft	29
Tabelle 2.1	Energiegewinnung und Energieeinsatz der Energiebereiche in Deutschland 2012	36
Tabelle 2.2	Energiebereiche mit Teilbereichen (Produktionsbereiche)	38
Tabelle 3.1	Importe 2014 nach Ursprungsländern	46
Tabelle 4.1	CO ₂ -Emissionen nach dem Konzept der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) und des nationalen Treibhaus- inventars (NIR) am Beispiel des Jahres 2013	48
Tabelle 4.2	Energie- und CO ₂ -Koeffizienten im IO-Analysemodell	49
Tabelle 4.3	Anteile der CO ₂ -Emissionen der Stromerzeugung an den Emissionen insgesamt.....	51
Tabelle 4.4	Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen 2012	52
Tabelle 4.5	Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung der Landwirtschaft 2012	55
Tabelle 5.1	Berechnung des Emissionskoeffizienten der Landwirtschaft (Vereinigte Staaten)	58
Tabelle 6.1	Berechnung des Emissionskoeffizienten der Landwirtschaft (Vereinigte Staaten)	60

Inhalt

Tabelle 8.1	Nachweis von Transportleistungen (TL) in der IOR	66
Tabelle 8.2	Zurechnung von grenzüberschreitenden Transportleistungen in der IOR und der UGR	67
Tabelle 8.3	Gütertransportleistungen Gebietsansässiger nach Transportbereichen und Hauptverkehrsbeziehungen	68
Tabelle 8.4	Gütertransportleistungen und Umweltinanspruchnahme Gebietsansässiger bei Importen von Waren 2013	69
Tabelle 8.5	Gütertransportleistungen und Umweltinanspruchnahme beim Export von Waren 2013	70
Tabelle 8.6	Transportleistungen von Gebietsfremden bei der Wareneinfuhr und Frachtausgaben lt. Zahlungsbilanz 2013	71
Tabelle 9.1	Entfernungsmatrix – Auszug	74
Tabelle 9.2	Spezifischer Energieverbrauch	75
Tabelle 10.1	Indikatoren für ausgewählte Dienstleistungsbereiche	81
Tabelle 11.1	Übersicht zu den Kapiteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs im Warenverzeichnis der Außenhandelsstatistik (WA)	85
Tabelle 11.2	Mehrfachbelegungen von Flächen differenziert nach Reis und Soja 2015	96
Tabelle 11.3	Mehrfachbelegung von Flächen unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Mehrfachernten 2015	97
Tabelle 12.1	Verwendung von Flächenkoeffizienten bei der Berechnung der Flächennutzung von Futtermitteln	101
Tabelle 12.2	Ausgewählte Flächenkoeffizienten zur Berechnung der Flächennutzung von Futtermitteln im Inland und für Importe ...	101
Tabelle 12.3	Gliederung der Futtermittel nach Futterarten	102
Tabelle 13.1	Zuordnung der Verwendung chemischer und sonstiger Mineralien zu den Produktionsbereichen	113
Tabelle 13.2	Intensitäten fossiler Energieträger je direkter und indirekter Verwendung elektrischer Energie	115

Abkürzungen

AG	= Arbeitsgemeinschaft	FAO	= Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen
BAFA	= Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	FEVE	= Fédération Européene du Verre d'Emballage
BAM	= Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	FKZ	= Förderkennzeichen
BBk	= Deutsche Bundesbank	fob	= Frei an Bord
BGR	= Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	GP	= Gütergruppen
BGS	= British Geological Survey	GTAP	= Global Trade Analysis Project
BLE	= Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung	ha	= Hektar
BMEL	= Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft	Hrsg.	= Herausgeber
BUR	= Biennial Update Report	IEA	= Internationalen Energieagentur
CBA	= Consumption based accounts	IFEU	= Institut für Energie- und Umweltforschung
CHP	= Combined Heat and Power	IO	= Input Output
cif	= Kosten (cost), Versicherungen (insurance) und Fracht (freight) inbegriffen	IPCC	= Intergovernmental Panel on Climate Change
CPA	= Classification of Products by Activity	IOR	= Input-Output Rechnung
CRF	= Common Reporting Format	IOT	= Input-Output Tabellen
CREEA	= Compiling and Refining of Economic and Environmental Accounts	J	= Joule
D	= Deutschland	KBA	= Kraftfahrtbundesamt
DIW	= Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung	kg	= Kilogramm
DL	= Dienstleistungen	k.N.	= Kein expliziter Nachweis
DMK	= Deutsches Maiskomitee	kWh	= Kilowattstunde
EB	= Energiebilanzen	KWK	= Kraft-Wärme-Kopplung
EE	= Erneuerbare Energien	LCA	= Life cycle analysis
ENTSO-E	= European Network of Transmission System Operators for Electricity	LULUC	= Land Use and Land-Use Changes
EORA	= Multiregionale Input-Output-Datenbank	m ²	= Quadratmeter
ESVG	= Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen	m ³	= Kubikmeter
EU	= Europäische Union	MCI	= multi-cropping index
EXIOBASE	= Multiregionale, um Umweltaspekte erweiterte Aufkommens- und Verwendungs- und Input-Output Tabellen	Mill.	= Millionen
		MJ	= Megajoule
		Mrd.	= Milliarden
		MRIOA	= Multiregionale Input-Output-Analyse
		NACE	= Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne
		NAMEA	= National accounting matrix including environmental accounts
		NIR	= National Inventory Report

Abkürzungen/Zeichenerklärung

OECD	= Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Cooperation and Development)	TREMOD	= Transport Emission Model
PKA	= Prozesskettenanalyse	UBA	= Umweltbundesamt
Rev.	= Revision	UFOPLAN	= Umweltforschungsplan
RMC	= Raw Material Consumption	UGR	= Umweltökonomische Gesamtrechnungen
RMI	= Raw Material Input	UN	= Vereinte Nationen
RoW	= Rest of the World	UNFCCC	= United Nations Framework Convention for Climate Change
SEEA-CF	= System of Environmental-Economic Accounting Central Framework	USGS	= United States Geological Survey
SPA	= Strukturelle Pfad-Analyse	VGR	= Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen
SR	= Sonderrechnung	WA	= Warenverzeichnis für die Außenhandelsstatistik
StJb	= Statistisches Jahrbuch	WIOD	= World Input-Output Database
TCF	= Technical Conversion Factors	WWF	= World Wide Fund For Nature
THG	= Treibhausgase	WZ	= Klassifikation der Wirtschaftszweige
TJ	= Terajoule		
TL	= Transportleistungen		

Zeichenerklärung

0	= weniger als die Hälfte von 1 in der letzten besetzten Stelle, jedoch mehr als nichts
X	= Tabellenfach gesperrt, weil Aussage nicht sinnvoll
–	= nichts vorhanden

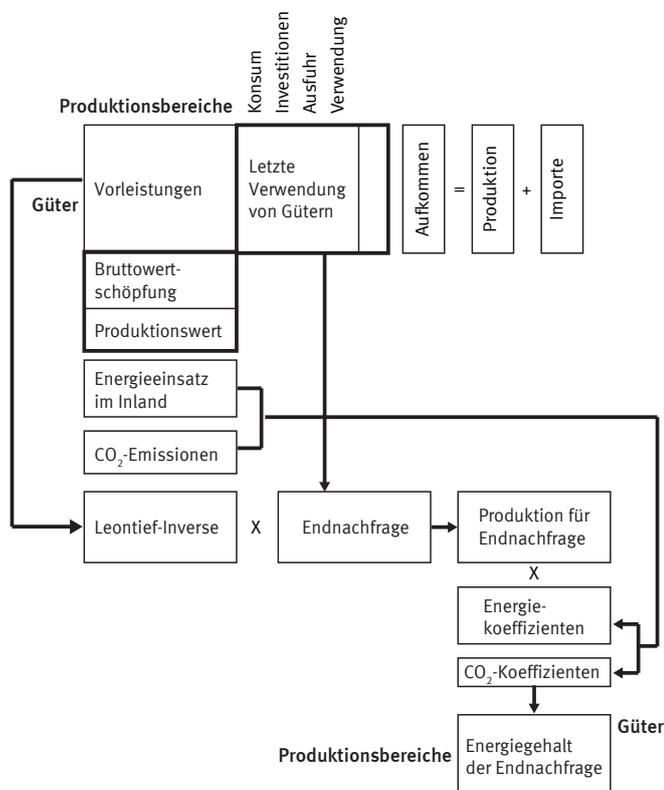
1 Das erweiterte Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase

1.1 Berechnungsmethoden und Berechnungskonzept

1.1.1 Überblick

Die Input-Output-Analyse ist ein geeignetes Analyseinstrument zur Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgase nach dem verbrauchsorientierten Ansatz. Es ermöglicht die Zurechnung des Energieverbrauchs der Produktionsbereiche zu den Endnachfragegütern beziehungsweise zu den Endnachfragekategorien (Konsum, Investition, Export) (Abbildung 1.1).

Abbildung 1.1
Übersicht zum erweiterten Input-Output-Analysemodell



2020 - 06 - 0189

Eine Hauptanwendung der Input-Output-Analyse ist die Zurechnung von Produktionsfaktoren zur Endnachfrage nach Gütern. Beispielsweise wird mit dem Input-Output-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, die bei den Zulieferern und die auf allen weiteren Vorstufen Beschäftigten, der Nachfrage nach Kraftfahrzeugen zugerechnet. Diese Zurechnung erfolgt auf Basis der Input-Output-Tabelle (IOT), die die Vorleistungsverflechtung und die Endnachfrage gütermäßig – und die Endnachfrage nach Nachfragekategorien unterteilt – abbildet.

Die Zurechnung von Produktionsfaktoren zur Endnachfrage – wie zum Beispiel 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- beziehungsweise THG-Emissionskoeffizienten mit diesen Produktionswerten lässt sich der Energiegehalt (bzw. der THG-Gehalt) der Endnachfrage ermitteln.

1.1.2 Das Rechenmodell

Bei dem Analysemodell spielt die sogenannte „Leontief-Inverse“ eine zentrale Rolle. Mit deren Koeffizienten können sowohl die Produktionswerte, als auch die Primärinputs der Produktionsbereiche der Endnachfrage zugerechnet werden.

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

$$x = A * x + y \quad (1) \quad \begin{array}{l} x: \text{Vektor der Produktionswerte} \\ y: \text{Vektor der Endnachfrage von Gütern} \end{array}$$

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 (b) mit den Produktionswerten ermittelt:

$$B = b * L * Y \quad (3) \quad \begin{array}{l} b: \text{Vektor zum spezifischen Einsatz} \\ \text{des Produktionsfaktors } r \\ b = r / x \end{array}$$

B: Einsatz des Produktionsfaktors r bei der Herstellung von Endnachfragegütern

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

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

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-energetische Verwendung von Energieträgern) ergibt sich eine Gesamtmenge an Energie, die in der Summe 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.

1.1.3 Das hybride Input-Output-Modell

Das Input-Output Analysemodell kann auch auf einer IOT aufgebaut werden, die sowohl Wert- als auch Mengenströme enthält (gemischtes oder hybrides IO-Modell). 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 zu einem Teil aus Wertangaben, zum anderen Teil aus Mengenangaben zusammen. Die Produktionswerte der Produktionsbereiche, deren Verwendung in Mengeneinheiten erfolgt, werden ebenfalls in Mengeneinheiten angegeben.

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 Input-Output Analyse 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 Wertmodell – verbesserten Qualität der Ergebnisse bei.

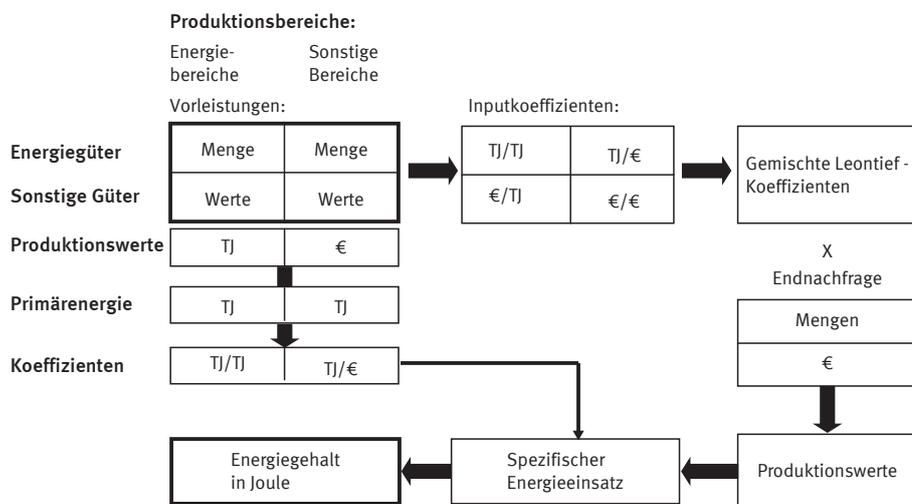
Die Berechnung der Leontief-Inversen erfolgt in diesem Modell auf Basis dieser „gemischten“ Vorleistungsverflechtung. Die Berechnungen im erweiterten Energie-IO-Analysemodell erfolgen völlig analog zu dem Modell mit reinen Wertangaben. Bei der Bestimmung des Energiegehalts der Produkte wird ein Koeffizientenvektor 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 (siehe Abbildung 1.2).

Der Rechenablauf erfolgt in fünf Schritten:

- Erstellung der gemischten Input-Output Tabelle mit dem Einbau der Angaben zum Energieverbrauch der Produktionsbereiche,
- Bestimmung der Input-Koeffizienten und der gemischten Leontief-Inversen,
- Berechnung der Produktionswerte zur Erstellung der Güter der Endnachfrage (nach Verwendungskategorien und Gütergruppen),
- Berechnung des spezifischen Energieeinsatzes der Produktionsbereiche (Primärenergiekoeffizienten) auf Basis der Energieflussrechnung und Berechnung der direkten THG-Emissionen,
- Berechnung des Energiegehalts nach Gütern und Kategorien der Endnachfrage.

Das Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase

Abbildung 1.2
Berechnungsschema für den Hybridansatz



2020 - 06 - 019

Die Verwendung von physischen Angaben bei den Energiebereichen hat noch weitere Vorteile: Sie ermöglicht eine weitere 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 Abschnitt 1.3.1).

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 (Joule) bestimmt werden.

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 jeweiligen Lieferländer 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.

1.2 Berechnungskonzept

Für das Inland und für die Importe werden getrennte Berechnungen durchgeführt. Die Importe sind durch länderweise spezifische Güterstrukturen der Einfuhrwerte, Produktionstechniken und Energieeinsatz- beziehungsweise THG-Emissionskoeffizienten charakterisiert. Diesen Unterschieden wird in einer regionalisierten Berechnung nach 17 expliziten Ländern plus einer Restgröße für die übrigen Ursprungsländer Rechnung getragen.

Zunächst werden die Importe gütermäßig nach Lieferländern aufbereitet. Hinsichtlich der Produktionstechnik in den Lieferländern werden nicht generell, sondern nur bei wichtigen energie- beziehungsweise treibhausgasintensiven Produktionsbereichen, wie beispielsweise der Landwirtschaft (Methan und Lachgas), der Energieträgergewinnung (Methan), den Energiebereichen (CO₂), bei der Stahl- und Aluminiumindustrie (CO₂), die länderspezifischen Verhältnisse – und zwar in Bezug auf den Energieeinsatz – berücksichtigt. Ansonsten wird bei den Berechnungen von der inländischen Technologie ausgegangen. Ebenfalls werden bei diesen speziellen Produktionsbereichen die THG-Koeffizienten länderspezifisch erfasst. Bei den europäischen Lieferländern werden darüber hinaus bei der Landwirtschaft und ausgewählten Industriebranchen länderspezifische Energie-, Methan- und Lachgaskoeffizienten verwendet. Bei den CO₂-Koeffizienten werden für die europäischen Lieferländer für alle Branchen länderspezifische Koeffizienten verwendet. Die Koeffizienten werden auf Basis einer Erhebung von EUROSTAT zu den Luftemissionen in der Europäischen Union nach wirtschaftlichen Aktivitäten berechnet (siehe Abschnitt 4 zu Energie- und CO₂-Koeffizienten)¹.

1.2.1 Regionalisierung der Importe

Die Importe werden nach 17 Herkunftsländern unterschieden, die – mit Ausnahme Brasiliens – laut Außenhandelsstatistik die größte Bedeutung bei den Warenimporten haben (siehe Tabelle 1.1). Brasilien wurde wegen seiner Bedeutung bei der Einfuhr von Erzen und agrarischen Rohstoffen – und seinem stark von Deutschland abweichenden Energieeinsatz miteinbezogen.

Tabelle 1.1
Warenimporte 2014 nach Herkunftsländern

	Mill. EUR	% von Importen insgesamt		Mill. EUR	Anteil an Importen insgesamt in %
Niederlande	87 948	9,7	Tschechien	36 888	4,1
China	79 828	8,8	Österreich	36 642	4,0
Frankreich	66 714	7,3	Spanien	24 823	2,7
Vereinigte Staaten . . .	49 222	5,4	Japan	19 007	2,1
Italien	48 522	5,3	Norwegen	17 782	2,0
Polen	40 468	4,4	Schweden	14 789	1,6
Belgien	39 507	4,3	Brasilien	9 067	1,0
Schweiz	39 492	4,3	Zusammen	687 653	75,6
Vereinigtes Königreich	38 621	4,2	Importe insgesamt	910 145	100
Russland	38 333	4,2			

Quelle: Statistisches Bundesamt, Außenhandelsstatistik

1 Eurostat: Bereich „Umwelt“, Datenbank: physische und hybride Flussrechnungen (env_ac_ainacehh ec.europa.eu/eurostat/data/database)

Das Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase

Die Importwerte wurden in der Gliederung nach dem Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken² 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 wurden verschiedenen amtlichen Statistiken und Verbandsstatistiken entnommen³.

Bei den Importen werden zunächst die Wiederausfuhren (Re-Exporte) abgezogen (2014: 209,3 Mrd. Euro beziehungsweise 23 % des Außenhandel-Gesamtwerts). Re-Exporte sind Waren, die in unverändertem Zustand wieder ausgeführt werden. Da sie nicht im Inland verbleiben, sind der energetische Aufwand bei deren Herstellung und die damit verbundenen THG-Emissionen nicht dem Inland zuzurechnen. Die Angaben zu den Re-Exporten liegen aus der Input-Output-Rechnung nach Gütergruppen und den Regionen „EU-Länder“ und „Nicht-EU-Länder“ vor. Die Berechnung nach Herkunftsländern wurde schätzungsweise mit Hilfe der Anteile der Re-Exporte an den Importwerten auf der Ebene der Gütergruppen vorgenommen. Für die quantitativ bedeutende Gütergruppe „Sonstige Fahrzeuge“ (2014: 10,6 Mrd. Euro) wurde eine gesonderte Schätzung vorgenommen. Sie umfasst die Transaktionen mit der Herstellung des Airbus.

Tabelle 1.2
Re-Exporte 2014 nach Herkunftsländern

	Mill. EUR	Anteil an Importen insgesamt in %
Insgesamt	209 350	23,0
darunter:		
China	25 846	34,0
Niederlande	13 870	21,9
Schweiz	10 237	28,6
Vereinigte Staaten	9 305	20,3
Frankreich	8 519	13,4
Italien	8 023	16,7

Als weitere Abzugsposition von den Angaben der Außenhandelsstatistik werden Werte für Importe nach passiver Lohnveredelung (2014: 18 000 Mill. Euro) und Importe zur aktiven Lohnveredelung (2014: 30 970 Mill. Euro) berücksichtigt. Diese liegen aus der Input-Output-Rechnung in der Gliederung der IOT nach Gütergruppen vor und müssen auf die Herkunftsländer aufgeteilt werden. Für die Verteilung nach Ländern wurden die detaillierten Angaben nach Ländern aus dem Material des Außenhandels für das Jahr 2010 ausgewertet. Für die folgenden Jahre wurden diese Angaben fortgeschrieben.

- 2 Statistisches Bundesamt: Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken (GP), Ausgabe 2009.
- 3 Importiertes Erdgas: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (hrsg.): Entwicklung der Erdgaseinfuhr in die Bundesrepublik Deutschland (in Terajoule).
Importiertes Rohöl: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik, Tabelle 2. Importiertes Mineralöl: Mineralölwirtschaftsverband e.V.: Mineralölzahlen, (Datei „mzxls.zip“, Datei MINVERS, Tabelle Seite 26). Importierte Steinkohle: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.: Kohleneinfuhr nach Lieferländern.

Anschließend werden die Gesamtwerte der Importe der einzelnen Lieferländer entsprechend der Berechnungssegmente nach Verwendungskategorien aufgeteilt werden. Folgende Kategorien werden unterschieden: Letzte Verwendung insgesamt, Konsumgüter, Exporte, Anlageinvestitionen (Ausrüstungen und Bauinvestitionen). Bei den weiteren Berechnungen zu den importierten Vorleistungen wird dann außerdem eine Zurechnung der Vorleistungsproduktion zu den Endverwendungskategorien „Privater Konsum“, „Export“ und „Anlageinvestitionen“ vorgenommen.

1.2.2 Berücksichtigung von länderspezifischen Produktionsverhältnissen

Ein wichtiger Grund 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 stehen⁴. 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 Input-Output Analysemodell).

Bei dem Berechnungsansatz steht konzeptionell der Energie- und THG-Gehalt der von den Lieferländern gelieferten Güter im Vordergrund der Betrachtung. Die durch die deutschen Importe bei den unmittelbaren Lieferländern ausgelösten Importe auf vorgelagerten Produktionsstufen („backward linkages“) und der dabei bewirkte Energieeinsatz wird bei diesem Ansatz vollständig dem unmittelbaren Lieferland zugerechnet⁵. Die umfassende, detaillierte Verknüpfung von Regionen oder Ländern bleibt der multi-regionalen IO-Analyse (MRIOA) vorbehalten.

Bei den Pipelinetransporten (WZ 60.3) wurden für Norwegen und Russland – den Hauptlieferländern für Erdgas- und Rohölimporte – spezielle Energie- und Emissionskoeffizienten berechnet, die den speziellen Energieträgereinsatz beim Transport und die Transportlänge berücksichtigen. Für die übrigen Bereiche konnten CO₂-Emissionskoeffizienten nur für die europäischen Lieferländer berechnet werden (siehe Tabelle 1.3).⁶

Tabelle 1.3

Verfügbarkeit von Energieeinsatz- und Emissionskoeffizienten nach Produktionsbereichen und Lieferländern

Produktionsbereiche	Energiebereiche		Stahl- und Aluminiumherstellung		Übrige Bereiche	
	Energie	CO ₂	Energie	CO ₂	Energie	CO ₂
Europäische Länder	ja	ja	ja	ja	nein	ja
Außereuropäische Länder	ja	ja	ja	ja	nein	nein

4 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 Tabelleles (www.oecd.org/sti/ind/input-outputtables.htm).

5 Eine Ausnahme bilden die Aluminium-Importe, bei denen die Importe von Roh- oder Sekundäraluminium der Lieferländer zusätzlich analysiert und einbezogen werden.

6 Die spezifischen Sektoren für Methan und Lachgas und die jeweilige Verfügbarkeit der Emissionskoeffizienten nach Ländern werden in der Methodenbeschreibung zu den Methan- und Lachgasemissionen genauer erläutert.

1.2.3 Gliederung der Produktionsbereiche im Energie-IO-Analysemodell

Die hybride Energie-IOT wird auf Basis der monetären IOT des Statistischen Bundesamtes erstellt⁷. Die nationale Veröffentlichung ist nach 72 Produktionsbereichen gegliedert (siehe Tabelle 1 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 energieintensiven Produktionsbereichen, wie der Stahl und NE-Metallherstellung, der Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren und von Glaswaren und Keramik.

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 (Tabelle 1.4).

Tabelle 1.4
Aufteilung von Produktionsbereichen in der Energie-IOT

Gliederung in den monetären IOT	Gliederung in der Energie-IOT	WZ ¹
Kohlenbergbau	Steinkohlenbergbau	5.1
	Braunkohlenbergbau	5.2
Kokereien, Mineralölerzeugung	Kokereien	19.1
	Mineralölerzeugung	19.2
Elektrizitätsgewinnung, Fernwärme	Elektrizitätsgewinnung	35.1
	Fernwärmeversorgung	35.3
Chemie	Grundstoffchemie	20.1
	Übrige Chemie	20 (oh. 20.1)
Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen	Erz. und erste Bearbeitung von Aluminium	24.42
	Sonstige NE-Metallindustrie	24.41/43-45
Landverkehrsleistungen und Rohrfernleitungen	Eisenbahnfernverkehr und Güterbeförderung im Eisenbahnverkehr	49.1/2
	Sonstiger Landverkehr	49.3-5
Schifffahrt	See- und Küstenschifffahrt	50.1/2
	Binnenschifffahrt	50.3/4

1 Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008).

Bei den Unterteilungen können die Angaben zu den energetischen Inputs direkt der Energiebilanz beziehungsweise 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 67 Produktionsbereiche (siehe Tabelle 1 im Anhang).

7 Die Input-Output Tabellen werden in Fachserie 18 Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Reihe 2 Input-Output Rechnung veröffentlicht. Gliederung der nationalen IOT nach 72 Produktionsbereichen (R72), siehe Anhang.

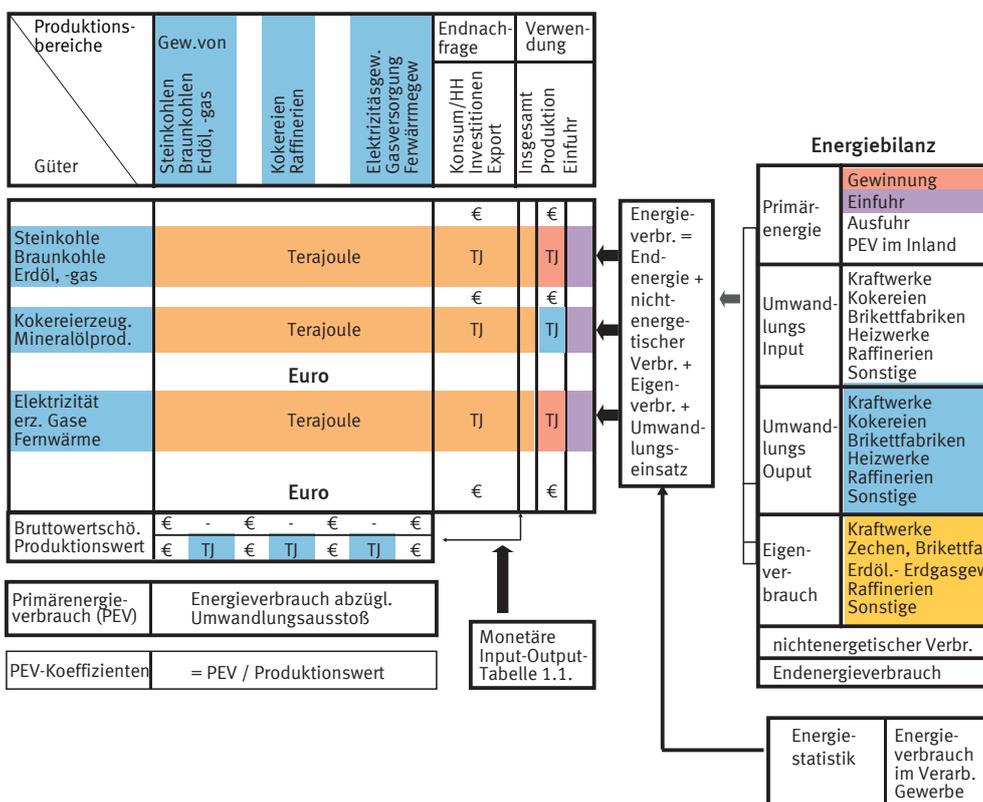
1.3 Erstellung der hybriden Input-Output-Tabellen

1.3.1 Berechnung der Verwendung von Energie und Einbau in die IOT

Der Energieverbrauch wird in den UGR nach 34 Energieträgern und 71 Produktionsbereichen berechnet. Die Gliederung der Energieträger entspricht der Gliederung in der nationalen Energiebilanz⁸. Zusätzlich zu diesen Energieträgern werden weitere Unterteilungen im Bereich der erneuerbaren Energien vorgenommen⁹.

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). 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 publiziert¹⁰.

Abbildung 1.3
Hybride Energie Input Output Tabelle und Energiebilanz



2020 - 06 - 0191

- 8 Die Energiebilanzen werden von der Arbeitsgemeinschaft (AG) Energiebilanzen e.V. herausgegeben. Sie umfassen Tabellen in natürlichen Einheiten, in Steinkohleeinheiten und in kalorischen Einheiten (Terajoule).
www.ag-energiebilanzen.de/
Methodische Erläuterungen zu den Energiebilanzen werden im Internet unter „Erläuterungen“ als PDF-Text bereitgestellt. Siehe „Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland“.
- 9 Auf der Homepage der AG-Energiebilanzen sind unter „Daten“ Satellitenbilanzen zu den erneuerbaren Energien (EE) verfügbar. Die Statistiken zu den EE werden von der Arbeitsgruppe „Erneuerbare Energien-Statistik“ erstellt.
ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2017.html
- 10 Umweltnutzung und Wirtschaft – Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen - Teil 2: Energie.
www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/_inhalt.html#sprg238692

Die detaillierten Angaben zur Verwendung von Energieträgern – in Terajoule – werden zu neun Energie-Gütergruppen (siehe Energiebereiche in Tabelle 1.4 zuzüglich „Kernenergie“, „Gewinnung von Erdöl und Erdgas“, „Erzeugte Gase und Gasverteilung“) zusammengefasst. Diese Angaben ersetzen zeilenweise die monetären Angaben der IOT. Die von der Natur bereitgestellten erneuerbaren (Primär-) 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 einbezogen. Ihr Energiegehalt wird nach der Wirkungsgradmethode bestimmt und beträgt 100 % der gewonnenen Sekundärenergie (Elektrizität und Wärme)¹¹.

1.3.2 Berechnung für ausländische 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 direkte Energieverbrauch bei der Herstellung der Endnachfragegüter (Konsum-, Investitions- und Exportgüter) auf der letzten Fertigungsstufe kann für die einzelnen Lieferländer 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, das heißt 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 dabei 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 außerdem hohe CO₂-Emissionen. Im Jahr 2013 machten die CO₂-Emissionen der Stromgewinnung 31,9 % der gesamten Emissionen der Importe aus.

Der zweitwichtigste Energieverbraucher bei der Herstellung der deutschen Importgüter ist der Stahl- und NE-Metallsektor. Bei den CO₂-Emissionen hatte dieser Bereich 2013 einen Anteil von 11,2 % der gesamten Emissionen der Importe. Auf Grund dieser großen Bedeutung wird dieser Produktionsbereich getrennt für die einzelnen Länder gesondert berechnet (siehe Sonderrechnungen zu dem IO-Analysemodell). Neben dem hohen direkten Energieverbrauch ist der Bereich 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 zum Beispiel von Aluminium, die ebenfalls einen sehr hohen Elektrizitätsverbrauch aufweisen. Daher ist eine möglichst genaue Erfassung der Herstellungsprozesse und der Energie-Inputs dieser Bereiche von großer Bedeutung.

Bei der Berechnung des Energieverbrauchs der Energiesektoren der wichtigsten Importländer (Tabelle 1.5) wurden die Energiebilanzen dieser Länder und weitere Statistiken ausgewertet. Für die zehn europäischen Länder wurden die Energiebilanzen von EUROSTAT herangezogen¹². Für die fünf außereuropäischen Länder – China, Japan, Russland, Vereinigte Staaten und Brasilien – wurden die von der Internationalen Energieagentur

11 Siehe „Vorwort zu den Energiebilanzen“ a.a.O., Seite 9.

12 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: ec.europa.eu/eurostat/data/database
Für die Berechnungen in diesem Modell wurden von Eurostat Angaben in natürlichen Einheiten und in Öleinheiten in Form einer Energiebilanz bereitgestellt.

(IEA) veröffentlichten Energiebilanzen – in Öleinheiten – ausgewertet¹³. Zusätzlich wurden weitere – nach Energieträgern stärker unterteilte – Angaben zu den einzelnen Energiebereichen – insbesondere zu deren Eigenverbrauch – aus der Datenbank der Vereinten Nationen (Statistical Division) entnommen¹⁴. 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.

Mit den beschriebenen Berechnungsschritten kann eine belastbare, getrennte Berechnung für die Importe – nach den einzelnen Endverwendungskategorien – durchgeführt werden. Bei diesen weiteren Berechnungen erfolgt eine gesonderte Berechnung für die eingeführten Fertigprodukte und für die importierten Vorprodukte, die im Inland zur Herstellung der jeweiligen Endprodukte eingesetzt werden.

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

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

1.4 Datengrundlagen und Genauigkeit

1.4.1 Energieverbrauch und CO₂-Emissionen bei den Herkunftsländern

Tabelle 1.5 zeigt den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen bei der Herstellung der Importe nach Deutschland im Jahr 2013 nach Herkunftsländern.

Tabelle 1.5
Energieverbrauch und CO₂-Emissionen der Importgüter 2013

	Energieverbrauch				CO ₂ -Emissionen			
	insgesamt	Energie- bereiche	Stahl- u. Aluherst.	Summe Energie, Stahl, Alu	insgesamt	Energie- bereiche	Stahl- u. Aluherst.	Summe Energie, Stahl, Alu
	TJ				1 000 t			
Niederlande	777 194	184 837	72 126	256 963	33 717	16 338	2 601	18 939
China	639 331	157 251	47 117	204 368	36 894	17 410	3 188	20 598
Frankreich	583 274	237 328	81 504	318 832	27 067	8 215	4 687	12 902
Vereinigte Staaten	423 310	136 549	20 532	157 081	25 387	12 363	1 052	13 415
Italien	330 233	75 667	53 296	128 963	21 461	9 764	2 599	12 363
Polen	360 669	108 647	31 850	140 497	26 575	16 599	1 919	18 518
Belgien	454 783	145 062	50 618	195 681	17 000	6 858	2 275	9 132
Schweiz	231 266	54 789	16 809	71 598	8 992	1 832	1 571	3 403
Vereinigtes Königreich	337 056	132 869	30 198	163 066	20 512	10 930	2 712	13 642
Russland	503 429	167 924	22 782	190 706	28 656	12 547	2 148	14 695
Tschechien	316 343	126 687	40 651	167 338	21 470	13 289	3 520	16 808
Österreich	270 043	57 034	60 157	117 190	17 446	5 885	5 764	11 650
Spanien	169 569	40 366	21 212	61 578	8 089	2 743	950	3 693
Japan	130 422	31 528	6 460	37 988	8 313	3 495	910	4 404
Norwegen	99 540	42 252	17 798	60 050	4 650	2 614	602	3 215
Schweden	165 584	51 392	25 474	76 866	5 647	1 301	1 130	2 431
Brasilien	85 512	13 051	11 367	24 417	4 113	958	764	1 722
Zusammen	5 877 559	1 763 231	609 951	2 373 183	315 988	143 141	38 390	181 531
Restl. Länder	1 926 697	518 020	110 920	628 940	148 530	89 070	8 417	97 486
Insgesamt	7 804 256	2 281 251	720 872	3 002 123	464 518	232 210	46 807	279 017
	Anteil am Energieverbrauch insgesamt in %				Anteil an den CO ₂ -Emissionen insgesamt in %			
Niederlande	100	23,8	9,3	33,1	100	48,5	7,7	56,2
China	100	24,6	7,4	32,0	100	47,2	8,6	55,8
Frankreich	100	40,7	14,0	54,7	100	30,4	17,3	47,7
Vereinigte Staaten	100	32,3	4,9	37,1	100	48,7	4,1	52,8
Italien	100	22,9	16,1	39,1	100	45,5	12,1	57,6
Polen	100	30,1	8,8	39,0	100	62,5	7,2	69,7
Belgien	100	31,9	11,1	43,0	100	40,3	13,4	53,7
Schweiz	100	23,7	7,3	31,0	100	20,4	17,5	37,8
Vereinigtes Königreich	100	39,4	9,0	48,4	100	53,3	13,2	66,5
Russland	100	33,4	4,5	37,9	100	43,8	7,5	51,3
Tschechien	100	40,0	12,9	52,9	100	61,9	16,4	78,3
Österreich	100	21,1	22,3	43,4	100	33,7	33,0	66,8
Spanien	100	23,8	12,5	36,3	100	33,9	11,7	45,6
Japan	100	24,2	5,0	29,1	100	42,0	10,9	53,0
Norwegen	100	42,4	17,9	60,3	100	56,2	12,9	69,1
Schweden	100	31,0	15,4	46,4	100	23,0	20,0	43,0
Brasilien	100	15,3	13,3	28,6	100	23,3	18,6	41,9
Zusammen	100	30,0	10,4	40,4	100	45,3	12,1	57,4
Restl. Länder	100	26,9	5,8	32,6	100	60,0	5,7	65,6
Insgesamt	100	29,2	9,2	38,5	100	50,0	10,1	60,1
	Anteil am Energieverbrauch aller Länder insgesamt in %				Anteil an den CO ₂ -Emissionen aller Länder insgesamt in %			
Zusammen	75,3	77,3	84,6	79,1	68,0	61,6	82,0	65,1
Restl. Länder	24,7	22,7	15,4	20,9	32,0	38,4	18,0	34,9
Insgesamt	100	100	100	100	100	100	100	100

Die Tabelle zeigt die große Bedeutung der energieintensiven Bereiche bei der Berechnung des Energiegehalts beziehungsweise des CO₂-Gehalts der Importgüter. 38,5 % des Energiegehalts beziehungsweise 60,1 % des CO₂-Gehalts entstehen in den Energiebereichen und bei der Stahl- und Aluminiumherstellung (WZ 24.1-3 und 24.42)¹⁵. Mit einem Anteil von fast 80 % beziehungsweise 70 % weisen Tschechien, Polen und Norwegen besonders hohe Werte beim CO₂-Gehalt aus. Für die 17 explizit in den Rechnungen berücksichtigten Länder wird der Energieeinsatz dieser Produktionsbereiche anhand der Energiebilanzen der IEA – direkt auf Basis von physischen Mengenangaben – berechnet. Im Modell wird die Verflechtung der Energiebereiche mit hoher Genauigkeit dargestellt, sowohl intern als auch mit den energieintensiven Branchen, zu denen neben der Stahl- und Aluminiumherstellung auch die Grundstoffchemie zählt.

Tabelle 1.6 zeigt den Energiegehalt der Importgüter nach Nachfragekategorien und ausgewählten Produktionsbereichen. Mit 73 % des gesamten Energiegehalts verzeichnen die Erzeugnisse des Verarbeitenden Gewerbes den mit Abstand höchsten Energieverbrauch. Davon machen die Zulieferungen der Energiebereiche und der energieintensiven Bereiche (Chemie und Metallherstellung) 71,6 % aus. Da sowohl die Energiebereiche und diese energieintensiven Bereiche selbst, als auch deren Zulieferungen zum Verarbeitenden Gewerbe anhand von detaillierten Sonderrechnungen berechnet wurden, sind diese Angaben als zuverlässig zu beurteilen. Über alle Nachfragebereiche hinweg decken diese beiden Bereiche bereits 69,1 % des gesamten Energiegehalts ab.

Bei den Nachfragebereichen ist der Energiegehalt der Bereiche außerhalb der Energiegüter, der Erzeugnisse des Verarbeitenden Gewerbes und der landwirtschaftlichen Erzeugnisse der europäischen Länder weniger gesichert. Hier wird von den inländischen Verflechtungen ausgegangen. Beispielsweise wird unterstellt, dass die Dienstleistungsbereiche dieselben Inputstrukturen haben wie das Inland. Hier könnten Analysen der europäischen IOT in Hinblick auf den Energieeinsatz in den Dienstleistungsbereichen zu verbesserten Ergebnissen für die Ursprungsländer führen.

Bei den Transportbereichen wird der Energiegehalt nur zu gut einem Drittel durch die direkten Lieferungen der Energiebereiche geprägt. Der größere Teil besteht aus Zulieferungen anderer Bereiche, insbesondere von Dienstleistungen. Hier könnte beispielsweise eine Aufteilung der Aufwendungen der Transportbereiche für Transportnebenleistungen zu verbesserten Ergebnissen führen. Allerdings wäre eine solche Aufteilung nach Ursprungsländern – mit den entsprechenden Aufteilungen der IOT – relativ aufwändig.

15 Eine ausführliche und detaillierte Untersuchung der Abweichungen zwischen verschiedenen multi-regionalen Input-Output-Modellen wurde von Owen/Wood/Barrett/Evans (2016) vorgenommen. In deren Analyse - mit Hilfe der strukturellen Pfad-Analyse (SPA) - wurde auch der Einfluss einzelner Sektoren auf die Abweichungen zwischen den vier untersuchten MRIO ermittelt. Nach dem Transportsektor, der in Bezug auf die Sektoren für die größten Abweichungen zeichnete, war der Bereich der Elektrizitäts-, Gas- und Wasserversorgung der Bereich, der für große Abweichungen in den Ergebnissen der untersuchten vier Modelle verantwortlich war. Ursache hierfür waren zum einen die unterschiedliche Abgrenzung der Produktion des Sektors in den einzelnen Ländern in Hinblick auf die Erfassung der bereichsinternen Transaktionen (z. B. der Verteilerleistungen von Elektrizität) und die Allokation des Outputs auf abnehmende Bereiche („the monetary data differs quite staggeringly and is one of the major contributors towards path differences“, S.261). Im GTAP MRIO-Modell wird das Problem der unterschiedlichen Preise für Abnehmer von Elektrizität durch eine Neuallokation der monetären Werte für Elektrizität auf Basis von physischen Angaben „gelöst“. Diese „Notlösung“ erübrigt sich im hybriden IO-Modell der UGR.

Tabelle 1.6
Energieverbrauch der Importe 2013 nach Nachfragekategorien

Nachfragekategorie	Energie	Landw. Erz.	Verarb. Gew.	Wasser, Bau	Handel, Transport	Dienstleistungen	Insgesamt
Terajoule							
Endnachfragegüter	164 280	109 208	1 326 593	12 100	69 387	52 339	1 733 906
Vorleistungsgüter . . .	205 890	48 387	4 367 407	350 518	434 319	663 938	6 070 459
Nachfragekategorien insgesamt	370 169	157 595	5 694 000	362 618	503 706	716 277	7 804 365
Anteil an Insgesamt in %							
Nachfragekategorien insgesamt	4,7	2,0	73,0	4,6	6,5	9,2	100
Terajoule							
darunter							
Energiebereiche . .	280 099	32 611	1 474 643	100 843	173 436	219 619	2 281 251
Chemie, Metallherst. . . .	47 480	41 622	2 603 366	147 728	77 634	191 725	3 109 555
Zusammen	327 580	74 233	4 078 009	248 571	251 070	411 344	5 390 806
Anteil an Nachfragekategorien insgesamt in %							
Energiebereiche	75,7	20,7	25,9	27,8	34,4	30,7	29,2
Chemie, Metallherst.	12,8	26,4	45,7	40,7	15,4	26,8	39,8
Zusammen	88,5	47,1	71,6	68,5	49,8	57,4	69,1

1.4.2 Energieverbrauch und CO₂-Emissionen nach Verwendungskategorien

Die Einfuhr nach Herkunftsländern muss auf Endnachfragegüter einerseits und Vorleistungsgüter andererseits aufgeteilt werden. Dies erfolgt auf der Ebene der Gütergruppen. Die Vorleistungsgüter müssen anschließend ebenfalls nach Verwendungskategorien (Privater Konsum, Exporte, Anlageinvestitionen, Sonstige Verwendung) aufgeteilt werden (siehe nächster Abschnitt)¹⁶.

Die Aufteilung der Güter auf Endnachfragekategorien erfolgt auf der Ebene der Gütergruppen mit den Anteilen aus der Einfuhrmatrix der Input-Output-Tabellen, das heißt es wird unterstellt, dass die Güter unabhängig von den Herkunftsländern dieselbe Gütermischung enthalten wie die Einfuhren insgesamt und deshalb wie die Einfuhren insgesamt verwendet werden. Diese Aufteilung sichert die Stimmigkeit der detaillierten Länderergebnisse mit den Insgesamt-Werten der Importmatrix.

Eine verbesserte Zuordnung zu Vorleistungs- und zu Endnachfragegütern könnte teilweise durch eine detailliertere Aufbereitung der Güter in der Gliederung nach Herkunftsländern erreicht werden. Dies wäre aber mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden.

16 Laut Owen et al. (2016) werden die Einfuhrangaben nach verwendenden Bereichen (für die einzelnen Länder) in den MRIO-Modellen mit Hilfe der Proportionalitätsannahme geschätzt. Diese Schätzungen führten oftmals zu Abweichungen zwischen den MRIO. Owens wies allerdings in einer eigenen Arbeit nach, dass Differenzen in der Verteilung der Importe in den Importmatrizen sich weniger stark auf die Ergebnisse auswirken als andere Faktoren, wie zum Beispiel die absolute Höhe der Emissionen (der einzelnen Länder), S 264.

Das Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase

Tabelle 1.7 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für den Energiegehalt und den CO₂-Gehalt nach Verwendungskategorien. Es zeigt sich, dass die importierten Vorleistungsgüter sowohl beim Privaten Konsum als auch bei den Anlageinvestitionen insgesamt eine gewichtigere Rolle spielen, als die Güter, die direkt in die Endverwendung eingehen. Bei den Exporten sind nur Vorleistungsgüter zu verzeichnen, da die Re-Exporte – als Teil der Letzten Verwendung – von vorneherein außer Betracht bleiben. Bei den CO₂-Emissionen machen diese Vorleistungen – mit 215 Millionen Tonnen – mit Abstand den größten Teil der Emissionen aus, die auf Importgüter entfallen.

Tabelle 1.7
Energie- und CO₂-Gehalt nach Verwendungskategorien 2013

Kategorie	Letzte Verwendung	Privater Konsum	Export	Anlageinvestitionen	Sonst. letzte Verwendung
Energiegehalt (Petajoule)					
Vorleistungen	6 070,5	1 396,8	3 733,9	751,1	188,7
Endnachfragegüter	1 733,9	1 138,9	0,0	363,1	231,9
Insgesamt	7 804,4	2 535,7	3 733,9	1 114,2	420,6
Anteil am Energiegehalt insgesamt in %					
Vorleistungen	77,8	55,1	100	67,4	44,9
Endnachfragegüter	22,2	44,9	0,0	32,6	55,1
Insgesamt	100	100	100	100	100
CO₂-Gehalt					
Vorleistungen	356 253	84 182	214 499	45 808	11 764
Endnachfragegüter	108 271	70 663	0	23 583	14 025
Insgesamt	464 524	154 845	214 499	69 391	25 789
Anteil am CO₂-Gehalt insgesamt in %					
Vorleistungen	76,7	54,4	100	66,0	45,6
Endnachfragegüter	23,3	45,6	0,0	34,0	54,4
Insgesamt	100	100	100	100	100

1.4.3 Importierte Vorleistungen nach Verwendungskategorien

Die nach Herkunftsländern ermittelten Vorleistungen werden mit einer Hilfsrechnung auf die Verwendungskategorien aufgeteilt. In dieser Hilfsrechnung werden mit Hilfe der Total-IOT und der Inlands-IOT die Produktionswerte ermittelt, die zur Herstellung der importierten Endnachfragegüter erforderlich sind. Mit Hilfe der Anteile der Produktionswerte (der einzelnen Kategorien) am Insgesamt-Wert der Letzten Verwendung werden auf der Ebene der Gütergruppen, die Vorleistungen (nach Herkunftsländern) auf die Kategorien aufgeteilt (Anteile für die Waren siehe Tabelle 2 im Anhang).

Das Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase

Tabelle 1.8
Importierte Vorleistungen, Energie- und CO₂-Gehalt der Vorleistungen 2013 nach Verwendungskategorien

Güterarten	Letzte Verwendung	Davon			
		Privater Konsum	Export	Anlageinvestitionen	Sonst. Letzte Verwendung
Vorleistungen nach Verwendungskategorien					
TJ / Mill. EUR					
Energiegüter	8 817 479	2 896 174	4 736 067	760 348	424 890
Waren (oh. Energie)	345 174	78 500	209 140	47 258	10 275
Dienstleistungen	135 168	39 613	69 036	17 668	8 851
Zusammen (oh. Energie) . . .	480 342	118 113	278 176	64 927	19 126
Anteil an der letzten Verwendung in %					
Energiegüter	100	32,8	53,7	8,6	4,8
Waren (oh. Energie)	100	22,7	60,6	13,7	3,0
Dienstleistungen	100	29,3	51,1	13,1	6,5
Zusammen (oh. Energie) . . .	100	24,6	57,9	13,5	4,0
Energiegehalt Vorleistungen					
Terajoule					
Energiegüter	1 782 904	420 216	1 089 668	218 011	58 009
Waren (oh. Energie)	3 504 199	761 923	2 208 992	437 973	95 311
Dienstleistungen	783 357	214 700	435 683	94 582	38 392
Insgesamt	6 070 459	1 396 838	3 731 343	750 566	191 712
Anteil an der letzten Verwendung in %					
Energiegüter	100	23,6	60,9	12,2	3,3
Waren (oh. Energie)	100	21,7	63,0	12,5	2,7
Dienstleistungen	100	27,4	55,6	12,1	4,9
Insgesamt	100	23,0	61,5	12,4	3,2
CO₂-Gehalt Vorleistungen					
1 000 t					
Energiegüter	179 102	42 409	109 384	21 781	5 530
Waren (oh. Energie)	127 527	28 431	77 325	18 105	3 667
Dienstleistungen	49 623	13 342	27 791	6 055	2 435
Insgesamt	356 253	84 182	214 499	45 940	11 631
Anteil an der letzten Verwendung in %					
Energiegüter	100	23,7	61,1	12,2	3,1
Waren (oh. Energie)	100	22,3	60,6	14,2	2,9
Dienstleistungen	100	26,9	56,0	12,2	4,9
Insgesamt	100	23,6	60,2	12,9	3,3

1.5 Fazit

Das Analysemodell der UGR zeichnet sich durch eine vergleichsweise hohe Detaillierung der energieintensiven Produktionsbereiche und der Verwendung von physischen Angaben für die Verwendung von Energie – statt von monetären Werten aus den IOT – aus¹⁷. Durch die Detaillierung der energie- und CO₂-intensiven Bereiche wird eine größere Genauigkeit bei diesen Schlüsselsektoren erreicht. Tabelle 1.9 zeigt, dass im Bereich der CO₂-Emissionen die fünf bedeutendsten Bereiche bereits knapp 62 % der Emissionen ausmachen. Sämtliche Angaben für diese Bereiche – im In- und Ausland – in Hinblick auf deren Energie-Inputs wurden in detaillierten Sonderrechnungen gewonnen. Daher kann für diesen Bereich von einer sehr hohen Datengenauigkeit ausgegangen werden. Die Allokation der Leistungen der Elektrizitätsgewinnung und der anderen Energiebereiche auf Basis von physischen Angaben zur Verwendung der Energieträger ermöglicht ebenfalls – im Unterschied zu Modellen mit einer rein monetär basierten Allokation – eine genauere Zurechnung der Aktivitäten der Energiebereiche zu den „Downstream-Prozessen“.

Tabelle 1.9

Indirekter Energieverbrauch und CO₂-Emissionen nach Produktionsbereichen 2013

Produktionsbereiche	Energieverbrauch		CO ₂ -Emissionen	
	PJ	%	Mill. t	%
Insgesamt	18 023	100	1 239	100
darunter:				
Elektrizitätsgewinnung	4 391	24,4	520	42,0
(Fern-) Wärme Gewinnung	88	0,5	67	5,4
Grundstoffchemie	3 435	19,1	65	5,3
Strahlengewinnung	1 121	6,2	78	6,3
Mineralverarbeitung	637	3,5	38	3,0
Zusammen	9 671	53,7	768	61,9

In Hinblick auf die regionale Entstehung des indirekten Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen ist zu berücksichtigen, dass Deutschland einen vergleichsweise hohen Anteil der Importe am Aufkommen an CO₂ hat. Trotzdem machen die Emissionen der inländischen Produktionsbereiche mit 62,5 % den mit Abstand größeren Teil der Emissionen aus (siehe Tabelle 2.6).

17 Die MIOT liegen meist in einer Gliederung nach ca. 40-50 Sektoren vor. Eine Ausnahme bilden EXIOBASE und EORA mit einer Gliederung von mehr als 163 beziehungsweise zwischen 23 und 400 Sektoren je Land (EORA). Das 2016 erschienene WIOD-Modell basiert auf 56 Sektoren. Mit Ausnahme des EXIOBASE-Modells sind die Modelle nicht auf umweltrelevante Bereiche zugeschnitten, sondern basieren auf IOT, deren Sektorengliederung sich an der internationalen Wirtschaftszweig-Systematik orientiert. Die Gliederung in den IOT entspricht oftmals – beispielsweise für die europäischen Länder – der in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen verwendeten Veröffentlichungsgliederung.

Tabelle 1.10
Energieverbrauch und CO₂-Emissionen 2013 nach Herkunft

Region	Energieverbrauch		CO ₂ -Emissionen	
	PJ	%	Mill. t	%
Importe	7 804	43,3	464	37,5
17 Länder	5 878	32,6	316	25,5
Restl. Welt	1 927	10,7	148	12,0
Inland	10 219	56,7	775	62,5
Insgesamt	18 023	100	1 239	100

Ohne direkten Energieverbrauch und direkte CO₂-Emissionen im Inland.

Die Berechnungen für das Inland weisen im Vergleich zu den Berechnungen für die Importe eine höhere Genauigkeit auf, da für die Herkunftsländer der Importe in Hinblick auf die Technologie grundsätzlich nicht von den tatsächlichen Produktionsverhältnissen der Länder ausgegangen wird, sondern die Verwendung der deutschen Technologie unterstellt wird¹⁸. Allerdings wurden für die explizit erfassten Länder bei allen Energiebereichen, bei energieintensiven Sektoren und bei weiteren ausgewählten Bereichen der Industrie und der Landwirtschaft länderspezifische Inputs für die eingesetzten Energieträger berücksichtigt, die – wie oben dargestellt – den überwiegenden Teil der Emissionen verursachen.¹⁹

Für die „restliche Welt“ liegen außer den Importangaben keine spezifischen Angaben vor. Die Emissionsfaktoren wurden schätzungsweise und unter Verwendung von Angaben aus einem MIOA-Modell (CREEA) ermittelt. Daher sind diese Angaben weniger gesichert. Allerdings entfallen auf den „Rest der Welt“ relativ geringe Emissionen. Abweichungen bei diesen Angaben haben daher nur eine sehr begrenzte Auswirkung auf die Ingesamt-Werte. Eine Aufteilung dieser restlichen Ländergruppe beziehungsweise eine Ausweitung der explizit erfassten Bereiche könnte zu einer weiteren Verbesserung führen, wäre aber mit einem nicht unerheblichen Aufbereitungsaufwand verbunden.

18 Die Analyse von Owens et. al. (2016) erbrachte, dass nicht die technikspezifischen Angaben der größte Faktor bei den Differenzen zwischen den Modellen sind, sondern die emissionspezifischen Angaben (Emissionskoeffizienten). Bei 63 der Top 100 Pfade mit den wichtigsten Differenzen zwischen den MIOA waren die emissionspezifischen Angaben die Hauptursache für die Differenzen (Seite 264: Sources of difference from the emissions vector). Diese machten beim Vergleich zwischen Eora und WIOD 43 % und zwischen Eora und EXIOBASE 45 % der gesamten Differenz aus. Daher müssen diesen Angaben eine besondere hohe Aufmerksamkeit geschenkt werden. Quelle: Owen, R. Wood, J. Barrett, A. Ewans: Explaining value chain differences in MRIO databases through structural path decomposition in: Economic Systems Research 2016, Vol. 28, No. 2, S. 243-272.

19 Owen et. al. (2016) kommen zu dem Schluss, dass auf nationale Zwecke ausgerichtete Rechensysteme robuster sind als MRIO-basierte: „For example, national level consumption-based accounts are more robust than global value chain information“ (S.270) und „Whilst calculations of national CBA [consumption based accounts] have been shown to be robust, this study indicates that calculations which involve extracting smaller portions of national level results table such as finding product footprint may not be as accurate (S. 269). Angesichts der Unsicherheiten in der Datenbasis und konzeptioneller Probleme, wie beispielsweise bei der Anwendung des Inländerkonzepts statt des Territorialkonzepts, warnen die Autoren vor einer unkritischen Anwendung der Ergebnisse: „It is therefore suggested that global value chain data is not yet robust enough to be used in climate policy“ (S. 269). Quelle: Owen, R. Wood, J. Barrett, A. Ewans: Explaining value chain differences in MRIO databases through structural path decomposition in: Economic Systems Research 2016, Vol. 28, No. 2, S. 243-272.

Tabelle 1
Gliederung der Produktionsbereiche in der IOT und im Analysemodell der UGR

Gütergruppen in den Input-Output-Tabellen ¹			Produktionsbereiche im IO-Analysemodell		
Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung	Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung
1	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Dienstleistungen	1	01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Dienstleistungen
2	02	Forstwirtschaftliche Erzeugnisse und Dienstleistungen	2	02	Forstwirtschaftliche Erzeugnisse und Dienstleistungen
3	03	Fische, Fischerei- und Aquakulturerzeugnisse	3	03	Fische, Fischereierzeugnisse
4	05	Kohle	4	05.1	Steinkohle
			5	05.2	Braunkohle
5	06	Erdöl und Erdgas	6	06	Erdöl und Erdgas
6	07-09	Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse und Dienstleistungen	7	07-09	Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse und Dienstleistungen
7	10-12	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse	8	10-12	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse
8	13-15	Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren	9	13-15	Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren
9	16	Holz, Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	10	16	Holz, Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
10	17	Papier, Pappe und Waren daraus	11	17	Papier, Pappe und Waren daraus
11	18	Druckereileistungen, bespielte Ton-, Bild- und Datenträger	12	18	Druckereileistungen, bespielte Ton-, Bild- und Datenträger
12	19	Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	13	19.1	Kokereierzeugnisse
			14	19.2	Mineralölerzeugnisse
13	20	Chemische Erzeugnisse	15	20.1	Chemische Grundstoffe u. ä.
			16	20 (oh. 20.1)	Restliche Chemie
14	21	Pharmazeutische Erzeugnisse	17	21	Pharmazeutische Erzeugnisse
15	22	Gummi- und Kunststoffwaren	18	22	Gummi- und Kunststoffwaren
16	23.1	Glas und Glaswaren	19	23.1	Glas und Glaswaren
17	23.2-23.9	Keramik, bearbeitete Steine und Erden	20	23.2-23.9	Keramik, bearbeitete Steine und Erden
18	24.1-24.3	Roheisen, Stahl, Erzeugnisse der ersten Bearbeitung von Eisen und Stahl	21	24.1-14.3	Roheisen, Stahl, Erzeugnisse der ersten Bearbeitung von Eisen und Stahl
19	24.4	NE-Metalle und Halbzeug daraus	22	24.42	H. v. Aluminium und Alu-Erzeugnissen
			23	24.4 Rest	Übrige NE-Metalle und Halbzeug daraus
20	24.5	Gießereierzeugnisse	24	24.5	Gießereierzeugnisse
21	25	Metallerzeugnisse	25	25	Metallerzeugnisse
22	26	Datenverarbeitungsgeräte, elektronische und optische Erzeugnisse	26	26	Datenverarbeitungsgeräte, elektronische und optische Erzeugnisse
23	27	Elektrische Ausrüstungen	27	27	Elektrische Ausrüstungen
24	28	Maschinen	28	28	Maschinen

Tabelle 1
Gliederung der Produktionsbereiche in der IOT und im Analysemodell der UGR

Gütergruppen in den Input-Output-Tabellen ¹			Produktionsbereiche im IO-Analysemodell		
Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung	Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung
25	29	Kraftwagen und Kraftwagen- teile	29	29	Kraftwagen und Kraftwagen- teile
26	30	Sonstige Fahrzeuge	30	30	Sonstige Fahrzeuge
27	31-32	Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren	31	31-32	Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren
28	33	Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	32	33	Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen
29	35.1, 35.3	Elektrischer Strom, Dienstlei- stungen der Elektrizitäts-, Wärme- und Kälteversorgung	33	35.1	Elektrischer Strom, DL der Stromversorgung
			34	35.2	Industriell erzeugte Gase; Dienstleistungen der Gas- versorgung
30	35.2	Industriell erzeugte Gase; Dienstleistungen der Gasver- sorgung	35	35.3	Wärme- und Kälteversorgung
31	36	Wasser, Dienstleistungen der Gasversorgung	36	36	Wasser, Dienstleistungen der Gasversorgung
32	37-39	Dienstleistungen der Abwas- ser-, Abfallentsorgung und Rückgewinnung	37	37-39	Dienstleistungen der Abwas- ser-, Abfallentsorgung und Rückgewinnung
33	41	Hochbauarbeiten	38	41-42	Hoch- und Tiefbauarbeiten
34	42	Tiefbauarbeiten			
35	43	Vorbereitende Baustellen-, Bauinstallations- und sonstige Ausbauarbeiten	39	43	Vorbereitende Baustellen-, Bauinstallations- und sonstige Ausbauarbeiten
36	45	Handelsleistungen mit Kraft- fahrzeugen, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahr- zeugen	40	45	Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur von Kfz
37	46	Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kraft- fahrzeugen)	41	46	Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kraft- fahrzeugen)
38	47	Einzelhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kraftfahrzeugen)	42	47	Einzelhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kraftfahrzeugen)
39	49	Landverkehrs- und Transport- leistungen in Rohrfernleitun- gen)	43	49.1-2	Schienenverkehr
			44	49.3-5	Landverkehrs- und Transport- leistungen in Rohrfernleitungen
40	50	Schifffahrtsleistungen	45	50.1-2	See- und Küstenschifffahrt
			46	50.3-4	Binnenschifffahrt
41	51	Luftfahrtleistungen	47	51	Luftfahrtleistungen
42	52	Lagereileistungen, sonstige Dienstleistungen	48	52	Lagereileistungen, sonstige Dienstleistungen
43	53	Post-, Kurier- und Express- dienstleistungen	49	53	Post-, Kurier- und Express- dienstleistungen

Tabelle 1
Gliederung der Produktionsbereiche in der IOT und im Analysemodell der UGR

Gütergruppen in den Input-Output-Tabellen ¹			Produktionsbereiche im IO-Analysemodell		
Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung	Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung
44	55-56	Beherbergungs- und Gastronomiedienstleistungen	50	55-56	Beherbergungs- und Gastronomiedienstleistungen
45	58	Dienstleistungen des Verlagswesens	51	58	Dienstleistungen des Verlagswesens
46	59-60	Dienstleistungen von audiovisuellen Musikverlagen und Rundfunkveranstaltern	52	59-60	Dienstleistungen von audiovisuellen Musikverlagen und Rundfunkveranstaltern
47	61	Telekommunikationsdienstleistungen	53	61	Telekommunikationsdienstleistungen
48	62-63	Informationstechnologie- und Informationsdienstleistungen	53	61	Informationstechnologie- und Informationsdienstleistungen
49	64	Finanzdienstleistungen	55	64-66	Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen
50	65	Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen			
51	66	Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistungen verbundene Dienstleistungen			
52	68	Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung	56	68	Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens
53	69-70	Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung	57	69-71	Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung
54	71	Dienstleistungen von Architektur- und Ingenieurbüros und der technischen physikalischen Untersuchung			Dienstleistungen von Architektur- und Ingenieurbüros und der technischen physikalischen Untersuchung
55	72	Forschungs- und Entwicklungsleistungen	58	72	Forschungs- und Entwicklungsleistungen
56	73	Werbe- und Marktforschungsleistungen	59	73-82	Werbe- und Marktforschungsleistungen
57	74-75	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche, technische und veterinärmedizinische Dienstleistungen			Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische DL, DL des Veterinärwesens
58	77	Dienstleistungen der Vermietung von beweglichen Sachen			Dienstleistungen der Vermietung von beweglichen Sachen
59	78	Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften			Dienstleistungen der Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften
60	79	Dienstleistungen von Reisebüros, -veranstaltern			Dienstleistungen von Reisebüros, -veranstaltern
61	80-82	Wach-, Sicherheitsdienstleistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen a. n. g.			Wach-, Sicherheitsdienstleistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen a. n. g.

Tabelle 1
Gliederung der Produktionsbereiche in der IOT und im Analysemodell der UGR

Gütergruppen in den Input-Output-Tabellen ¹			Produktionsbereiche im IO-Analysemodell		
Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung	Lfd. Nr.	Vergleichbare Position der CPA ² bzw. WZ 2008	Bezeichnung
62	84.1-84.2	Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung und der Verteidigung	60	84.1-84.2	Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung und der Verteidigung
63	84.3	Dienstleistungen der Sozialversicherung	61	84.3	Dienstleistungen der Sozialversicherung
64	85	Erziehungs- und Unterrichtsdienstleistungen	62	85	Erziehungs- und Unterrichtsdienstleistungen
65	86	Dienstleistungen des Gesundheitswesens	63	86	Dienstleistungen des Gesundheitswesens
66	87-88	Dienstleistungen von Heimen und des Sozialwesens	64	87-88	Dienstleistungen von Heimen und des Sozialwesens
67	90-92	Dienstleistungen der Kunst, der Kultur und des Glücksspiels	65	90-93	Dienstleistungen der Kunst, der Kultur und des Glücksspiels
68	93	Dienstleistungen des Sports, der Unterhaltung und der Erholung			Dienstleistungen des Sports, der Unterhaltung und der Erholung
69	94	Dienstleistungen der kirchlichen und sonstigen Vereinigungen	66	97	Dienstleistungen der kirchlichen und sonstigen Vereinigungen
70	95	Reparaturarbeiten an Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern	67	95-98	Reparaturarbeiten an Datenverarbeitungsgeräten und Gebrauchsgütern
71	96	Sonstige überwiegend persönliche DL			Sonstige überwiegend persönliche DL
72	97-98	Waren und DL privater Haushalte o.a.S.			Waren und DL privater Haushalte o.a.S.

1 Die Abgrenzung der Produktionsbereiche entspricht derjenigen für Gütergruppen.

2 CPA = Classification of Products by Activity.

Tabelle 2
Importierte Vorleistungen nach Verwendungskategorien (Waren) 2013

CPA ¹	Gütergruppen	Privater Konsum	Export	Anlageinvestitionen	Insgesamt
In % von Letzter Verwendung					
01	Landwirtschaft	55,0	33,3	1,7	90,0
02	Forstwirtschaft und Holzeinschlag . . .	27,7	46,3	23,0	97,1
03	Fischerei und Aquakultur.	59,9	27,0	1,3	88,1
05.1	Steinkohle.	25,6	57,0	10,9	93,5
05.2	Braunkohle	23,8	60,7	11,8	96,3
06	Gewinnung v. Erdöl u. Erdgas.	36,6	51,0	7,8	95,3
07-09	Erzbergbau, Gew. v. Steinen u. Erden .	16,4	69,4	12,8	98,6
10-12	H. v. Nahrungsm. u. Getränken, Tabak	50,3	33,8	2,6	86,7
13-15	H. v. Textilien, Bekleidung, Lederwaren	39,6	54,7	9,6	103,9
16	H. v. Holzwaren (oh. Möbel).	27,2	42,9	26,7	96,8
17	H. v. Papier, Pappe u. Waren daraus . .	31,1	56,2	8,2	95,5
18	H. v. Druckerz, Vervielf.	32,1	43,8	12,3	88,2
19.1	Erz. D. Kokereien	12,7	69,5	16,7	98,9
19.2	Erz.d. Mineralölverarbeitung	27,8	59,5	8,8	96,2
20.1	Erz. D. Grundstoffchemie.	18,0	70,9	9,5	98,5
20R	H. v. sonst. Chem. Erzeugn.	29,4	52,5	12,3	94,2
21	H. v. pharmazeut. Erzeugn.	27,3	52,7	1,5	81,5
22	H. v. Gummi- u. Kunststoffwaren	24,8	52,2	20,0	97,0
23.1	H. v. Glas u. Glaswaren	23,9	60,2	16,5	100,6
23.2-23.9	H. v. Keramik, Verarb. V. Steinen u. Erden	21,0	40,2	35,7	96,9
24.1-24.3	Erz. V. Roheisen u. Stahl, Stahlerz. . . .	14,8	65,1	18,8	98,7
24.42	H. v. Aluminium	10,9	73,6	13,3	97,8
24.4 R	Erz. u. 1. Bearb. von sonst. NE-Metallen	10,7	75,4	13,3	99,5
24.5	Gießereien.	18,2	65,7	15,4	99,3
25	H. v. Metallerzeugnissen	19,8	57,6	20,4	97,9
26	H. v. DV-Gerät., elektron. U. Erzeugn. .	19,2	62,8	17,7	99,6
27	H. v. elektr. Ausrüstg.	18,8	55,2	23,5	97,5
28	Maschinenbau	14,0	66,5	17,4	97,8
29	H. v. Kraftwagen u. Kraftwagenteilen .	19,6	71,6	11,1	102,3
30	Sonstiger Fahrzeugbau	12,6	62,9	19,6	95,2
31-32	H. v. Möbeln u. sonst. Waren	32,9	36,8	13,8	83,5
33	Rep. u. Inst. v. Maschinen u. Ausrüst.	24,1	58,9	13,2	96,2
35.1	Elektrizitätsversorgung	23,0	60,9	12,4	96,3

¹ Classification on Products by Activity.

2 Das IO-Analysemodell Energie und Treibhausgase (THG): Sonderrechnungen

Im I/O-Analyse-Modell werden für bestimmte Produktionsbereiche Sonderrechnungen durchgeführt, die eine stärkere Unterteilung dieser Bereiche zum Ziel haben. Dies betrifft zum einen Bereiche der Energiegewinnung und -umwandlung (kurz: Energiebereiche) und zum anderen energieintensive Produktionsbereiche wie die Grundstoffchemie, die Stahlherstellung, die Aluminiumherstellung und bestimmte Transportbereiche (Landverkehr und Schifffahrt).

2.1 Energiebereiche

In den nationalen IOT werden fünf Energiebereiche abgebildet²⁰:

- Der Kohlenbergbau (CPA 05)
- Die Gewinnung von Erdöl und Erdgas (CPA 06)
- Die Erzeugung von Koks und Mineralölerzeugnissen (CPA 19)
- Die Gewinnung von und die Versorgung mit Elektrizität und Fernwärme (CPA 35.1/3)
- Die Herstellung erzeugter Gase und die Versorgung mit Gasen (CPA 35.2)

Im erweiterten I/O-Modell werden der Kohlenbergbau, die Erzeugung von Koks und Mineralölerzeugnissen und die Gewinnung von Elektrizität und Fernwärme in folgende Teilbereiche unterteilt:

- Steinkohlenbergbau
- Braunkohlenbergbau
- Erzeugung von Koks
- Erzeugung von Mineralölerzeugnissen
- Gewinnung von Elektrizität
- Gewinnung von Fernwärme

Die Energiebereiche sind einerseits selbst bedeutende Abnehmer von Energieträgern, wie zum Beispiel von Kohlen und Erdöl. Andererseits unterscheiden sich die Teilbereiche der oben angegebenen Energiebereiche erheblich in Hinblick auf ihre Produktionsprozesse, der darin eingesetzten Energieträger (siehe Tabelle 1) und die Verwendungsstruktur ihrer Erzeugnisse. Aus diesen Gründen ist eine disaggregierte Darstellung dieser Bereiche erforderlich.

20 Diese Energiebereiche decken die Gewinnung und Versorgung mit Energieträgern nicht vollständig ab. Energieträger wie Kernbrennstoffe (GP 2013 11 000), Brennholz aus dem Wald (GP 02.20), Schnittholz, Holzschnitzel (GP 1610 23), Holzkohle (GP 2014 72 000) und die Gewinnung von erneuerbaren Energie wie Wind- und Solarenergie und andere nicht erwähnte Biomasse für die Energiegewinnung (Raps, Mais) werden in den IOT nicht explizit dargestellt. Allerdings werden diese Energieträger bei der Berechnung der Primärenergie- und der Emissionskoeffizienten der Energiebereiche und der sonstigen Produktionsbereiche miteinbezogen.

Tabelle 2.1
Energiegewinnung und -einsatz der Energiebereiche in Deutschland 2012

CPA 1	Kohlenbergbau			Erdöl, Erdgas		Kokerei, Mineralölverz.			Elektrizitäts- und Fernwärmegewinnung		Hergestellte Gase, Gasverteilung	Energiebereiche insges.	Sonstige Produktionsbereiche	Produktionsbereiche insges.	
	insgesamt	Steinkohle	Braunkohle	insgesamt	Mineralölverz.	insgesamt	Mineralölverz.	Elektrizitätsgewinnung	Fernwärme						
Petajoule															
05	Kohlen	12	1	10	0	444	301	143	2 658	2 487	171	0	3 114	202	3 316
	Steinkohle	1	1	0	0	301	301	0	1 144	1 007	136	0	1 446	197	1 643
	Braunkohle	10	0	10	0	143	0	143	1 514	1 479	35	0	1 667	6	1 673
06	Erdöl, Erdgas	0	0	0	8	4 076	0	4 076	708	492	217	15	4 807	1 250	6 057
19	Koks, Mineralölzeug. ...	1	0	0	1	811	32	780	93	77	17	1	907	3 323	4 230
	Koks	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	3	295	297
	Mineralölzeugnisse ..	1	0	0	1	809	32	777	93	77	16	1	905	3 028	3 933
35.1/3	Elektrizität, Fernwärme ..	27	5	23	2	30	1	29	163	163	0	28	251	1 642	1 893
	Elektrizität	22	5	17	2	25	1	24	163	163	0	8	220	1 383	1 603
	Fernwärme	6	0	0	0	5	0	5	0	0	0	20	31	260	290
35.2	Hergestellte Gase	0	0	0	0	24	23	1	290	281	9	2	316	170	486
	Zusammen	40	7	34	11	5 386	357	5 029	3 912	3 498	414	46	9 395	6 587	15 982
	Kerbstoffe	0	0	0	0	0	0	0	1 085	1 085	0	0	1 085	0	1 085
	Erneuerbare Energien ...	1	0	0	0	2	0	2	756	619	146	0	767	241	1 008
	Energieeinsatz insgesamt	41	7	34	11	5 388	357	5 031	5 761	5 202	559	46	11 247	6 828	18 076
	Energiegewinnung	2 008	332	1 676	435	4 989	254	4 735	2 770	2 267	502	523	10 725	X	X
Anteil an der Energiegewinnung in %															
05	Kohlen	0,6	0,4	0,6	0,0	8,9	118,4	3,0	96,0	109,7	34,0	0,0	93,9	6,1	100
06	Erdöl, Erdgas	0,0	0,0	0,0	1,8	81,7	0,0	86,1	25,6	21,7	43,2	2,9	79,4	20,6	100
19	Koks, Mineralölzeug. ...	0,0	0,1	0,0	0,2	16,3	12,5	16,5	3,4	3,4	3,3	0,2	21,4	78,6	100
35.1/3	Elektrizität, Fernwärme ..	1,4	1,5	1,3	0,6	0,6	0,4	0,6	5,9	7,2	0,0	5,3	13,2	86,8	100
35.2	Hergestellte Gase	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	9,0	0,0	10,5	12,4	1,8	0,4	65,1	34,9	100
	Zusammen	2,0	2,0	2,0	2,6	107,9	140,4	106,2	141,2	154,3	82,3	8,8	58,8	41,2	100
	Kerbstoffe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,2	47,9	0,0	0,0	100	0,0	100
	Erneuerbare Energien ...	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,6	27,3	29,0	0,0	76,1	23,9	100
	Energieeinsatz insgesamt	2,0	2,1	2,0	2,6	108,0	140,4	106,2	208,0	229,4	111,3	8,9	62,2	37,8	100
	Energiegewinnung	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	X	X	X

1 Classification of Products by Activity.

Die Energiebereiche werden sowohl für die inländischen Produktionsbereiche als auch für die Herkunftsländer der Importe nach Deutschland unterteilt. Im hybriden I/O-Modell werden die eingesetzten Energieträger, die Gewinnung beziehungsweise die Erzeugung der Energiebereiche (Produktionswert) und die Verwendung der Energieträger in Terajoule nachgewiesen.

Die Unterteilung der Energiebereiche erfolgt in einem ersten Schritt für die inländischen Bereiche. Dabei werden zunächst die Teilbereiche spaltenweise berechnet. Danach werden zeilenweise die Energieinputs auf Basis der Energieflussrechnung in der Gliederung nach acht Gütergruppen (sechs unterteilte Bereiche zzgl. Erdöl/Erdgas und Gasverteilung) in die IOT eingetragen.

2.1.1 Untergliederungen der inländischen Energiebereiche

Spaltenweise Unterteilung:

Für die drei zu unterteilenden Energiebereiche werden die Inputstrukturen zunächst vollständig auf Basis von EUR-Angaben geschätzt. Dabei werden detaillierte Angaben aus den Gütermatrizen, insbesondere zu den Produktionswerten und den Vorleistungssummen, herangezogen. Nicht-Energie-Inputs werden im Allgemeinen in den Teilbereichen mit der Struktur der Vorleistungen des Gesamtbereichs aufgeteilt.

Unterteilung der Energieverwendung

Die Angaben zur Verwendung von Energieträgern werden aus der detaillierten Energieflussrechnung entnommen. In den Energieflussrechnungen wird die Verwendung von Energie für 34 Energieträger und 71 Produktionsbereiche und die Endverwendungskategorien „Private Haushalte“, „Vorratsveränderung“ und Exporte“ berechnet. Die Angaben hierzu liegen nur für den gesamten Energieeinsatz – ohne eine Unterteilung für Energie aus inländischer Herkunft und von importierter Energie – vor. Diese Unterteilung wird für die Importe anhand der Aufkommenswerte der 34 Energieträger – mit der Annahme einer identischen Verwendungsstruktur für inländische und für importierte Energieträger – geschätzt.

In einem weiteren Berechnungsschritt werden Aufteilungen für tiefer unterteilte industrielle Bereiche mit Hilfe von Sonderrechnungen (Grundstoffchemie, Stahlherstellung, Aluminiumherstellung) und für Dienstleistungsbereiche (Transportbereiche wie Landverkehr und Schifffahrt, u. a.) durchgeführt. Einige Dienstleistungsbereiche gehen in das Analysemodell dagegen höher aggregiert als in den IOT ein (siehe Gliederungsübersicht).

Sonderrechnungen

Tabelle 2.2
Energiebereiche mit Teilbereichen (Produktionsbereiche)
– Vorleistungen und Produktionswerte 2012 –

CPA ¹	Gütergruppe	Kohlenbergbau			Kokerei, Mineralölerz.			Elektrizitäts- und Fernwärmegewinnung		
		insgesamt	Steinkohle	Braunkohle	insgesamt	Kokereien	Mineralölerz.	insgesamt	Elektrizitätsgewinnung	Fernwärme
Mill. EUR										
05	Kohlen	139	21	118	469	450	19	6 260	5 758	502
06	Erdöl, Erdgas	0	0	0	53 731	0	53 731	9 017	8 394	623
19	Koks, Mineralöl- erzeugnisse	16	2	14	14 053	573	13 480	2 288	2 105	183
35.1/3	Elektrizitäts, Fernwärme	150	23	127	1 002	37	965	22 710	21 490	1 220
35.2	Hergestellte Gase . . .	2	0	2	65	61	4	1 613	1 484	129
	Energie zusammen . .	307	47	260	69 320	1 122	68 198	41 888	39 231	2 657
	Sonstige Vorleistungen	2 283	365	1 918	9 536	193	9 343	25 876	24 032	1 844
	Vorleistungen insgesamt	2 590	413	2 177	78 856	1 315	77 541	67 764	63 263	4 501
	Nettogütersteuern . .	19	18	1	165	0	165	669	341	328
	Bruttowertschöpfung	1 476	196	1 280	2 939	984	1 955	33 788	30 424	3 364
	Produktionswert	4 085	627	3 458	81 960	2 299	79 661	102 221	94 028	8 193
Anteil am Produktionswert in %										
05	Kohlen	3,4	3,4	3,4	0,6	19,6	0,0	6,1	6,1	6,1
06	Erdöl, Erdgas	0,0	0,0	0,0	65,6	0,0	67,4	8,8	8,9	7,6
19	Koks, Mineralöl- erzeugnisse	0,4	0,4	0,4	17,1	24,9	16,9	2,2	2,2	2,2
35.1/3	Elektrizitäts, Fernwärme	3,7	3,7	3,7	1,2	1,6	1,2	22,2	22,9	14,9
35.2	Hergestellte Gase . . .	0,0	0,0	0,0	0,1	2,7	0,0	1,6	1,6	1,6
	Energie zusammen . .	7,5	7,5	7,5	84,6	48,8	85,6	41,0	41,7	32,4
	Sonstige Vorleistungen	55,9	58,3	55,5	11,6	8,4	11,7	25,3	25,6	22,5
	Vorleistungen insgesamt	63,4	65,8	63,0	96,2	57,2	97,3	66,3	67,3	54,9
	Nettogütersteuern . . .	0,5	2,9	0,0	0,2	0,0	0,2	0,7	0,4	4,0
	Bruttowertschöpfung	36,1	31,3	37,0	3,6	42,8	2,5	33,1	32,4	41,1
	Produktionswert	100	100	100	100	100	100	100	100	100

¹ Classification of Products by Activity.

2.1.2 Untergliederung energieintensiver Produktionsbereiche (ohne Energiebereiche)

In den nationalen IOT werden im Verarbeitenden Gewerbe (Industrie) bei zwei Wirtschaftsabteilungen (Zweistellern) – der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23) und der Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24) – bereits Unterteilungen nach Wirtschaftsgruppen (Dreisteller) vorgenommen. Statt den beiden Zweistellern werden fünf Bereiche nachgewiesen:

- Herstellung von Glas und Glaswaren (WZ 23.1)
- Herstellung von Keramik, bearbeitete Steine und Erden (WZ 23.2-9)
- Herstellung von Stahl und Erz. der ersten Bearbeitung von Eisen und Stahl (WZ 24.1.-24.3)
- Herstellung von NE-Metallherstellung und Halbzeug daraus (WZ 24.4)
- Herstellung von Giessereierzeugnissen (WZ 24.5)

Diese Unterteilungen führen bereits zu einer verbesserten Abbildung energieintensiver Produktionsbereiche und von Lieferketten. Im erweiterten I/O-Modell werden darüber hinaus in der Industrie noch zwei weitere Aufteilungen vorgenommen: eine Unterteilung der Chemie und der NE-Metall- und Halbzeugherstellung:

- Grundstoffchemie (WZ 20.1)
- Restliche Chemie (WZ 20.2-6)
- Herstellung und Verarbeitung von Aluminium (WZ 24.42)
- Sonstige NE-Metall- und Halbzeugherstellung (WZ 24.4 Rest)

Für die zuerst genannten Dreisteller liegen für die Bereiche im Inland bereits Angaben zum Energieverbrauch aus der Energieflussrechnung vor. Für die Produktionsbereiche in den Herkunftsländern der Importe werden für die Stahlherstellung und die Herstellung von Aluminium Sonderrechnungen durchgeführt. Dies gilt ebenfalls für die Grundstoffchemie (siehe Sonderrechnung „Grundstoffchemie“), die zwar in der nationalen Energiebilanz, nicht jedoch in den Energieflussrechnungen, getrennt nachgewiesen wird.

Im Verkehrsbereich werden in den Bereichen „Landverkehr“ (WZ 49) und „Schifffahrt“ (WZ 50) Aufteilungen in entsprechenden Sonderrechnungen vorgenommen:

- Eisenbahnverkehr (WZ 49.1-2)
- Sonstiger Landverkehr (WZ 49.3-5)
- See- und Küstenschifffahrt (WZ 50.1-2)
- Binnenschifffahrt (WZ 50.3-4)

2.1.3 Sonderrechnung „Grundstoffchemie“

a) Spalten

Zunächst werden die mengenmäßigen Verbrauchswerte für den Energieverbrauch (in Tera-joule) der beiden Teilbereiche ermittelt. Dazu werden die Angaben in der nationalen Energiebilanz ausgewertet, die Einträge für die Grundstoffchemie und den nicht-energetischen Verbrauch von Mineralölen, Erdgas und Kohlen enthalten. Der nicht-energetische Verbrauch dieser Energieträger wird in den Energieflussrechnungen

überwiegend der Chemie zugeordnet. Anschließend erfolgt eine monetäre Bewertung des Energieverbrauchs. Danach werden die gesamten Vorleistungen in den beiden Teilsektoren nach drei Arten aufgeteilt:

- Energiekosten
- Waren (ohne Energie)
- Dienstleistungen

Mit Hilfe der Produktionswerte der beiden Teilbereiche werden die Vorleistungen in den Teilbereichen für die drei Kostenarten geschätzt. Die Bruttowertschöpfung dient dabei als Kontrollgröße. Bei der Aufteilung der Waren werden Waren berücksichtigt, die ausschließlich in der Grundstoffchemie Verwendung finden. Die Weiterverarbeitungsproduktion wird ausschließlich der Grundstoffchemie zugerechnet. Die Dienstleistungen werden entsprechend der Struktur der Gesamtchemie auf die einzelnen Gütergruppen aufgeteilt.

b) Zeilen

Für die Zeilen – die Verwendung der Erzeugnisse der Grundstoffchemie und der sonstigen Chemie – liegen detaillierte Angaben aus den Gütermatrizen (getrennt für die Erzeugnisse aus der inländischen Produktion und aus Einfuhren) der IOR vor. Diese müssen auf die veröffentlichten Angaben zur gesamten Verwendung von chemischen Erzeugnissen in der IOT abgestimmt werden.

2.1.4 Sonderrechnung „Stahl“ (CPA 24.1-3)

In der Sonderrechnung „Stahl“ werden für die inländische Erzeugung und für die ausgewählten Herkunftsländer der Stahlimporte der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen berechnet beziehungsweise die vorhandenen Angaben aus verschiedenen Quellen gesammelt. Die Angaben zum Energieverbrauch werden einerseits bei der Berücksichtigung der Energie-Inputs des Stahlbereichs in den Herkunftsländern (bei der Berechnung der Leontief-Inversen), andererseits bei der Berechnung der Energiekoeffizienten berücksichtigt. Die Angaben zu den CO₂-Emissionen werden zur Berechnung der Emissionskoeffizienten verwendet.

Bei der Berechnung der Energie- und Emissionskoeffizienten der Herkunftsländer werden als Bezugsgröße zunächst die produzierten Stahlmengen herangezogen und die resultierenden Koeffizienten auf Deutschland (D = 100) normiert. Danach werden die Koeffizienten mit Hilfe des Produktionswertes in Deutschland entsprechend den Verhältnissen der Koeffizienten auf Basis der physischen Stahlproduktion auf Euro umgerechnet.

Die Angaben zum Energieeinsatz der Stahlindustrie werden den Energiebilanzen entnommen: für die europäischen Länder werden die europäischen Bilanzen benutzt, für die außereuropäischen Länder und die Schweiz werden die IEA-Angaben beziehungsweise die Angaben in der UN-Daten-bank (in natürlichen Mengeneinheiten) herangezogen.

Die Emissionswerte werden für die Annex I-Länder der Inventarberichterstattung entnommen, für Brasilien und China – wegen fehlender Emissionsangaben – auf Basis der Angaben zum Energieverbrauch geschätzt. Die Emissionskoeffizienten werden wie bei der Energie zunächst auf die produzierten physischen Stahlmengen bezogen und danach auf den monetären Produktionswert (von Deutschland) umgerechnet.

2.1.5 Sonderrechnung „Aluminium“ (CPA 24.42)

Die Herstellung von Aluminium erfordert einen hohen Energieaufwand. Dies betrifft sowohl die Herstellung von Tonerde als Ausgangsprodukt für die Herstellung von Primäraluminium – als auch die daran anschließende Elektrolyse. Die H.v. Sekundäraluminium aus Alu-Schrotten ist dagegen deutlich weniger – hier wird nur ca. 1/10 der Energie benötigt – energieintensiv.

In der Sonderrechnung wird in einem ersten Schritt der Produktionsbereich „Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen“ (WZ 24.4) in die Bereiche „Aluminiumherstellung und- Bearbeitung“ (WZ 24.42) und „sonstige NE-Metallindustrie“ (WZ 24.4 oh. 24.42) aufgeteilt. In einem zweiten Schritt werden Energie- und CO₂-Emissionskoeffizienten für die Herkunftsländer der Importe nach Deutschland ermittelt.

Der erste Berechnungsteil bezieht sich auf die inländischen Produktionsbereiche. Hier werden zunächst die Angaben aus der Kostenstrukturstatistik zu den beiden Wirtschaftsklassen berücksichtigt (Merkmale: Materialverbrauch, darunter Energieverbrauch, sonstige Vorleistungen, Bruttowertschöpfung, Netto-Produktionswert) und Vorgabewerte auf Basis der Produktionswerte für die beiden Produktionsbereiche bestimmt.

Ein wichtiger Berechnungsschritt ist die Bestimmung des Energieverbrauchs bei der Aluminiumherstellung. Dieser wird nach zwei Methoden berechnet: erstens anhand von monetären Angaben, auf Basis der Angaben aus der Kostenstrukturstatistik und von Durchschnittspreisen. Die mit Hilfe der Preisangaben ermittelten Angaben zum physischen Energieverbrauch der Aluminiumherstellung werden mit den Angaben für den Energieverbrauch der NE-Metallherstellung aus der Energieflussrechnung abgeglichen und der Energieverbrauch für die restliche NE-Metallherstellung bestimmt.

In einer zweiten Methode wird der Energieverbrauch der Aluminiumherstellung anhand von Angaben zur physischen Aluminiumproduktion – in der Unterteilung nach Primär-, Sekundäraluminium und Halbzeugherstellung – und von Angaben zum spezifischen Energieverbrauch auf Basis von Angaben aus der Prozesskettenanalyse (Öko-Institut) geschätzt. Die Ergebnisse der beiden Methoden werden verglichen und aufeinander abgestimmt. Dabei werden für die Energieträger „Gas“ und Heizöl“ die Angaben aus der PKA (unmittelbar) verwendet. Für „Elektrizität“ wird der über Kosten und Preise ermittelte Energieverbrauch – in Abstimmung mit den Ergebnissen der PKA – herangezogen.

Die Verwendung von Erzeugnissen der NE-Metallindustrie wird ebenfalls in zwei Teilbereiche untergliedert. Dabei werden die detaillierten Angaben zur Verwendung der Erzeugnisse aus der Gütermatrix herangezogen.

In einer zweiten Berechnung werden der Energiegehalt und der Emissionsgehalt der nach Deutschland importierten Aluminiumerzeugnisse nach Herkunftsländern bestimmt. Dabei wird sowohl die (physische) Herstellung von Aluminium und Aluminiumerzeugnissen in diesen Ländern, als auch die Einfuhr von Primär- und Sekundäraluminium – in physischen Einheiten – in diese Länder betrachtet. Die Angaben zur Einfuhr von Aluminium in diese Länder werden mit herangezogen, da diese Einfuhren mit zur Herstellung von Aluminiumhalbzeug dienen, die auch nach Deutschland importiert werden. In Folge dieser Herangehensweise wird der Energie- und der Emissionsgehalt der nach Deutschland importierten Aluminiumerzeugnisse nicht allein von den Produktionsverhältnissen im unmittelbaren Herkunftsland beeinflusst, sondern auch vom Umfang und der Art der Aluminiumimporte in dieses Herkunftsland.

Der Energiegehalt der Aluminiumherstellung und der Einfuhren in die Herkunftsländer wird anhand der physischen Produktions- und Importmengen von Primär- und Sekundäraluminium und von prozessspezifischen Angaben bestimmt. Aus den Produktions- und Importwerten wird das Aufkommen an Energie bestimmt. Bei der Berechnung der Energie- und Emissionskoeffizienten wird das Aufkommen auf den deutschen Produktionswert in physischen Einheiten normiert. Zuletzt werden die Koeffizienten – über den (deutschen) Produktionswert – in monetären Einheiten auf Euro umgerechnet.

2.1.6 Sonderrechnung „Landverkehr“: Untergliederung in „Eisenbahnverkehr“ und „sonstigen Landverkehr“

Der Eisenbahnverkehr umfasst den Personenverkehr im Eisenbahnfernverkehr (WZ 49.1) und den Gütertransport im Eisenbahnverkehr (49.2). Mit der neuen Wirtschaftszweigklassifikation 2008 (WZ 2008) wird damit der Orts- und Nahverkehr auf der Schiene vollständig der Personenbeförderung im Nahverkehr (WZ 49.3) zugeordnet. Die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen und die IOR haben sich in der Revision 2014 an diese Klassifikation angepasst.

Die beiden Teilbereiche unterscheiden sich insbesondere beim Energieeinsatz: während im Schienenverkehr neben Dieselkraftstoff überwiegend Elektrizität für Antriebszwecke verwendet wird, verbraucht der sonstige Landverkehr (WZ 49.3-5) überwiegend Kraftstoffe, aber auch Elektrizität – insbesondere bei der Personenbeförderung im Orts- und Nahverkehr. Der zweite Teilbereich, der „sonstige Landverkehr“ schließt auch den Transport in Rohrfernleitungen ein.

In der Sonderrechnung werden die Angaben zum Eisenbahnverkehr geschätzt und der zweite Teilbereich durch Abzug vom Ingesamt-Wert aus der IOT ermittelt. In Hinblick auf den Elektrizitätsverbrauch liegen Verbrauchsangaben zu den Teilbereichen des Eisenbahnverkehrs – Personenbeförderung im Regional- und U-, S-Bahnverkehr und in der Güterbeförderung – aus dem TREMOD-Modell vor²¹. Die Angaben zum Kraftstoffverbrauch des Landverkehrs werden aus der Energieflussrechnung entnommen. Diesen Angaben liegen detaillierte Berechnungen zum Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr nach Kraftfahrzeugarten und Produktionsbereichen (gewerblicher Verkehr, Werksverkehr, Individualverkehr der privaten Haushalte) zugrunde.²² Zu beachten ist dabei, dass die Transportbereiche in der VGR und UGR nach dem Inländerkonzept abgegrenzt sind. Dabei werden die gesamten Transportleistungen und der Kraftstoffverbrauch der inländischen Einheiten (Inländer) – im In- und Ausland – berücksichtigt, nicht jedoch die Transportleistungen der Gebietsfremden im Inland. Daher unterscheiden sich die Angaben zum Energieverbrauch des Straßenverkehrs, wie für die Luftfahrt und Schifffahrt, in der nationalen Energiebilanz von den Angaben der Energieflussrechnung.

In der Verwendungsrechnung der beiden Teilsektoren – Zeilen der IOT – werden die vorliegenden Angaben (Zeilen) aus der Gütermatrix genutzt, in der die beiden Teilbereiche getrennt nachgewiesen werden. Insbesondere werden die vorliegenden Angaben zu den Produktionswerten und den Ausgaben der privaten Haushalte in der Sonderrechnung berücksichtigt.

21 Transport- Emission Modell des IFEU-Instituts (Heidelberg). www.ifeu.de/?s=tremod&lang=de

22 Eine ergebnisorientierte detaillierte Darstellung der Kraftstoffberechnungen findet sich in folgendem Fachbericht: Transportleistungen und Energieverbrauch im Straßenverkehr 2005 – 2014 (Wiesbaden, April 2016): www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/_inhalt.html#sprg238692

2.1.7 Sonderrechnung „Schifffahrt“: Untergliederung in „Seeschifffahrt“ und „Binnenschifffahrt“

In einem ersten Schritt werden die Spalten der beiden Teilbereiche „See- und Küstenschifffahrt“ (WZ 50.1-2) und „Binnenschifffahrt“ (50.3.-4) gebildet. Dabei werden die Angaben aus der Gütermatrix zu den Produktionswerten und zu bedeutenden Inputs der Schifffahrt herangezogen.

Die wertmäßig bedeutendsten Inputs sind die „sonstigen Dienstleistungen“ (CPA 5222), darunter fallen vor allem die Dienstleistungen der Häfen, die Dienstleistungen der Schiffsmaklerbüros (CPA 5229.2) und die Erbringung von Transportleistungen – von Unterfrachtführern – für die Schifffahrt. Diese Inputs können teilweise direkt den beiden Teilbereichen, teilweise jedoch nur – proportional – mit den Anteilen der Produktionswerte, zugerechnet werden.

Die Unterteilung der Verwendung von Schifffahrtsleistungen (Zeilen) in die beiden Teilbereiche erfolgt anhand der detaillierten Angaben aus der Gütermatrix.

2.1.8 Sonderrechnung für drei energieintensive Branchen europäischer Länder

Für drei energieintensive Branchen, die Nahrungs- und Genussmittelindustrie, die Chemie und die Papierindustrie, werden für elf europäische Länder die Energieinputs aus den nationalen Energiebilanzen erfasst und in der regionalisierten Importrechnung verwendet. Die Energieinputs der Länder werden dabei auf das deutsche Produktionsniveau umgerechnet.

3 Aufbereitung der Außenhandelsdaten für die Energie- und Emissionsrechnung im erweiterten IO-Analysemodell

3.1 Berechnungskonzept

Für die Nutzung der Außenhandelsdaten in den Energie- und Emissionsrechnungen der UGR müssen diese in die Klassifikation des Güterverzeichnisses für Produktionsstatistiken (GP 2009) überführt werden. Dabei ist entsprechend der verwendeten Gliederung im IO-Analysemodell eine Gliederungstiefe auf Zwei-, Drei- oder Viersteller-Ebene des Warenverzeichnisses der Außenhandelsstatistik (WA) nötig.

Aus der Aufbereitung nach einzelnen Herkunftsländern liegen die Daten der Außenhandelsstatistik in GP-Viersteller-Gliederung vor (GP: Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken). Dabei werden die im Außenhandel gemeldeten Warennummern den entsprechenden Güterklassen zugerechnet. Es verbleibt jedoch ein „Restposten“ sonstiger Waren, der nicht eindeutig den GP-Vierstellern zugeordnet werden kann. Hierin enthalten sind unter anderem die Zuschätzungen des Außenhandels für Antwortausfälle in den einzelnen Warenkapiteln (Zweistellern), aber auch Waren, deren Zuordnung zu den GP-Vierstellern nicht eindeutig ist. Da für die weiteren Berechnungen eine vollständige und eindeutige Zuordnung zu GP-Zweistellern nötig ist, werden diese Positionen in Sonderrechnungen zugeordnet.

Auf GP-Viersteller Ebene werden die Daten in Mengen- und Werteinheiten für 17 Ursprungsländer erfasst (Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Italien, Japan, die Niederlande, Norwegen, Polen, Österreich, Russland, Schweden, die Schweiz, Spanien, Tschechien, das Vereinigte Königreich und die Vereinigten Staaten) und nach WA-Zwei- beziehungsweise Dreistellern aufbereitet.

Die aufbereiteten Daten werden in Ländertabellen eingestellt. Hier werden die Zuschätzungen und die verbleibenden, nicht-zuordenbaren, Waren – der „Restposten“ – aufgeteilt und zu den bestehenden Werten auf GP-Zweisteller-Ebene addiert. Zusätzlich werden die GP-Zweisteller um die mengenmäßigen Einfuhren von Energieprodukten (Kohlen, Erdgas, Erdöl, Mineralöle und Elektrizität) ergänzt. Die so ermittelten Angaben werden zur Weiterverarbeitung länderweise in die Analysedatei zu den Importen eingespeist.

Von den ermittelten Gesamtimporten je Land müssen sowohl die Re-Exporte als auch die Lohnveredelungen (Importe nach passiver Lohnveredelung, Importe zur aktiven Lohnveredelung), diese jedoch ohne Veredelungslohn, länderweise abgezogen werden (siehe auch Abschnitt 1.2.1 „Regionalisierung der Importe“ in der Beschreibung des IO-Analysemodells).

Die Re-Exporte der einzelnen Länder werden mit länder- und güterspezifischen Schlüsseln schätzungsweise berechnet. In den Fällen in denen keine länderspezifischen Annahmen hinsichtlich der Re-Exporte getroffen werden, wird der Anteil der gesamten Re-Exporte an den gesamten Einfuhren verwendet. Diese Anteile werden dann mit den jeweiligen Importwerten der Länder aus der Außenhandelsstatistik multipliziert und ein Schätzwert je Land ermittelt.

Für die Lohnveredelung liegt ein Insgesamt-Wert als Abzugsposten nach 88 Gütergruppen vor (2013: 45,7 Mrd. Euro). Die länderweise Aufteilung erfolgt wie bei den Re-Exporten anhand von güter- und länderspezifischen Anteilswerten. Die Festlegung der länderspezifischen Quoten erfolgt auf Basis einer Sonderauswertung des detaillierten Außenhandelsmaterials (Generalhandel) für das Berichtsjahr 2010 nach Einfuhrarten und Ländern. In diesem Material sind die Einfuhren zur aktiven und nach passiver Lohnveredelung mit speziellen Codes versehen. Der mit Abstand größte Abzugsposten ist die Lieferung von Flugzeugteilen aus Frankreich nach Deutschland für die Fertigung des Airbus.

Die Importe von Dienstleistungen müssen ebenfalls nach Ländern aufgeteilt werden. Hierfür werden die Angaben aus der IOT, die eine Aufteilung der Importe nach EU-Ländern und nicht-EU-Ländern enthält, und die detaillierten Angaben der Deutschen Bundesbank (BBk) zum Dienstleistungsverkehr der Bundesrepublik Deutschland mit dem Ausland (Zahlungsbilanzstatistik) herangezogen.

Der Dienstleistungsverkehr wird in der Statistik der BBk nach fünf Arten ausgewiesen:

- Reiseverkehr
- Transportleistungen
- Versicherungsdienstleistungen
- Finanzdienstleistungen und
- Übrige Dienstleistungen

Die Angaben erfolgen für 20 Länder beziehungsweise Ländergruppen und Kontinente. Diese Angaben ermöglichen eine Kontrolle der schätzungsweisen Zuordnung der Dienstleistungen nach Ländern. Eine weitere Abstimmgröße bilden die Angaben der IOT zu den EU-Importen. Davon ausgehend müssen schätzungsweise weitere Aufteilungen für die einzelnen erfassten EU-Länder erfolgen.

3.2 Datengrundlage und Genauigkeit

Tabelle 3.1 zeigt für das Berichtsjahr 2014 die Ausgangswerte der Außenhandelsstatistik und die Zuordnungen („Zuschätz“), die in der UGR für die 17 Ursprungsländer vorgenommen werden müssen. 5,5 % (49,6 Mrd. Euro von 910,1 Mrd. Euro) der Außenhandelswerte können nicht direkt GP-Vierstellern zugeordnet werden. Darunter sind Zuschätzungen der Außenhandelsstatistik („Zuschätz1“) – 29,2 Milliarden Euro – die auf GP-Zweisteller-Ebene vorliegen. Für die restlichen Positionen – „Zuschätz“ 2 und 3 – wurden anhand interner Schlüssel aus der Input-Output-Rechnung Zuordnungen zu GP-Zweistellern vorgenommen. „Zuschätz3“ enthält Warenpositionen aus der Außenhandelsstatistik, wie zum Beispiel Abfälle, die nicht im Warenverzeichnis für das Verarbeitende Gewerbe enthalten sind und mit den Dienstleistungsimporten auf die Länder aufgeteilt werden. Die verbleibenden Werte („Rest“) enthalten zu einem großen Teil nicht-zuordenbare Waren, wie die Rückwaren, die in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen nicht in den Importen enthalten sind.

Durch die gütermäßig detaillierte Aufbereitung des Außenhandelsmaterials ergibt sich daher im Bereich der Waren eine sehr gute und genaue Zuordnung der Waren nach der Gütergliederung des IO-Analysenmodells und der gewählten Ursprungsländer.

Aufbereitung der Außenhandelsdaten

Tabelle 3.1
Importe 2014 nach Ursprungsländern

	Außenhandelswert (Waren)		Nicht direkt zuordenbar zu GP 4						Nicht zuordenbar	
	Mill. EUR	Anteil an allen Ländern in %	insgesamt	Zuschätz 1	Zuschätz 2	Zuschätz 3	Zuschätz 1+2+3	Rest	zusammen	darunter: Rückwaren
Frankreich	66 714	7,3	4 479	2 677	64	434	3 175	1 305	167	141
Niederlande	87 948	9,7	7 360	4 922	321	980	6 224	1 136	94	70
Italien	48 522	5,3	3 676	3 281	463	1 108	4 851	-1 176	318	249
Ver. Königreich . . .	38 621	4,2	-146	2 131	44	191	2 367	-2 513	243	238
Spanien	24 823	2,7	-93	1 067	151	698	1 916	-2 010	928	918
Schweden	14 789	1,6	1 281	794	51	57	902	379	91	91
Österreich	36 642	4,0	4 215	2 258	13	234	2 505	1 710	95	87
Belgien	39 507	4,3	2 622	1 799	120	567	2 487	136	134	93
Polen	40 468	4,4	3 348	2 281	369	498	3 148	200	64	57
Norwegen	17 782	2,0	129	65	113	156	334	-205	71	36
Tschechien	36 888	4,1	3 479	1 709	7	19	1 735	1 744	61	60
Schweiz	39 492	4,3	3 517	0	82	28	110	3 407	81	81
Russland	38 333	4,2	-287	65	75	829	969	-1 256	174	143
Vereinigte Staaten	49 222	5,4	2 793	460	53	967	1 480	1 312	696	689
China	79 828	8,8	4 271	604	8	373	985	3 286	195	194
Japan	19 007	2,1	842	196	261	688	1 145	-302	404	362
Brasilien	9 067	1,0	-418	194	202	1 124	1 520	-1 938	360	331
Rest der Welt	222 492	24,4	8 557	4 698	352	2 087	7 137	1 420	2 401	1 280
Alle Länder	910 145	100	49 625	29 202	2 748	11 038	42 988	6 637	6 577	5 120

Anteil am Außenhandelswert des jeweiligen Landes in %

Frankreich	100	X	6,7	4,0	0,1	0,6	4,8	2,0	0,3	0,2
Niederlande	100	X	8,4	5,6	0,4	1,1	7,1	1,3	0,1	0,1
Italien	100	X	7,6	6,8	1,0	2,3	10,0	-2,4	0,7	0,5
Ver. Königreich . . .	100	X	-0,4	5,5	0,1	0,5	6,1	-6,5	0,6	0,6
Spanien	100	X	-0,4	4,3	0,6	2,8	7,7	-8,1	3,7	3,7
Schweden	100	X	8,7	5,4	0,3	0,4	6,1	2,6	0,6	0,6
Österreich	100	X	11,5	6,2	0,0	0,6	6,8	4,7	0,3	0,2
Belgien	100	X	6,6	4,6	0,3	1,4	6,3	0,3	0,3	0,2
Polen	100	X	8,3	5,6	0,9	1,2	7,8	0,5	0,2	0,1
Norwegen	100	X	0,7	0,4	0,6	0,9	1,9	-1,2	0,4	0,2
Tschechien	100	X	9,4	4,6	0,0	0,1	4,7	4,7	0,2	0,2
Schweiz	100	X	8,9	0,0	0,2	0,1	0,3	8,6	0,2	0,2
Russland	100	X	-0,7	0,2	0,2	2,2	2,5	-3,3	0,5	0,4
Vereinigte Staaten	100	X	5,7	0,9	0,1	2,0	3,0	2,7	1,4	1,4
China	100	X	5,4	0,8	0,0	0,5	1,2	4,1	0,2	0,2
Japan	100	X	4,4	1,0	1,4	3,6	6,0	-1,6	2,1	1,9
Brasilien	100	X	-4,6	2,1	2,2	12,4	16,8	-21,4	4,0	3,6
Rest der Welt	100	X	3,8	2,1	0,2	0,9	3,2	0,6	1,1	0,6
Alle Länder	100	X	5,5	3,2	0,3	1,2	4,7	0,7	0,7	0,6

Zuschätz 1: Zuschätzungen des Außenhandels auf WA-Zweisteller-Ebene.

Zuschätz 2: Zuordnung von nicht-zugeordneten WA-Positionen (GP05-32).

Zuschätz 3: sonstige Waren wie Abfälle, Waren des Verlagswesens.

4 Energie- und CO₂-Koeffizienten für Deutschland und die Herkunftsländer der Importe nach Deutschland

Die Ergebnisse der Berechnungen zum Energie- und CO₂-Gehalt von Gütern werden durch die Höhe der Energie- beziehungsweise CO₂-Koeffizienten der Produktionsbereiche beeinflusst. Diese müssen in dem regionalisierten IO-Modell für alle explizit erfassten Länder beziehungsweise Ländergruppen berechnet werden. In der folgenden Beschreibung wird die Koeffizientenberechnung für folgende Länder beziehungsweise Ländergruppen dargestellt: Deutschland, ausgewählte europäische Länder (12 Länder), ausgewählte außereuropäische Länder (fünf Länder), restliche Länder.²³

Bei der Berechnung der Koeffizienten werden der Energieverbrauch²⁴ beziehungsweise die CO₂-Emissionen eines Produktionsbereiches zum monetären Produktionswert dieses Produktionsbereiches in Beziehung gesetzt. Bei den Energiebereichen wird im hybriden Modell statt des monetären Produktionswerts der physische Output der Energiebereiche (Energiegewinnung und Umwandlungsbereiche) – in Terajoule – herangezogen.

4.1 CO₂-Koeffizienten

Deutschland

Die CO₂-Koeffizienten für Deutschland werden für das Inland auf Basis des emissionsrelevanten Energieverbrauchs und der Emissionsfaktoren für einzelne Energieträger für Produktionsbereiche bestimmt. Der emissionsrelevante Energieverbrauch für die Produktionsbereiche wird in den Energieflussrechnungen der UGR anhand der Angaben zum Energieverbrauch von emissionsrelevanten Energieträgern und zusätzlichen Angaben des Umweltbundesamts (UBA) in der Inventarberichterstattung der Treibhausgase (NIR) berechnet. Mit Hilfe von Emissionsfaktoren für einzelne Energieträger werden die Emissionen für die Produktionsbereiche berechnet. Diese Berechnungen führen teilweise zu Abweichungen zu den Berechnungen auf Basis der Angaben aus der Berichterstattung des NIR. Ursache hierfür sind die verschiedenen gegliederten Ausgangswerte für den emissionsrelevanten Energieverbrauch die in der Zuordnung nach Produktionsbereichen zu nicht vollständig übereinstimmenden Ergebnissen führen.

Im NIR werden die Emissionen im CRF (Common Reporting Format) zu den inländischen Bunkerungen der Luftfahrt und der Schifffahrt nur nachrichtlich ausgewiesen. Im IO-Modell werden diese dagegen entsprechend dem Inländerkonzept bei den direkten Emissionen miteinbezogen. Außerdem werden im IO-Modell die Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse berücksichtigt, die im NIR ebenfalls nur nachrichtlich aufgeführt werden. Während im NIR die Emissionen auf das nationale Territorium bezogen sind, werden im IO-Modell bei den Berechnungen im Transportsektor auch die Emissionen der Gebietsansässigen im Ausland berücksichtigt. Dagegen bleiben – im Unterschied zum NIR – in den UGR die Betankungen und Emissionen der Gebietsfremden im Inland unberücksichtigt.

23 Weitere methodische Erläuterungen zur Berechnung von Energie- und CO₂-Koeffizienten für Input-Output-Analysen befinden sich in dem Diskussionspapier Mayer, H. (2015) „Umweltökonomische Analysen im Bereich der Energie und zu Kohlendioxidemissionen“. Wiesbaden www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/Publikationen/Downloads-Material-und-Energiefluesse/oekon-analysen-bereich-energy-5851001159004.html

24 Die Berechnung des Energieverbrauchs in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen ist umfassend dargestellt in Mayer, H. (2006): Energieberechnungen in den Umweltökonomischen Gesamtrechnung. Wiesbaden [www.destatis.de/GPstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEMonografie_derivate_00001585/EnergieberechnungMethoden\[1\].pdf](http://www.destatis.de/GPstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEMonografie_derivate_00001585/EnergieberechnungMethoden[1].pdf)

Tabelle 4.1

CO₂-Emissionen nach dem Konzept der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) und des nationalen Treibhausinventars (NIR) am Beispiel des Jahres 2013

Nr.	Merkmale	2013
		Mill. t
1	Private Haushalte	226
2	Produktionsbereiche	775
3=1+2	Insgesamt (UGR)	1 000
4	Emissionen aus Biomasse	102
5=6+7	Emissionen aus Bunkerungen von Schifffahrt und Luftfahrt ¹	54
6	Emissionen aus Bunkerungen d. inl. Schifffahrt ¹	26
7	Emissionen aus Bunkerungen d. inl. Luftfahrt ¹	27
8	Saldo der CO ₂ -Emissionen des Straßenverkehrs ²	14
9	Sonstige Abweichungen/Stat. Differenz	-5
10=3-4-5-8-9	Insgesamt (NIR³) ohne LULUC, ohne Biomasse ⁴	836

1 Im In- und Ausland.

2 Emissionen der nicht ansässigen Produktionseinheiten im Inland abzüglich der Emissionen der im Inland ansässigen Produktionseinheiten in der übrigen Welt.

3 Der National Inventory Report (NIR) ist die jährliche Bilanzierung der Treibhausgasemissionen im Rahmen der Klimarahmenkonvention/des Kyoto-Protokolls.

4 Nationales Treibhausinventar, Berichterstattung 2016.

Nach dem Konzept der UGR gab es im Jahr 2013 insgesamt 1 000 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen, davon entfielen 226 Millionen auf die privaten Haushalte, 775 Millionen Tonnen auf die Produktionsbereiche. Um den Wert des NIR (836 Mill. Tonnen) zu erreichen, müssen die Werte für Biomasse, der Bunkerungen sowie das Saldo des Straßenverkehrs subtrahiert werden. Sonstige Abweichungen beziehungsweise statistische Differenzen ergeben sich hauptsächlich bei der Berechnung der Biomasse und der Bunkerungen aufgrund der unterschiedlichen Tiefe der Produktionsbereiche bei der Herleitung der CO₂-Emissionen.

Bei den Emissionen wird im NIR zwischen „energiebedingten“ und „prozessbedingten“ Emissionen unterschieden. Die energiebedingten Emissionen umfassen circa 85 % der gesamten Emissionen und entstehen bei der Verbrennung fossiler Energieträger, wie Kohle und Gas. Prozessbedingte Emissionen werden durch chemische Reaktionen im Produktionsprozess bei der Produktion bestimmter Produkte, wie Aluminium, Zementklinker oder Kalk freigesetzt. Diese Unterscheidung der Emissionen wird auch in der UGR übernommen.

Die Emissionen der Berichtsjahre 2008 bis 2014 wurden im IO-Modell mit dem Berichtsstand des NIR für das Jahr 2016 abgeglichen.

Energie- und CO₂-Koeffizienten

Tabelle 4.2
Energie- und CO₂-Koeffizienten im IO-Analysemodell

Produktionsbereiche	Deutschland (D)	Ausgewählte europäische Länder ¹	Ausgewählte außereuropäische Industrieländer ²	Restl. Länder
Energiekoeffizienten				
Energiebereiche ³	EB	EB	EB	D
Industriebereiche				
Aluminium, Stahl	SR	SR	SR	D
Ausgewählte Bereiche ⁴	EB	EB	D	D
Übrige Industriebereiche	EB	D	D	D
Landwirtschaft	SR	SR	D	D
Transportbereiche				
Landverkehr	SR	D	D	D
Schifffahrt	SR	D	D	D
Luftfahrt	–	D	(D)	(D)
Übrige Dienstleistungen	–	D	(D)	(D)
CO₂-Koeffizienten				
Energiebereiche ³	EB	EB	EB	D
Industriebereiche				
Aluminium, Stahl	SR	SR	SR	D
Übrige Industriebereiche	SR	ESTAT	D	D
Transportbereiche				
Landverkehr	–	D	D	D
Schifffahrt	SR	D	D	D
Luftfahrt	SR	ESTAT	(D)	(D)
Übrige Dienstleistungen	SR	ESTAT	(D)	(D)

1 Ausgewählte europäische Länder: Belgien, Frankreich, Italien, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweiz, Schweden, Spanien, Tschechien, Polen.

2 Ausgewählte außereuropäische Länder: Brasilien, China, Japan, Russland, Vereinigte Staaten.

3 Energiebereiche: WZ 05.1, 05.2, 06,19.1, 19.2, 35.1, 35.2, 35.3.

4 Ausgewählte Industriebereiche: WZ10-12, 13-15, 156,17,20.1, 23.29, 24.1-3, 24.42, 28, 29.

EB = Energiebilanz

SR = Sonderrechnung

() = Mit Abgleich CREEA

4.1.1 Ausgewählte europäische Länder

Für die im IO-Modell explizit berücksichtigten europäischen Länder (Belgien, Frankreich, Italien, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechien, Vereinigtes Königreich, Polen) liegen aus der EU-Erhebung zu den Luftemissionen Daten nach 60 Produktionsbereichen (A60) vor. Aus der Eurostat Datenbank werden für die europäischen Länder die Angaben zu den Produktionswerten der Produktionsbereiche entnommen. Mit Hilfe dieser Angaben werden die Koeffizienten berechnet. Nach Berechnung der CO₂-Koeffizienten werden diese einer Plausibilisie-

rung unterzogen. Dabei werden die Abweichungen zu den deutschen Koeffizienten und die Veränderung zum Vorjahreswert geprüft. Bei übergroßen Abweichungen wird der unplausible Wert entweder durch den deutschen Koeffizienten oder den Vorjahreswert ersetzt. Bei Ländern, für die wegen fehlender Angaben im EU Fragebogen keine Koeffizienten berechnet werden können, werden Koeffizienten eines ähnlich strukturierten Landes übernommen.

Obwohl die europäische Erhebung zu den Treibhausgasemissionen mit einem einheitlichen Fragebogen und Methodenhandbuch stattfindet, sind die Voraussetzungen in den Ländern zur Berechnung der CO₂-Emissionen nach Wirtschafts- beziehungsweise nach Produktionsbereichen unterschiedlich. Über die Qualität der gemeldeten Daten kann unsererseits keine Aussage gemacht werden. Eine alternative Quelle, die Emissionen nach Wirtschaftsbereichen zur Verwendung in der IOA bereitstellt, ist uns nicht bekannt.

Für die Energiebereiche, sowie für die Aluminium- und Stahlindustrie, werden Sonderrechnungen auf Basis von physischen Angaben zu den Energieinputs und zur physischen Produktion durchgeführt (siehe dazu Methodenbeschreibung „Sonderrechnungen“, dort die Kapitel 1. Energiebereiche, 1.2.2. Sonderrechnung „Stahl“, 1.2.3. Sonderrechnung „Aluminium“).

4.1.2 Ausgewählte außereuropäische Industrieländer

Für die außereuropäischen Länder (Brasilien, China, Japan, Russland, Vereinigte Staaten) werden – bis auf die Energiebereiche, die Aluminium- und die Stahlindustrie – zunächst deutsche Koeffizienten zugeordnet. Durch eine Vergleichsanalyse werden sukzessive deutsche Koeffizienten durch Koeffizienten aus dem CREEA Projekt (Compiling and Refining of Economic and Environmental Accounts) ersetzt. Bei CREEA wurden auf Grund des multiregionalen Ansatzes Koeffizienten für eine Vielzahl von Ländern und Sektoren bestimmt. Die relative Höhe der plausibilisierten CO₂-Koeffizienten in Bezug auf Deutschland wird auch auf die Energiekoeffizienten übertragen. Da es sich bei dem IO-Modell der UGR um ein erweitertes regionalisiertes Modell handelt, das seinen Schwerpunkt auf die Berücksichtigung europäischer Länder hat und nur wenige außereuropäische Länder einbezieht, erscheint es sinnvoll Daten für außereuropäische Staaten aus einem multiregionalen Modell zu verwenden, das auf aufwändig ausgewerteten internationalen Daten basiert.

4.1.3 Restliche Länder („Rest der Welt“)

Die Position „restliche Länder“ erhält zum Teil CO₂-Koeffizienten von Deutschland beziehungsweise von modifizierten Koeffizienten, die durch den Abgleich mit CREEA bestimmt wurden.

4.2 Plausibilität der Daten am Beispiel der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung

Tabelle 4.3 zeigt den Anteil der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung an den Emissionen insgesamt. In den Jahren 2008 bis 2015 betrug dieser Anteil für die Summe aller Länder ca. ein Drittel. Der Anteil variiert – je nach Land und Jahr – zwischen knapp 1 % (Norwegen 2008) und 49,3% (China 2008). Die unterschiedlichen Anteile der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung an den gesamten Emissionen der Länder hängen mit den eingesetzten Energieträgern zusammen. Diese Zusammenhänge spiegeln sich in den jeweiligen Energiebilanzen der Länder wider, die zur Bestimmung der CO₂-Koeffizienten herangezogen wurden. Daher beruht die Berechnung der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung auf zuverlässigen Quellen und die Ergebnisse für die CO₂-Emissionen in diesem wichtigen Produktionsbereich dürften eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen.

Energie- und CO₂-Koeffizienten

Tabelle 4.3
Anteile der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung

	2008	2010	2012	2013	2014 ¹
CO₂-Emissionen der Stromerzeugung					
1 000 t					
Polen	9 831	10 098	10 953	12 194	13 241
China	15 659	15 259	13 550	12 603	13 034
Niederlande	12 355	11 121	10 579	9 237	10 401
Tschechien	— ²	12 074	11 196	11 385	10 150
Vereinigte Staaten	11 856	8 784	8 037	8 250	8 324
Vereinigtes Königreich	8 887	6 091	6 608	6 051	6 743
Italien	7 768	6 629	7 029	6 220	6 562
Russland	6 426	4 555	4 783	6 121	6 022
Österreich	5 622	4 725	4 550	3 649	4 027
Belgien	4 893	4 077	4 150	3 005	3 323
Japan	3 614	2 332	3 093	2 820	2 861
Frankreich	3 692	3 494	2 894	2 330	2 773
Spanien	3 665	2 391	2 830	1 940	2 332
Schweden	1 032	1 302	890	834	879
Schweiz	— ²	520	629	573	582
Brasilien	458	388	497	503	547
Norwegen	28	94	71	72	83
Rest der Welt	53 869	56 049	65 633	59 949	50 391
Alle Länder	149 656	149 984	157 971	147 739	142 277
Anteil der Emissionen aus der Stromerzeugung an den Emissionen insgesamt					
%					
Tschechien	— ²	56,0	54,1	52,9	50,4
Polen	43,7	45,1	44,8	45,7	43,1
China	49,3	37,4	35,3	34,2	36,4
Japan	37,1	24,9	35,4	33,9	34,3
Vereinigte Staaten	41,7	34,5	33,2	32,3	33,4
Vereinigtes Königreich	36,2	30,8	31,9	29,5	31,9
Niederlande	31,6	30,3	30,1	27,5	30,7
Italien	37,2	32,6	32,0	29,0	30,5
Spanien	38,6	27,9	31,9	24,0	26,6
Österreich	28,9	26,9	24,6	20,9	23,7
Belgien	23,8	21,8	23,6	17,7	21,4
Russland	22,7	16,4	18,7	20,8	20,9
Schweden	15,2	21,5	16,5	14,8	15,6
Brasilien	11,6	9,5	9,8	12,2	11,7
Frankreich	12,1	12,8	11,1	8,6	10,8
Schweiz	— ²	6,1	7,1	6,4	6,8
Norwegen	0,6	2,0	4,5	1,6	1,6
Rest der Welt	41,3	40,1	41,2	40,8	39,9
Alle Länder	34,7	32,7	33,3	31,9	32,2

1 Vorläufige Angaben.

2 Werte für Tschechien und Schweiz erst ab 2010 verfügbar.

4.3 Energiekoeffizienten

4.3.1 Energiebereiche

Für die Energiebereiche (Stromerzeugung, Heizwerke, Kokereien, Raffinerien, Kohlenbergbau: Steinkohle und Braunkohle, Erdöl und Erdgasgewinnung) werden der physische Input (Umwandlungseinsatz und Eigenverbrauch) und Output (in Terajoule) aus den Energiebilanzen²⁵ entnommen und (Primär-) Energiekoeffizienten berechnet. Die Quelle für die Energiebilanz für Deutschland ist die AG-Energiebilanzen, für die europäischen Länder die von EUROSTAT²⁶ veröffentlichten Bilanzen, für die außereuropäischen Länder, die Energiebilanzen, die von der OECD/IEA²⁷ veröffentlicht werden.

Tabelle 4.4
Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) 2012

Gegenstand der Nachweisung	Deutschland ¹	Schweden	China ¹	Russland	Vereinigte Staaten
Petajoule					
Output insgesamt	2 770	194	21 356	5 576	1 669
Stromerzeugung	2 267	58	17 945	2 583	1 168
Wärmeerzeugung	502	136	3 411	2 992	501
Umwandlungseinsatz	5 618	226	47 170	10 038	2 674
Stromerzeugung	5 061	77	42 308	6 028	2 085
Wärmeerzeugung	556	149	4 862	4 009	589
Wirkungsgrad (Output je Einsatz) in %					
Insgesamt	49,3	86,1	45,3	55,5	62,4
Stromerzeugung	44,8	76,0	42,4	42,9	56,0
Wärmeerzeugung	90,3	91,3	70,2	74,6	85,0
Primärenergiekoeffizient²					
Stromerzeugung	1,31	0,83	1,43	1,32	1,44
Wärmeerzeugung	0,11	0,06	0,43	0,36	0,38

1 Elektrizitäts- und Wärmegewinnung in allen Anlagen.

2 Umwandlungseinsatz zzgl. Eigenverbrauch abzgl. Umwandlungsausstoß (alle Anlagen).

25 Die nationalen Energiebilanzen werden von der Arbeitsgemeinschaft (AG) Energiebilanzen e. V. herausgegeben. www.ag-energiebilanzen.de/

26 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: ec.europa.eu/eurostat/de/data/daTabellease

27 International Energy Agency: Energy Statistics, Energy Balances of OECD and Non-OECD Countries, verschiedene Jahrgänge. www.iea.org

Eine weitere statistische Quelle für die benötigten zusätzlichen Angaben, wie den Eigenverbrauch der einzelnen Energiebereiche, bildet die Datenbank der Statistischen Abteilung der Vereinten Nationen²⁸ (UN: Energy Statistics Data). Im Analysemodell werden die Elektrizitätsgewinnung und die Gewinnung von (Fern-)Wärme in getrennten Produktionsbereichen dargestellt. Für die Berechnung der Energie- und CO₂-Koeffizienten muss deshalb für die außereuropäischen Länder und die Schweiz eine Sonderrechnung für die KWK-Anlagen (engl. CHP: Combined Heat and Power) vorgenommen werden, da diese in den Energiebilanzen der IEA nicht aufgeteilt nachgewiesen werden. In dieser Sonderrechnung werden alle verfügbaren Angaben zur Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung und die Einsatzverhältnisse von Heizkraftwerken aus der UN Datenbank berücksichtigt.

4.3.2 Industriebereiche

Da die Gliederung des IO-Analyse Modells bei einigen Produktionsbereichen disaggregierter ist als in der monetären IOT, werden für die tiefer untergliederten Bereiche der chemischen Industrie (Grundstoffchemie, übrige Chemie), der Elektrizitäts- und Fernwärmeversorgung, des Landverkehrs (Schienenverkehr, übriger Landverkehr), der Schifffahrt (Hochsee- und Binnenschifffahrt) sowie für die Stahl- und Aluminiumindustrie Sonderrechnungen durchgeführt. In diesen Sonderrechnungen werden auch die Energie- und CO₂-Koeffizienten bestimmt. Für diese Bereiche liegen die Energieverbräuche größtenteils bereits aus den Energiegesamtrechnungen der UGR vor. Die dazugehörigen Produktionswerte können der tiefer gegliederten Aufkommensrechnung der Input-Output-Rechnung entnommen werden. Für die Aluminiumindustrie wurde mit Hilfe der Prozesskettenanalyse und von Angaben aus der Kostenstrukturerhebung eine Berechnung des Energieverbrauchs vorgenommen.

Für die europäischen Länder erfolgt für die Stahl- und Aluminiumindustrie eine gesonderte Berechnung für Energie- und CO₂-Koeffizienten. Um den Energieverbrauch der Aluminiumindustrie in den einzelnen Ländern zu bestimmen, wird das physische Aufkommen (Produktion und Einfuhr) an Aluminium berechnet. Bei der Produktion wird zwischen der Primär- und Sekundäraluminiumherstellung unterschieden. Zusätzlich zur Produktion werden hier auch die importierten Mengen an Primär- und Sekundäraluminium berücksichtigt. Der Energieverbrauch für die Aluminiumproduktion und das Aufkommen werden mit Hilfe der Prozesskettenanalyse bestimmt. Zur Berechnung des CO₂-Ausstoßes werden die Emissionsfaktoren des internationalen Aluminium-Instituts für einzelne Ländergruppen herangezogen²⁹. Um einen Niveaufaktor für Energieverbrauch und CO₂-Emissionen zu erhalten, werden die landesspezifischen Energieverbräuche beziehungsweise Emissionen mit Deutschland verglichen. Diese Relation wird auf die deutschen Koeffizienten mit der monetären Bezugsgröße „Produktion in Mill Euro“ angewandt und damit nationale Koeffizienten berechnet.

Ein vergleichbarer Berechnungsansatz wird auch bei der Bestimmung der Energiekoeffizienten für die Stahlindustrie der europäischen und außereuropäischen Länder angewandt. Die physische Rohstahlerzeugung (Quelle: Steel Statistical Yearbook) wird mit den Energieverbräuchen, die aus den Energiebilanzen stammen, in Verbindung gebracht. Die CO₂-Emissionen der Stahlindustrie (prozessbedingte – CRF 1A2a, energiebedingte – CRF 2C1) werden der UNFCCC (United Nations Framework Convention for Climate Change)³⁰ Berichterstattung entnommen.

Im Verarbeitenden Gewerbe werden – für die getrennt nachgewiesenen europäischen Länder – für ausgewählte Industriebereiche (Grundstoffchemie, Glas/Keramik, Ernährungsgewerbe, Textil- und Bekleidungsindustrie, Papierindustrie, Holzindustrie, Maschinenbau und Kraftwagen/ Kraftwagenteile) die Energiekoeffizienten anhand der

28 United Nations Statistics Division: Energy Statistics Data.
data.un.org/Explorer.aspx?d=EDATA

29 www.worldaluminium.org/

30 <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/ghg-data-unfccc/ghg-data-from-unfccc>

Angaben zu den Energieverbräuchen in den nationalen Energiebilanzen berechnet. Die entsprechenden Produktionswerte der Wirtschaftsbereiche werden der Eurostat-Datenbank entnommen.

4.3.3 Transportbereiche

Bei der Darstellung im IO-Modell wird der Transportbereich in die Teilbereiche Schienenverkehr (WZ 49.1 - 2), sonstiger Landverkehr (WZ 49.3 - 5), See- und Küstenschifffahrt (WZ 50.1/2), Binnenschifffahrt (WZ 50.3/4) und Luftverkehr (WZ 51) unterteilt.

Die Energie- und CO₂-Koeffizienten des Schienenverkehrs (WZ 49.1/2) und des sonstigen Landverkehrs (WZ 49.3) werden für Deutschland in einer Sonderrechnung berechnet. Dabei werden die Energieverbräuche für den Personen- und Güterverkehr für Straße und Bahn getrennt berücksichtigt. Die Berechnung der Energieverbräuche erfolgt disaggregiert nach Teilsektoren. Bei der Personenbeförderung auf der Straße wird zwischen Öffentlichem Personennahverkehr sowie Taxis und Bussen unterschieden. Entsprechend sind Energieverbräuche für Strom, Diesel oder Benzin zu berücksichtigen. Beim Gütertransport auf der Straße wird zwischen dem Dieselverbrauch von Lastkraftwagen, Sattelzügen und leichten Nutzfahrzeugen unterschieden. Die entsprechenden Werte werden dem TREMOD-Modell des IFEU-Instituts entnommen und anschließend wieder zu den Insgesamt-Positionen „Personen- und Güterverkehr auf der Straße“ addiert. Der Wirtschaftszweig 49.3 enthält den Energieverbrauch zum Betrieb der innerdeutschen Pipelines.

Für den Eisenbahnverkehr (WZ 49.1-2) gilt eine ähnliche Vorgehensweise. Auch hier wird zwischen Personenbeförderung und Gütertransport und den verwendeten Energieträgern unterschieden. Grundlage dieser Berechnungen sind ebenfalls Angaben aus dem TREMOD-Modell.

Die Energieverbräuche werden zu den entsprechenden, disaggregierten Produktionswerten dieser Bereiche – aus der IOR – in Bezug gesetzt. Zur Berechnung der CO₂-Emissionen werden Emissionsfaktoren mit den disaggregierten Energieverbräuchen verknüpft. Die errechneten deutschen Koeffizienten für den Schienenverkehr und den sonstigen Landverkehr werden auf die europäischen und außereuropäischen Länder übertragen.

Für die Bereiche See- und Binnenschifffahrt werden ebenfalls auf Grund mangelnder Informationen für andere Länder die deutschen Energie- beziehungsweise CO₂-Koeffizienten verwendet. Für den Luftverkehr werden nationale Koeffizienten verwendet (siehe dazu auch die Ausführungen zur Bestimmung der CO₂-Koeffizienten für ausgewählte europäische und außereuropäische Länder und zur Berechnung internationaler Transportleistungen).

4.3.4 Übrige Dienstleistungsbereiche

Für Deutschland werden die Energiekoeffizienten für die übrigen Dienstleistungsbereiche auf Basis der Energiegesamtrechnungen der UGR und der entsprechenden Produktionswerte aus der Input-Output-Rechnung gebildet. Für die europäischen und außereuropäischen Länder werden diese Koeffizienten übernommen. In einigen wenigen Fällen werden diese Koeffizienten aus Konsistenzgründen auf die normierten CO₂-Koeffizienten angepasst.

4.3.5 Landwirtschaft

Für Deutschland wird der Energiekoeffizient der Landwirtschaft anhand der Energieberechnungen der UGR und des entsprechenden Produktionswertes aus der Input Output-Tabelle bestimmt. Für die europäischen Länder kann der Energieverbrauch für diesen Bereich den nationalen Energiebilanzen entnommen werden (siehe Tabelle 4.5).

Energie- und CO₂-Koeffizienten

Mit Hilfe der Produktionswerte aus der Eurostat Datenbank werden die Energiekoeffizienten bestimmt. Für die außereuropäischen Länder wird ein Koeffizient gewählt, der aus dem CREEA-Modell abgeleitet wurde.

Tabelle 4.5
Energieverbrauch und Bruttowertschöpfung der Landwirtschaft 2012

Gegenstand der Nachweisung	Deutschland	Frankreich	Italien	Niederlande
Petajoule				
Energieverbrauch	134	174	110	140
Elektrizität	18	29	21	27
Erdgas	6	9	5	89
Mineralölerzeugnisse	68	133	82	15
Sonstige Energieträger	42	3	1	8
Anteil am Energieverbrauch insgesamt in %				
Energieverbrauch	100	100	100	100
Elektrizität	13	17	19	19
Erdgas	4	5	5	64
Mineralölerzeugnisse	51	77	75	11
Sonstige Energieträger	31	1	1	6
Mill. EUR				
Bruttowertschöpfung (BWS)	19 104	34 078	31 698	10 225
Energie je BWS				
Megajoule/EUR	7,0	51	3,5	13,7
Deutschland = 100	100	73	49	195
Energiekoeffizient	3,59	2,61	1,77	7,01
CO₂-Koeffizient	0,31	0,12	0,10	0,30

5 Methanemissionen (CH₄) der inländischen Produktionsbereiche und nach Kategorien der Endverwendung (Emissionsgehalt der Importgüter)

Die Berechnung der Emissionen erstreckt sich auf zwei Bereiche: auf im Inland entstehende Emissionen (Haushalte und Produktionsbereiche) und auf Emissionen im Ausland bei der Herstellung der deutschen Importgüter. Zur Berechnung der Methanemissionen im In- und Ausland werden sowohl die tatsächlichen Emissionen als auch approximative Schätzungen herangezogen.

Die direkten inländischen Emissionen der Haushalte und der Produktionsbereiche werden von der UGR detailliert nach Produktionsbereichen auf Basis von Angaben des Umweltbundesamtes (Inventarbericht) berechnet und in Tonnen Methan (CH₄) bereitgestellt. Die Umrechnung der Tonnen Methan in Tonnen CO₂-Äquivalente erfolgt im Verhältnis 1:28³¹.

Den Angaben der Methan-Emissionen der Importe liegt eine approximative Berechnung zugrunde. In einer Sonderrechnung werden für ausgewählte Länder³² spezifische Emissionsfaktoren, basierend auf verfügbaren Emissionsangaben und Produktionswerten oder -mengen, berechnet. Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Produktionsbereiche mit dem größten Ausstoß an Methan. Dazu zählt neben dem Kohlebergbau und der Erdgasförderung die Landwirtschaft (Tierhaltung, Düngung und Reisanbau). Methanemissionen aus der Abwasser- und Abfallbeseitigung sind nicht in der Berechnung enthalten, da die Vermutung nahe liegt, dass es sich hierbei zum Großteil um Emissionen aus Hausmüll, Klär- und Müllverbrennungsanlagen handelt. Diese lassen sich nur zu einem sehr geringen Teil und unter großem rechnerischem Aufwand den deutschen Importgütern zurechnen.

Die ausgewählten Sektoren decken über die betrachteten Jahre ca. 80 % aller Methanemissionen der ausgewählten Länder ohne China und Brasilien ab. Werden die Emissionen aus der Abwasser- und Abfallbeseitigung nicht in der Gesamtsumme berücksichtigt, lassen sich den drei Sektoren sogar knapp 98 % der gesamten Methanemissionen zurechnen.

5.1 Datengrundlage zu den Emissionen im Ausland

Der Methanausstoß in den jeweiligen Ländern wurde auf Basis verschiedener Datensätze errechnet. Die Daten zu den Methanemissionen in den ausgewählten, oben genannten Sektoren wurden aus den jährlichen Inventarberichten der Länder entnommen. Diese sind bis zum Berichtsjahr t-2 für alle herangezogenen Länder außer Brasilien und China auf der Website der UNFCCC zu finden.³³

Als Grundlage für die Berechnung der Methanemissionen der Landwirtschaft in Brasilien wurden die Werte der UNFCCC-Datenbank bis 2010 als auch der Biennial Update Report (BUR)³⁴ für 2012 verwendet. Aus den Daten der UNFCCC bis 2010 wurden durchschnittliche Anteile der ausgewählten Sektoren an den gesamten Methanemissionen ermittelt. Um die Emissionen der einzelnen Sektoren für 2012 zu ermitteln, wurden diese Anteile auf den Gesamtwert aus dem BUR für 2012 angesetzt. Für 2011,

31 IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013. Gültig ab 2013. Bis 2012 wurde der Faktor 1:25 des vorangegangenen IPCC-Reports verwendet.

32 Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Italien, Japan, die Niederlande, Norwegen, Polen, Österreich, Russland, Schweden, die Schweiz, Spanien, Tschechien, das Vereinigte Königreich und die USA

33 unfccc.int/ghg_data/items/3800.php

34 unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/reporting_on_climate_change/items/8722.php; Stand 03/17

2013 und 2014 liegen für Brasilien keine Daten der UNFCCC vor. Daher wurden für diese Jahre die Emissionsdaten der FAO³⁵ herangezogen. Bei den fehlenden Jahren wurden die FAO-Daten mit einem Aufschlag versehen. Der Vergleich der UNFCCC und der FAO-Daten für Deutschland ergab für 2011, 2013 und 2014 Abweichungen zwischen 10,8 und 11,9 %. Diese Aufschläge wurden auf Brasilien übertragen. Diese Methode wurde nur für die Emissionen aus der Landwirtschaft angewandt.

Die Berechnung der Methanemissionen der Landwirtschaft in China basiert auf Daten aus dem BUR 2017, der FAO und der Weltbank. Zuerst wurde der Emissionsanteil der Landwirtschaft an den gesamten chinesischen Methanemissionen laut BUR 2017 für das Jahr 2008 ermittelt. Dieser Anteil wurde dann auf die Daten der Weltbank³⁶ zu Methanemissionen in China für die Jahre 2009 bis 2012 angewandt. Für 2013 und 2014 wurde auf die Veränderungsrate der FAO-Daten zu Methanemissionen der Landwirtschaft in China zurückgegriffen. Mit Hilfe dieser Veränderungsraten wurden die zuvor ermittelten Werte für die fehlenden zwei Jahre fortgeschrieben.

Der Methanausstoß des Kohlenbergbaus und der Erdgas- und Erdölförderung in China wurde mit dem gleichen Ansatz ermittelt. Als Basis diente die Verteilung der Emissionen aus der Energieträgergewinnung am gesamten Emissionsausstoß im Energiebereich laut BUR 2017. Die ermittelten Anteile wurden auf die Emissionsdaten der Weltbank in diesen beiden Sektoren bis 2012 angewandt. Für 2013 und 2014 liegen keine Daten für China vor.

5.2 Berechnung Emissionskoeffizienten im Ausland

Zur Berechnung der Emissionskoeffizienten für die beiden Sektoren Kohlenbergbau und Öl- und Gasgewinnung wurde für alle Länder der ermittelte Methanausstoß (in 1000 t CO₂ eq) je Sektor ins Verhältnis zur jeweiligen Produktion des Sektors (in Tj) gesetzt. Die Produktionsmengen der europäischen Länder stammen aus den Energiebilanzen des Europäischen Statistikamtes (Eurostat). Die Produktionsmengen der restlichen sechs Länder (China, Japan, Russland, Schweiz, Vereinigte Staaten, Brasilien) wurden der UN-Datenbank³⁷ entnommen.

Für die Berechnung der Emissionskoeffizienten in der Landwirtschaft wurden die jeweiligen Bruttoproduktionswerte verwendet. Die Produktionswerte der europäischen Länder stammen von Eurostat³⁸. Für die Produktionswerte in der Landwirtschaft der außereuropäischen Länder wurden die jährlichen Produktionswerte der FAO verwendet. Da der Methanausstoß in der Landwirtschaft hauptsächlich auf Produkte tierischen Ursprungs, insbesondere der Wiederkäuer, und den Reisanbau zurückzuführen ist, wurden bei den Produktionswerten ausschließlich diejenigen für Produkte von Wiederkäuern und für Reis verwendet.

35 www.fao.org/faostat/en/#compare; Stand 09/17

36 data.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators; Stand 09/17

37 data.un.org/Data.aspx?d=EDATA&f=cmlID%3aCL%3btrID%3a01; Stand 09/17

38 Tabelle [aact_eaa01]

Tabelle 5.1
Berechnung des Emissionskoeffizienten der Landwirtschaft (Vereinigte Staaten)

Bezeichnung	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Methan-EM der LW .	kt CO ₂ eq	276 651	277 856	279 479	275 831	273 268	269 216	267 346
PW Wiederkäuer & Reis	Mill. EUR	27 613	19 379	25 955	32 885	30 677	31 834	43 663
EM-Koeff. LW	$\frac{\text{kt CO}_2\text{eq}}{\text{Mill. EUR}}$	10,0	14,3	10,8	8,4	8,9	8,5	6,1

Zur Berechnung des chinesischen Emissionskoeffizienten für Methan in der Landwirtschaft wurde nur das chinesische Festland herangezogen. Dies liegt an der eingeschränkten Datenverfügbarkeit zu Emissionen für ganz China. Es ist aber davon auszugehen, dass in den anderen, mit Abstand kleineren Teilen Chinas vergleichbare Emissionskoeffizienten gelten.

Die fehlenden Emissionskoeffizienten der Sektoren Kohlenbergbau und Erdöl-/Erdgasgewinnung für China und Brasilien wurden wie folgt ermittelt. Für 2011 wurde für Brasilien der Durchschnitt aus 2010 und 2012 gebildet. Für die Jahre 2013 und 2014 wurden für China und Brasilien jeweils die Vorjahreswerte angesetzt.

Die Emissionskoeffizienten für den „Rest der Welt“ (RoW) ergeben sich als ungewichteter Durchschnitt der vorliegenden 17 Länderkoeffizienten je Sektor.

5.3 Berechnung des Emissionsgehaltes der Konsumgüter

Die ermittelten Emissionskoeffizienten wurden dann zur Berechnung des Methan-gehaltes der importierten Güter je Land beziehungsweise der RoW verwendet. Dabei wurden die errechneten Faktoren mit den länderspezifischen Importwerten (mit Produktionswertangaben aus den deutschen Input-Output-Tabellen für die importierten Güter der letzten Verwendung und der importierten Vorleistungen) kombiniert. Weitere Berechnungen erstreckten sich auf den CH₄-Gehalt der einzelnen Importkategorien, wie die Exporte (importierte Vorleistungen für die Herstellung der Exportgüter), die Konsumgüter sowie die Anlageinvestitionen (Ausrüstungen und Bauten). Die Berechnungen für die Inlandsnachfrage wurden nach den einzelnen Verwendungskategorien der letzten Verwendung durchgeführt. Weitere Details zu Berechnung des Treibhausgasgehaltes der importierten Güter sind in der Methodenbeschreibung 1.a „Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase“ im Abschnitt 1.2 zu finden. Die dort aufgeführten Berechnungen für CO₂ lassen sich analog auf Methan übertragen.

Der Emissionsgehalt der importierten landwirtschaftlichen Güter errechnet sich aus dem Emissionskoeffizient für landwirtschaftliche Güter und dem Wert der importierten tierischen Produkte (Wiederkäuer) und Reis. Diese wurden genauso wie für die anderen Konsumgüter je Land miteinander multipliziert. Die so ermittelten Emissionen wurden um den Emissionsgehalt der in Deutschland weiterverarbeiteten und dann exportierten Produkte (Re-Exporte) gekürzt. Die resultierenden Emissionen wurden anschließend den gesamten importierten Ernährungsgütern zugerechnet.

6 Lachgasemissionen (N₂O) der inländischen Produktionsbereiche und nach Kategorien der Endverwendung (Emissionsgehalt der Importgüter)

Zur Berechnung der Lachgasemissionen werden sowohl die tatsächlichen Emissionen als auch approximative Schätzungen herangezogen. Die Berechnung der Emissionen erstreckt sich auf zwei Bereiche, auf im Inland entstehende Emissionen (Haushalte und Produktionsbereiche) und auf Emissionen im Ausland bei der Herstellung der deutschen Importgüter.

Die direkten inländischen Emissionen der Haushalte und der Produktionsbereiche werden von der UGR detailliert nach Produktionsbereichen auf Basis von Angaben des Umweltbundesamtes (Inventarbericht) berechnet und in Tonnen Lachgas (N₂O) nachgewiesen. Die Umrechnung von Tonnen Lachgas in Tonnen CO₂-Äquivalente erfolgt im Verhältnis 1:265³⁹.

Den Angaben der Lachgasemissionen der Importe liegt eine approximative Berechnung zugrunde. In einer Sonderrechnung werden für ausgewählte Länder⁴⁰ spezifische Emissionsfaktoren, basierend auf verfügbaren Emissionsangaben und Produktionswerten, berechnet. Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Produktionsbereiche mit dem größten Ausstoß an Lachgas. Dazu zählen neben der Produktion von Energie und chemischen Stoffen die Landwirtschaft (Tierhaltung, Düngung und Reisanbau). Lachgasemissionen aus der Abwasser- und Abfallbeseitigung sind nicht in der Berechnung enthalten, da die Vermutung nahe liegt, dass es sich hierbei zum Großteil um Emissionen aus Hausmüll, Klär- und Müllverbrennungsanlagen handelt. Diese lassen sich nur zu einem sehr geringen Teil und unter großem rechnerischem Aufwand den deutschen Importgütern zurechnen.

Die ausgewählten Sektoren decken über die betrachteten Jahre circa 95 % aller Lachgasemissionen der ausgewählten Länder ohne China und Brasilien ab. Werden die Emissionen aus der Abwasser- und Abfallbeseitigung nicht in der Gesamtsumme berücksichtigt, lassen sich den drei Sektoren sogar knapp 99 % der gesamten Lachgasemissionen zurechnen.

6.1 Datengrundlage der Emissionskoeffizienten im Ausland

Zur Berechnung wird auf verschiedene Datensätze zugegriffen. Die Daten zu den Lachgasemissionen in den ausgewählten Sektoren können aus den jährlichen Inventarberichten der Länder entnommen werden. Diese sind bis zum Berichtsjahr t-2 für alle herangezogenen Länder außer Brasilien und China auf der Website der UNFCCC zu finden.⁴¹

Als Grundlage für die Berechnung der Lachgasemissionen der Landwirtschaft in Brasilien wurden die Werte der UNFCCC-Datenbank bis 2010 als auch der Biennial Update Report (BUR)⁴² für 2012 verwendet. Aus den Daten der UNFCCC bis 2010 wurden durchschnittliche Anteile der ausgewählten Sektoren an den gesamten Lachgasemissionen ermittelt. Um die Emissionen der einzelnen Sektoren für 2012 zu ermitteln, wurden diese Anteile auf den Gesamtwert aus dem BUR für 2012 angesetzt. Für 2011, 2013 und 2014 liegen für Brasilien keine Daten der UNFCCC zu Lachgasemissionen vor. Im Falle der Emissionen in der Landwirtschaft wurde für diese Jahre auf die Emissions-

39 IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013. Gültig ab 2013. Bis 2012 wurde der Faktor 1:298 des vorangegangenen IPCC-Reports verwendet.

40 Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Italien, Japan, die Niederlande, Norwegen, Polen, Österreich, Russland, Schweden, die Schweiz, Spanien, Tschechien, das Vereinigte Königreich und die USA

41 unfccc.int/ghg_data/items/3800.php

42 unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/reporting_on_climate_change/items/8722.php; Stand 03/17

daten der FAO⁴³ zurückgegriffen. Für die chemische Industrie und die Energieerzeugung konnten für die Jahre 2011, 2013 und 2014 keine Daten gefunden werden.

Die Berechnung der Lachgasemissionen in China basiert auf Daten aus dem BUR 2017, der FAO und der Weltbank. Zuerst wurde der Emissionsanteil des jeweiligen Sektors an den gesamten chinesischen Lachgasemissionen laut BUR 2017 für das Jahr 2008 ermittelt. Dieser Anteil wurde dann auf die Daten der Weltbank⁴⁴ zu den gesamten Lachgasemissionen in China für die Jahre 2009 bis 2012 angewandt. Um die Zeitreihe für die Landwirtschaft fortzuschreiben, wurde auf die jährlichen Veränderungsraten der FAO-Daten zu Lachgasemissionen der Landwirtschaft in China zurückgegriffen. Mit Hilfe dieser Veränderungsraten wurden die zuvor ermittelten Werte von 2012 an für die fehlenden zwei Jahre fortgeschrieben. Für die chemische Industrie und die Energieerzeugung liegen zum Lachgasausstoß in China keine Daten für die Jahre 2013 und 2014 vor.

6.2 Berechnung der Emissionskoeffizienten im Ausland

Zur Berechnung der Emissionskoeffizienten für den Sektor Energieerzeugung wurde für alle Länder der ermittelte Lachgasausstoß (in 1000 t CO₂eq) ins Verhältnis zur Produktionsmenge Strom und Wärme (in Tj) gesetzt. Die Produktionsmengen der europäischen Länder stammen aus den Energiebilanzen des Europäischen Statistikamtes (Eurostat). Die Produktionsmengen von Strom und Wärme der restlichen sechs Länder (China, Japan, Russland, Schweiz, Vereinigte Staaten, Brasilien) wurden den Energiebilanzen der IEA⁴⁵ entnommen.

Für die Berechnung der Emissionskoeffizienten in der chemischen Produktion und der Landwirtschaft wurden die jeweiligen Bruttoproduktionswerte herangezogen. Die Produktionswerte der europäischen Länder stammen von Eurostat⁴⁶. Die Produktionswerte der chemischen Produktion der anderen Länder wurden mit Ausnahme von China von der OECD-Datenbank⁴⁷ abgerufen. Die chinesischen Produktionswerte stammen aus dem Chinesischen Statistischen Jahrbuch. Für die Produktionswerte in der Landwirtschaft für außereuropäische Länder wurde der jährliche Produktionswert der FAO verwendet. Der Lachgasausstoß in der Landwirtschaft ist hauptsächlich auf die Düngung zurückzuführen. Da sowohl pflanzliche Produkte für den menschlichen Verzehr als auch Futtermittel für tierische Produkte gedüngt werden, wurde für die Berechnung der Koeffizienten der Produktionswert der gesamten Landwirtschaft herangezogen.

Tabelle 6.1

Berechnung des Emissionskoeffizienten der Landwirtschaft (Vereinigte Staaten)

Bezeichnung	Einheit	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Lachgas-EM der LW	kt CO ₂ eq	257 435	261 137	264 639	255 760	241 599	238 397	237 982
PW Landwirtschaft	Mill. EUR	148 208	131 726	171 187	197 191	201 213	187 427	208 803
EM-Koeff. LW	$\frac{\text{kt CO}_2 \text{ eq}}{\text{Mill. EUR}}$	1,7	2,0	1,5	1,3	1,2	1,3	1,1

43 www.fao.org/faostat/en/#compare; Stand 09/17

44 data.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators; Stand 09/17

45 www.oecd-ilibrary.org/energy/world-energy-statistics_25183885

46 Tabelle [nama_10_a64]

47 stats.oecd.org/; STAN Database, Stand 09/17

Zur Berechnung des chinesischen Emissionskoeffizienten für Lachgas in der Landwirtschaft wurde nur das chinesische Festland herangezogen. Dies liegt an der eingeschränkten Datenverfügbarkeit zu Emissionen für ganz China. Es ist aber davon auszugehen, dass in den anderen, mit Abstand kleineren Teilen Chinas vergleichbare Emissionskoeffizienten gelten.

Die fehlenden Emissionskoeffizienten der Sektoren Kohlebergbau und Erdöl-/Erdgasgewinnung für China und Brasilien wurden wie folgt ermittelt. Für 2011 wurde für Brasilien der Durchschnitt aus 2010 und 2012 gebildet. Für die Jahre 2013 und 2014 wurden für China und Brasilien jeweils die Vorjahreswerte angesetzt.

Die Emissionsfaktoren für den „Rest der Welt“ (RoW) ergeben sich als ungewichteter Durchschnitt der vorliegenden 17 Länderfaktoren je Sektor.

6.3 Berechnung des Emissionsgehaltes der Konsumgüter

Die ermittelten Emissionskoeffizienten wurden dann zur Berechnung des Lachgasgehaltes der importierten Güter je Land beziehungsweise der RoW verwendet. Dabei wurden die errechneten Faktoren mit den länderspezifischen Importwerten (mit Produktionswertangaben aus den deutschen Input-Output-Tabellen für die importierten Güter der letzten Verwendung und der importierten Vorleistungen) kombiniert. Weitere Berechnungen erstreckten sich auf den N_2O -Gehalt der einzelnen Importkategorien, wie die Exporte (importierte Vorleistungen für die Herstellung der Exportgüter), die Konsumgüter sowie die Anlageinvestitionen (Ausrüstungen und Bauten). Die Berechnungen für die Inlandsnachfrage wurden nach den einzelnen Verwendungskategorien der letzten Verwendung durchgeführt. Weitere Details zu Berechnung des Treibhausgasgehaltes der importierten Güter sind in der Methodenbeschreibung 1.a „Input-Output-Analysemodell für Energie und Treibhausgase“ im Abschnitt 1.2 zu finden. Die dort aufgeführten Berechnungen für CO_2 lassen sich analog auf Lachgas übertragen.

Der Emissionsgehalt der importierten landwirtschaftlichen Güter errechnet sich ebenfalls aus dem Emissionskoeffizient für landwirtschaftliche Güter und dem Wert der importierten landwirtschaftlichen Produkte. Diese wurden je Land miteinander multipliziert. Die so ermittelten Emissionen wurden dann den gesamten importierten Ernährungsgütern zugerechnet.

7 Systemgrenze: Erfassung von Bunkerungen in den UGR

Die Erfassung von Umweltbelastungen wird erheblich von der Wahl der „Systemgrenze“ beeinflusst. Es stehen zwei Erfassungskonzepte zur Auswahl – das „Territorialkonzept“ und das „Inländerkonzept“. Das Territorialkonzept erfasst Umweltbelastungen auf einem bestimmten Territorium, das Inländerkonzept die Umweltbelastungen in Zusammenhang mit den Aktivitäten der Inländer.

Die UGR lehnt sich bei der Wahl des Konzeptes an die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) an, das heißt in den Darstellungen dominiert die Erfassung der Umweltbelastungen der Inländer (Synonym für „Gebietsansässige“). In den VGR werden – in der Entstehungsrechnung des BIP – die wirtschaftlichen Tätigkeiten der inländischen Produktionsbereiche – im In- und Ausland erfasst. Dabei werden bei den Verkehrsbereichen (Schifffahrt, Luftfahrt, Landverkehr) auch deren (Transport-) Aktivitäten außerhalb des inländischen Territoriums miteinbezogen. In Bezug auf die privaten Haushalte wird in den UGR zwischen den (direkten) Umweltbelastungen der privaten Haushalte und den (indirekten) Umweltbelastungen in Zusammenhang mit den Konsumausgaben der privaten Haushalte unterschieden. Bei den direkten Aktivitäten wird auch das Inländerkonzept angewandt, bei den Konsumausgaben wird an die Darstellung in der Input-Output-Rechnung angeknüpft. In den Input-Output-Tabellen werden die Konsumausgaben im Inland abgebildet. Diese schließen die Reiseausgaben von Gebietsfremden ein, enthalten jedoch nicht die Reiseausgaben der Inländer im Ausland.

Die Abgrenzung der Transportaktivitäten hat Konsequenzen auf die Berechnungen des Kraftstoffverbrauchs und der Luftemissionen der Produktionsbereiche und der privaten Haushalte. In den Berechnungen werden wichtige Quellen, wie die nationale Energiebilanz und der Inventarbericht zu den Treibhausgasen, benutzt, die sich zum einen auf den Energieverbrauch auf dem Territorium, zum anderen auf die Emissionen in Deutschland beziehen. Daher sind differenzierte Berechnungen durchzuführen, die einerseits den Nachweis des Energieverbrauchs und der Luftemissionen nach dem Inländerkonzept, andererseits den Zusammenhang zu den Angaben mit dem Territorialbezug, ermöglichen. Dieser Nachweis erfolgt durch die Berechnung der sogenannten „Bunkerungspositionen“.

7.1 Kraftstoff- und Energieverbrauch des Straßenverkehrs⁴⁸

Die Berechnungen zum Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs basieren maßgeblich auf drei Quellen: Erstens auf detaillierten Angaben zu den Kfz-Beständen des Kraftfahrtbundesamts (KBA), zweitens auf Angaben zu den Transportleistungen im Straßengüterverkehr und drittens auf den Berechnungen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) – nach dem Inländerkonzept – zu Fahrleistungen und dem Kraftstoffverbrauch nach Fahrzeugarten. Als Vergleichs- und Eckwert wird der Insgesamt-Wert zum Energieverbrauch des Straßenverkehrs aus der Energiebilanz herangezogen.

In den UGR wird von den Berechnungen des DIW nach dem Inländerkonzept ausgegangen und daran anschließend werden – getrennt nach Fahrzeugtypen und Antriebsarten – die beiden Übergangspositionen berechnet beziehungsweise geschätzt.

48 Eine detaillierte Beschreibung der Berechnung der Übergangspositionen im Straßenverkehr erfolgte in der Methodenbeschreibung „Weiterentwicklung der Berechnungen zum Energieverbrauch und zu den CO₂-Emissionen im Rahmen des NAMEA-Rechenansatzes – Methodenbericht“ (Wiesbaden 2011) in Kapitel 6
www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/Publikationen/Downloads-Material-und-Energiefluesse/ugr-weiterentwicklung-emission-5850009119004.pdf?

Direkte statistische Angaben zu den Betankungen der Inländer im Ausland und zu den Betankungen der Ausländer im Inland liegen nicht vor.

Bei den Betankungen der Inländer im Ausland sind sowohl die Fahrleistungen im Ausland als auch das Tankverhalten der Fahrzeughalter zu berücksichtigen. Bei den Fahrleistungen müssen zum einen die Urlaubsfahrten mit Pkw, zum anderen die Fahrleistungen im Ausland im Güterverkehr mit Lkw berücksichtigt werden. Zu den Fahrleistungen der Lkw im Ausland werden die Angaben des KBA herangezogen und auf dieser Basis der Kraftstoffverbrauch geschätzt. Bei den Urlaubsfahrten der Inländer im Ausland werden die Angaben aus Fahrleistungserhebungen, zum Beispiel Mobilität in Deutschland, ausgewertet. Bei leichten Nutzfahrzeugen und Bussen werden keine Schätzungen zu Auslandsfahrten vorgenommen.

Allerdings sind Verbrauchswerte nicht mit Betankungen gleichzusetzen. Hohe Differenzen bei den Kraftstoffpreisen des Inlands zu den Nachbarländern beeinflussen das Tankverhalten. Sie können sogar zu „Tanktourismus“ führen, bei dem wegen niedriger Kraftstoffpreise im benachbarten Ausland sogar zusätzliche Fahrten über die Grenze erfolgen. Wegen dieses Einflussfaktors werden auf Basis von Angaben zu den Kraftstoffpreisen der Nachbarländer Annahmen zum Betankungsverhalten getroffen, die – ausgehend von den geschätzten Verbrauchswerten – den Umfang der Auslandsbetankungen der Inländer im Ausland bestimmen.

Der Umfang der Inlandsfahrten der Gebietsfremden wird für die Lkw anhand von Angaben aus der Gütertransportstatistik abgeschätzt. In Hinblick auf die Betankungen werden hier, wie bei den vorgenannten Auslandsfahrten der Inländer, Abschätzungen zum Tankverhalten vorgenommen. Als „Restgröße“ verbleiben der Kraftstoffverbrauch und die Betankungen der Gebietsfremden mit Pkw. Diese Größe wird im Zusammenhang und durch Abstimmung aller Übergangsgrößen geschätzt.

7.2 Kraftstoff- und Energieverbrauch der Luftfahrt

Die Betankungen der Luftfahrt werden im In- und Ausland vorgenommen. Die Höhe der gesamten Inlandsbetankungen deutscher und gebietsfremder Linien ist aus der Energiebilanz vorgegeben. Entsprechend der Abgrenzungen der UGR sind zum einen der Anteil der Inlandsbetankungen der inländischen Linien, zum anderen der Umfang der Betankungen der inländischen Linien im Ausland (Bunkerungen im Ausland) zu bestimmen.

Die Bestimmung des Inlandsanteils der deutschen Linien erfolgt anhand einer Sonderauswertung der Luftverkehrsstatistik. Dabei werden die Entfernungskilometer für vier Flugarten (internationale und nationale Passagierflüge, Frachtflüge und sonstige Flüge) bei den Abflügen aus Deutschland nach der Herkunft der Fluglinien – gebietsansässige und gebietsfremde – ermittelt. Die Entfernungskilometer der einzelnen Flugarten werden gewichtet – mit Aufschlägen für die kürzeren nationalen und „sonstigen“ Flüge – und dann die Anteile der gebietsansässigen Linien an den gewichteten Entfernungskilometern berechnet. Dieser Anteil entspricht dem Anteil an den Betankungen im Inland.

Die Betankungen der inländischen Linien im Ausland erfolgt anhand des vorher ermittelten Anteils der deutschen Linien für internationale Flüge. Es wird angenommen, dass die selbe Menge, die im Inland betankt wird, auch im Ausland getankt wird. Es werden keine Zuschläge für weitere Auslandsstrecken deutscher Linien nach Landung am Ankunftsort vorgenommen.

7.3 Kraftstoff- und Energieverbrauch der Schifffahrt

7.3.1 Seeschifffahrt

Die Berechnungen zu den Bunkermengen der Schifffahrt im In- und Ausland erfolgen in enger Abstimmung mit den Berechnungen der Bunkermengen für das gesamtwirtschaftliche Materialkonto. Diese Berechnungen basieren wesentlich auf den monetären Angaben der Strukturerhebung im Dienstleistungsbereich zum Materialaufwand für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe (Fachserie 9 Dienstleistungen, Reihe 4.1 Verkehr und Lagerei, Tabelle 3.7). Anhand von Preisangaben zu Gasöl (europäischer Binnendiesel) und zu schwerem Heizöl („marine fuel“) wird der mengenmäßige Verbrauch abgeschätzt.

Die Bunkerungen seegehender Schiffe im Inland werden vom Mineralölwirtschaftsverband auf Basis der Mineralölstatistik des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) getrennt für in- und ausländische Schiffe (entsprechend der Beflaggung) nachgewiesen. Durch Abzug der Bunkerungen im Inland von den insgesamt ermittelten Bunkerungen werden die Bunkerungen deutscher Schiffe im Ausland ermittelt. Die Berechnungen werden getrennt für die Seeschifffahrt, die Binnenschifffahrt und die Küstenschifffahrt durchgeführt.

7.3.2 Binnenschifffahrt

Die Berechnungen gehen vom angegebenen Verbrauchswert der Energiebilanz aus. Davon wird der Verbrauchswert der Fischerei – entsprechend den Angaben im Inventarbericht der THG – abgezogen. Der resultierende Verbrauchswert wird auf Inländer und Gebietsfremde entsprechend den Anteilen an der Güterverkehrsleistung der Binnenschifffahrt der Schiffe mit deutscher Flagge und mit ausländischer Flagge aufgeteilt. Die Güterverkehrsleistungen der Binnenschifffahrt werden in Fachserie 8 Verkehr, Reihe 4 Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt nachgewiesen (Tabelle 3.1 nach Flaggen und Schiffsarten).

8 Preiskonzepte in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) und Berechnung von internationalen Transportleistungen in den UGR

8.1 Preiskonzepte und Zuordnung von Transportleistungen in den VGR und den UGR

In den VGR werden die Transaktionen zu unterschiedlichen Preisen bewertet. Von besonderem Interesse für die UGR sind in Hinblick auf die Erfassung der Umweltbelastungen durch internationale Transporte die in der IOR angewandten Preiskonzepte für die Importe und Exporte von Waren und die Verbuchung von grenzüberschreitenden Transportleistungen.

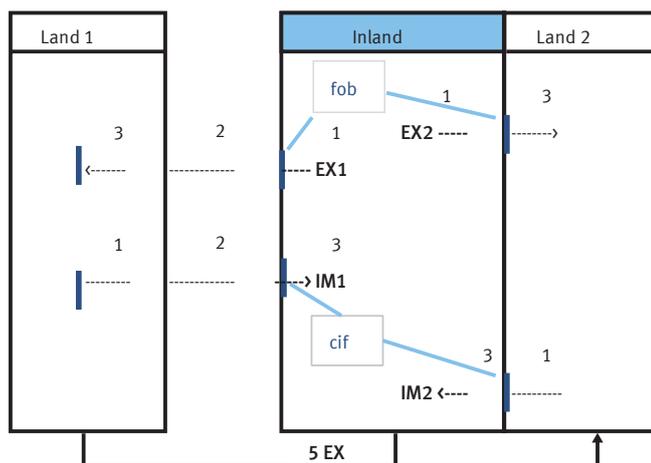
In der IOR wird in Hinblick auf die Verwendung von Gütern die Verwendung aus inländischer Produktion (Inlands-IOT) und aus Importen (ImportTabelle) unterschieden.

Entsprechend der Bewertung der Produktion wird die Verwendung von Gütern in der (symmetrischen) Inlands-IOT (nach Gütergruppen und Produktionsbereichen) zu Herstellungspreisen bewertet – in der Import-Tabelle dagegen zu cif-Preisen.

Die cif-Bewertung der Importe schließt im erfassten Warenwert, auch die Kosten für Versicherungen (insurance) und Fracht (freight) mit ein. Allerdings werden die erfassten (internationalen) Transportleistungen zwischen der Grenze des Herkunftslands und der deutschen Grenze nicht explizit ausgewiesen und verschließen sich daher zunächst einer näheren Betrachtung.

Die Exporte werden in den IOR auf der Ebene der einzelnen Gütergruppen „fob“-bewertet. Diese Bewertung schließt die Erfassung von internationalen Transportleistungen (Abbildung 8.1, Transaktion 2) aus. Nur die Transportleistungen inländischer und ausländischer Transporteure im Inland (bis zur deutschen Grenze) in Zusammenhang mit Exporten (Abbildung 8.1, Transaktion 1, inländische Streckenanteil) – sind in den Warenexporten enthalten.

Abbildung 8.1
Warenein- und -ausfuhr und internationale Transportleistungen



2020 - 06 - 0192

EX*: inländischer Streckenanteil.

k.N.*: kein expliziter Nachweis wegen cif-/fob-Bewertung.

1) cif/fob-Korrektur: Absetzung von TL der Gebietsansässigen bei den Dienstleistungsexporten.

2) cif/fob-Korrektur: Zusetzung von TL der Gebietsfremden bei den Dienstleistungsimporten.

Preiskonzepte und Internationale Transportleistungen

Tabelle 8.1
Nachweis von Transportleistungen (TL) in der IOR

Strecke	Auftraggeber			
	TL Inländer		TL Gebietsfremde	
	Inländer	Ausländer	Inländer	Ausländer
Exporte				
EX1	1	IOT Inld	EX*	EX*
	2	IOT Inld	EX-k.N.*	k.N. in EX: --> IM DL k.N.
	3	IOT Inld	EX-k.N.*	k.N. in EX: --> IM DL k.N.
EX2	1 / 3			wie EX1
Importe				
IM1	1	IOT Inld	k.N.*	- k.N.*
	2	IOT Inld	k.N.* ¹	k.N.* ² k.N.* ²
	3	IOT Inld	DL-EX	- k.N.*
IM2	1	IOT Inld	EX	- k.N.*
	3	IOT Inld	DL-EX	EX-DL IM-DL
Leistungen für Dritte (Transit)				
EX	5	IOT Inld	EX	- k.N.

EX*: inländischer Streckenanteil.

k.N.*: kein expliziter Nachweis wegen cif-/fob-Bewertung.

1 cif/fob-Korrektur: Absetzung von TL der Gebietsansässigen bei den Dienstleistungsexporten.

2 cif/fob-Korrektur: Zusetzung von TL der Gebietsfremden bei den Dienstleistungsimporten.

In der Inlands-IOT werden die (gesamten) Transportleistungen inländischer Einheiten explizit ausgewiesen und entweder

- den inländischen Abnehmern von inländischen Vorleistungsgütern (Produktionsbereiche),
- den inländischen Abnehmern von inländischen Konsum- und Investitionsgütern (Privater Konsum, Ausrüstungsinvestitionen) oder
- der übrigen Welt (Exporte), auf Grund von (internationalen) Transportleistungen in Zusammenhang mit Warenimporten (Auftraggeber Inländer) und Exporten (Auftraggeber Ausländer) und sonstigen Transporten, zugerechnet (Dienstleistungsexporte).

In den UGR wird eine Zuordnung von Transportleistungen und Umweltbelastungen zu den entsprechenden Warenströmen, also den Importen einerseits und den Exporten andererseits, angestrebt. Dem widerspricht die Zuordnung von inländischen Transportleistungen in Zusammenhang mit Warenimporten bei den Dienstleistungsexporten (siehe Fall c oben). Dieser Teil der Transportleistungen muss durch Umbuchung den Warenimporten zugerechnet werden (siehe Nr. 1 in nachfolgender Tabelle 8.2).

Da die Importe „cif-bewertet“ sind, enthalten diese keinen expliziten Nachweis der Transportleistungen zwischen dem Ausfuhrland und der deutschen Grenze. Sämtliche Transportleistungen in Bezug auf die Importe sind im cif-Wert enthalten, nicht jedoch die Transportleistungen im Inland (Strecke 3 in obiger Abbildung 8.1) – ob von Inländern oder Gebietsfremden erbracht. Daher müssen diese Transportleistungen – von Gebietsansässigen und Gebietsfremden – explizit berechnet und den Importen zugerechnet werden.

Preiskonzepte und Internationale Transportleistungen

Tabelle 8.2

Zurechnung von grenzüberschreitenden Transportleistungen in der IOR und der UGR

Position	Aktivität	IOR	UGR
Gebietsansässige			
1	Abholung von Waren im Ausland (Importe)	Import: kein expliziter Nachweis (in cif-Wert enthalten); Gegenbuchung bei Übergangsposition „cif/fob-Korrektur“ – fiktiver Wert bei DL-Exporten	SR Importe (Schätzung Inländeranteil) Umbuchung zu Importen
2	Lieferung von Waren ins Ausland	Warenexporte inkl. inländischer Streckenanteil internat. Strecke: DL-Exporte	Export (inländische und internationale Strecke)
Gebietsfremde			
3	Abholung von Waren im Inland (Exporte)	Kein Nachweis internationaler Transporte	Sonderrechnung Exporte (Zuschätzung)
4	Lieferung von Waren ins Inland (Importe)	Import: TL nicht explizit (in cif-Wert enthalten)	SR Importe (Zuschätzung Gebietsfremde)
5	Transitverkehr	ZB enthält Nutzungsentgelte für Rohrleitungstransporte und Stromweiterleitung, Mautgebühr	Nur Pipelinetransporte

Die Transportleistungen der Inländer in Zusammenhang mit den Warenimporten sind den Warenimporten und nicht – entsprechend dem Leistungsempfänger laut Zahlungsbilanz (ZB) – den Exporten zuzurechnen. Die Transportleistungen von Gebietsfremden in Zusammenhang mit den Warenimporten (Position 4 der Tabelle 8.2) werden – auf der Ebene der physischen Transportleistungen – durch Abzug der Transportleistungen der Inländer von den gesamten Transportleistungen bei der Einfuhr von Waren geschätzt. Die gesamten (physischen) Transportleistungen bei den Importen werden in den UGR in einem speziellen Berechnungsmodell (Sonderrechnung „internationale Transporte“) ermittelt.

Auch bei den Exporten sind Zuschätzungen und Umbuchungen erforderlich: Bei den Gebietsansässigen sind neben den Transportleistungen im Inland (Position 2 der Tabelle 8.2) zusätzlich die internationalen Transportleistungen bei der Lieferung der Waren ins Ausland zu erfassen. Bei den Gebietsfremden ist die Abholung der Waren im Inland (Position 3 der Tabelle 8.2) zu berücksichtigen. Die Kosten für die internationalen Transportleistungen sind in der IOR im fob-Wert der Ausfuhren nicht enthalten. In den UGR werden in der Sonderrechnung für internationale Transporte bei den Exporten die gesamten Transportleistungen bei den Ausfuhren bis zur Grenze des Bestimmungslands berechnet. Die Transportleistungen der Gebietsansässigen bei der Ausfuhr von Waren können durch Abzug der Transportleistungen bei der Einfuhr von Waren vom Gesamtwert der Transportleistungen der Gebietsansässigen (Sonderrechnung für Gebietsansässige) bestimmt werden. Mit deren Hilfe können wiederum die Transportleistungen der Gebietsfremden bei der Ausfuhr von Waren durch Saldierung ermittelt werden. Dazu werden von den Ingesamt-Werten der Sonderrechnung für die Exporte die Transportleistungen der Gebietsansässigen subtrahiert.

8.2 Berechnung der Transportleistungen, des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der inländischen Transportbereiche bei internationalen Transporten

Bei der Bestimmung der Transportleistungen (TL) der inländischen Transportbereiche werden die Angaben zu den physischen und monetären TL der deutschen Transporteure (Gebietsansässige) nach den Transportarten

- a Gütertransporte im Binnenverkehr
- b Versand ins Ausland (Export von Waren)
- c Empfang aus dem Ausland (Import von Waren)
- d Durchgangsverkehr, Personentransporte

und nach Transportbereichen (Eisenbahnverkehr, Straßenverkehr, Binnenschifffahrt, Seeschifffahrt, Luftfahrt) berücksichtigt. Bei den physischen TL werden die detaillierten Angaben aus den Verkehrsstatistiken ausgewertet (siehe Tabelle 8.3). Monetäre Angaben liegen aus der IOR für die einzelnen Transportbereiche nur in der Unterscheidung nach dem Personen- und dem gesamten Gütertransport vor.

Für die Berechnungen im IO-Analysemodell werden monetäre Angaben zu den Transportleistungen nach Transportarten benötigt. Zu deren Bestimmung werden die physischen Angaben zu den Transportleistungen (tkm) aus den Verkehrsstatistiken herangezogen. Dabei erfolgt ein getrennter Nachweis für gebietsansässige und gebietsfremde Transporteure, sowie für den Straßengütertransport, die Binnenschifffahrt und den Eisenbahngüterverkehr.

Tabelle 8.3

Gütertransportleistungen Gebietsansässiger nach Transportbereichen und Hauptverkehrsbeziehungen 2014

Transportart	Eisenbahnen	Straßengüterverkehr	Binnen-schifffahrt	Luftfahrt ¹
Mrd. tkm				
Gütertransporte insgesamt	112,8	352,4	17,5	21,3
Gütertransporte oh. Transit	101,3	351,6	15,3	21,3
Binnenverkehr	57,6	310,1	7,5	0,0
Versand (Ausfahrten)	19,8	23,3	2,6	11,3
Empfang (Einfahrten)	23,9	18,2	5,2	10,0
Durchgangsverkehr	11,5	0,8	2,2	X
Anteil an Gütertransporten (oh. Transit) in %				
Binnenverkehr	56,9	88,2	49,0	0,0
Versand (Ausfahrten)	19,5	6,6	17,0	53,1
Empfang (Einfahrten)	23,6	5,2	34,0	46,9
Anteil am Produktionswert in %				
Personentransporte	37,5	41,4	11,7	78,7
Gütertransporte	62,5	51,1	88,3	21,3

1 Transportleistung: alle Linien.

Quelle: Verkehrsstatistiken des Statistischen Bundesamtes (Fachserie 8, versch. Reihen)

Für die Seeschifffahrt liegen nur Angaben zum gesamten Frachtumschlag in den deutschen Seehäfen in einer groben Unterteilung nach Güterarten vor. Für die Luftfahrt liegen ebenfalls nur Transportleistungen für alle Linien (Gebietsansässige und gebietsfremde Einheiten) vor (siehe Tabelle 8.3). Diese Angaben werden ersatzweise für die Aufteilung der TL der inländischen Bereiche nach Transportarten herangezogen.

Preiskonzepte und Internationale Transportleistungen

Die Anteile des Gütertransports nach Transportarten werden zunächst anhand der physischen Transportleistungen bestimmt und danach auf die monetären TL im Gütertransport umgerechnet. Dabei wird der monetäre Wert der Gütertransporte der (disaggregierten) Produktionswertberechnung der IOR entnommen.

Der monetäre Anteil der TL beim Empfang aus dem Ausland (Importe) am gesamten Produktionswert des inländischen Transportbereichs wird im IO-Modell zur Bestimmung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der Gebietsansässigen beim Empfang der Waren (Importe) benutzt. Bei der Berechnung wird unterstellt, dass der Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen der Gütertransporte sich proportional zum monetären Produktionswert verhalten. Für den Schienengüter- und den Straßengüterverkehr werden spezifische Energie- und CO₂-Koeffizienten verwendet, die den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen der verwendeten Verkehrsmittel berücksichtigen. Für die übrigen Transportbereiche – die Schifffahrt und Luftfahrt – werden die durchschnittlichen Koeffizienten der Bereiche unterstellt. Die für die TL bei der Einfuhr ermittelten Werte für den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen werden in der Inlandsberechnung von den Insgesamt-Werten abgesetzt und zur Importrechnung umgesetzt (Ergebnisse für das Berichtsjahr 2013 siehe Tabelle 8.4).

Tabelle 8.4

Transportleistungen und Umweltinanspruchnahme Gebietsansässiger bei Importen von Waren 2013

	Einheit	Eisenbahnen	Straßengüterverkehr	Binnenschifffahrt	Seeschifffahrt	Luftfahrt	Insgesamt
Produktionswert . .	Mill. EUR	11 874	83 912	2 451	21 621	24 458	144 316
Anteil der Transportleistungen bei der Einfuhr	%	13,9	3,2	27,1	38,5	11,1	11,1
	Mill. EUR	1 650	2 685	664	8 324	2 715	16 039
Energiekoeffizienten ¹	MJ ² /EUR	3,02	4,28	1,97	15,37	16,49	X ⁴
Energieverbrauch . .	TJ³	4 984	11 493	1 309	127 941	44 768	190 494
CO ₂ -Koeffizienten ¹ . .	kg/EUR	0,096	0,352	0,150	1,220	1,250	X ⁴
CO₂-Emissionen	1 000 t	158	945	100	10 155	3 394	14 752

1 Siehe Sonderrechnung für Energie- und CO₂-Koeffizienten der Schiene und des Straßenverkehrs.

2 Megajoule.

3 Terajoule.

4 Die Berechnung eines Durchschnittswertes ist nicht sinnvoll.

Die Schätzwerte für die Energieverbräuche und CO₂-Emissionen der Gebietsansässigen beim Empfang (Importe) und beim Versand (Exporte) der Waren werden mit den Berechnungen zu den internationalen Transporten (Rechenmodell „Internationale Transporte“) abgeglichen. Nach Abzug der Schätzwerte für die Transporte der Inländer beim Versand von Waren (Exporte) vom ermittelten Gesamtwert aus dem Rechenmodell ergeben sich die physischen TL, die Energieverbräuche und die Emissionen der Gebietsfremden bei der Warenausfuhr (siehe Tabelle 8.5 für das Jahr 2013). Diese Angaben werden bei den Ergebnissen zu den Exporten ergänzt.

Preiskonzepte und Internationale Transportleistungen

Tabelle 8.5
Gütertransportleistungen und Umweltinanspruchnahme beim Export von Waren 2013

Merkmal	Eisenbahnen	Straßengüterverkehr	Binnenschifffahrt	Seeschifffahrt	Luftfahrt	Insgesamt
Transportleistungen in tkm						
Insgesamt	21,9	104,0	11,0	862,5	13,1	1 013
Gebietsansässige	19,8	24,4	2,6	431,3	7,4	486
Gebietsfremde	2,1	79,6	8,4	431,3	5,6	527
Anteil an Transportleistungen insgesamt in %						
Gebietsansässige	90,2	23,5	23,6	50,0	57,0	48,0
Gebietsfremde	9,8	76,5	76,4	50,0	43,0	52,0
Energieverbrauch in PJ						
Insgesamt	5,8	86,6	4,7	111,0	130,7	338,6
Gebietsansässige	5,0	19,5	1,0	56,1	75,1	156,7
Gebietsfremde	0,8	67,1	3,6	54,9	55,5	181,9
CO₂-Emissionen in 1 000 t						
Insgesamt	330	6 409	345	8 654	9 573	25 311
Gebietsansässige	277	1 465	81	4 313	5 580	11 716
Gebietsfremde	53	4 944	264	4 341	3 993	13 595

Quelle: Internationales Transportmodell der UGR, Schätzungen der Transportleistungen der Gebietsansässigen auf Basis der Verkehrsstatistiken

In der regionalisierten Importrechnung werden die Produktionswerte, Energieverbräuche und CO₂-Emissionen der Transporte der Gebietsfremden auf Basis von monetären Angaben zu den Personen- und Gütertransporten ermittelt.

Bei den Gütertransporten werden dabei nur Angaben zu den TL bei der Einfuhr von Waren berücksichtigt (siehe Tabelle 8.6 für das Jahr 2013). Bei den Transporten der Seeschifffahrt und der Luftfahrt werden die Angaben direkt aus der Zahlungsbilanz (ZB – Teil 4. Dienstleistungen, b) Transportleistungen) der BBk herangezogen. Bei der Eisenbahn, beim Straßentransport und bei der Binnenschifffahrt wird die Position „Frachten“ für „Sonstige Transportarten“ schätzungsweise auf die Transportträger Bahn, Straße, Pipelines und Binnenschifffahrt aufgeteilt. Die Angaben zu den Personentransporten werden dazu addiert. Diese enthalten jedoch nicht die Personentransporte der ausländischen Luftfahrtunternehmen von Privatpersonen. Diese werden in der IOR zusammen mit den Reiseausgaben verbucht und sind nicht Bestandteil der Käufe der privaten Haushalte im Inland.

Tabelle 8.6
**Transportleistungen von Gebietsfremden bei der Wareneinfuhr und Frachtausgaben
 lt. Zahlungsbilanz 2013**

Merkmal	Eisen- bahnen	Straßen- verkehr	Pipelines	Binnen- schifffahrt	Seeschiff- fahrt	Luftfahrt	Ins- gesamt
	Mill. EUR						
Transportleistungen insgesamt (Einfuhr)	429	5 084	456	1 400	5 682	9 512	22 563
Gütertransporte	280	4 900	456	1 391	5 650	7 086	19 763
Personen- transporte	149	184	0	9	32	2 426	2 800
nachrichtl. Zahlungs- bilanz	⏟						
Ausgaben für Frachten ZB ¹		12 141			6 329	7 137	25 607
dar. Frachten bei Importen	122	1 825	456	49	7 302	8 388	18 142
von Inländern	2	0	0	15	1 652	1 302	2 971
von Gebiets- fremden	120	1 825	456	34	5 650	7 086	15 171
Ausgaben für Frachten modif.	400	8 985	456	2 300	12 650	12 086	36 877
bei der Waren- einfuhr	280	4 900	456	1 400	5 650	7 086	19 772
bei der Waren- ausfuhr	120	4 085	0	900	7 000	5 000	17 105

1 Quelle: Deutsche Bundesbank, Zahlungsbilanzstatistik, 4. Dienstleistungen b) Transportleistungen.

In der Importrechnung wird eine Regionalisierung der Transportleistungen vorgenommen. Dabei wird eine gemeinsame Veröffentlichung der BBk mit dem Statistischen Bundesamt zum „Außenhandel und zu den Dienstleistungen der Bundesrepublik Deutschland“ für den Zeitraum 2011 bis 2015 herangezogen (Deutsche Bundesbank 2016), bei der die Transportleistungen – auf Basis Wareneinfuhr fob – nach einzelnen Ländern und Ländergruppen dargestellt werden (Tabellenteil III).

9 Transportleistungen, Energieverbrauch und CO₂-Emissionen beim Transport deutscher Außenhandels-güter

9.1 Einleitung

Um die mit dem Transport der Import- und Exportgüter verbundenen Energieverbräuche und CO₂-Emissionen beziffern zu können, kann nicht auf direkte Erhebungen zurückgegriffen werden. Vielmehr musste ein Berechnungsmodell entwickelt werden, das zum einen auf den unten dargestellten Daten basiert, dem aber zugleich eine Reihe von Annahmen und grundsätzlichen Entscheidungen zugrunde liegen. Auch diese werden im Folgenden erläutert. Anschließend werden bedeutsame Ergebnisse dargestellt.

Ausgangspunkt für die Überlegungen war, dass ausschließlich die Energieverbräuche und Emissionen ab der deutschen Grenze (Exporte) beziehungsweise bis zur deutschen Grenze (Importe) berücksichtigt werden sollten, da über den inländischen Güterverkehr bereits umfangreiche Informationen zur Verfügung stehen.

9.2 Zielgrößen

Die Zielgrößen der Berechnung umfassen die Transportleistungen in Tonnenkilometern (tkm), den Energieverbrauch in Joule (J) sowie die CO₂-Emissionen in Tonnen (t).

Die dargestellten Transporte werden nach Einfuhren (Importe) und Ausfuhren (Exporte) unterschieden.

Bei dieser Berechnung wird nicht berücksichtigt, ob Gebietsansässige oder Gebietsfremde die Transporte durchführen.

9.3 Statistische Ausgangsdaten

Zur Durchführung der einzelnen Berechnungen werden Angaben zu den Mengen der transportierten Güter, Entfernungsangaben zu den Herkunftsländern der Importe nach Deutschland beziehungsweise bei den Exporten zu den Bestimmungsländern, zur Art des Transportmittels, des Verkehrsträgers und zu den spezifischen Energieverbräuchen des Transports mit Emissionskoeffizienten nach Energieträgern, benötigt.

Als statistische Basis für die Berechnungen werden Angaben aus den Außenhandels- und den Verkehrsstatistiken⁴⁹ zu den Import- und Exportwaren in physischen Einheiten (in Tonnen) herangezogen, aufgegliedert nach Warenarten (GP-Zweisteller-Gütergruppen) und nach Herkunfts- und Bestimmungsländern (ca. 225 Staaten). Weiterhin werden Angaben zu den beförderten Mengen beim Grenzübergang nach Verkehrsträgern (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Binnenschifffahrt, Seeverkehr, Luftverkehr und Pipeline) und nach Ländern herangezogen.

Unvollständige Daten zum Pipelinetransport wurden durch Informationen der BAFA⁵⁰ über den Import von Erdgas⁵¹ ergänzt.

49 Quellen: Statistisches Bundesamt (Destatis), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW).

50 BAFA: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle.

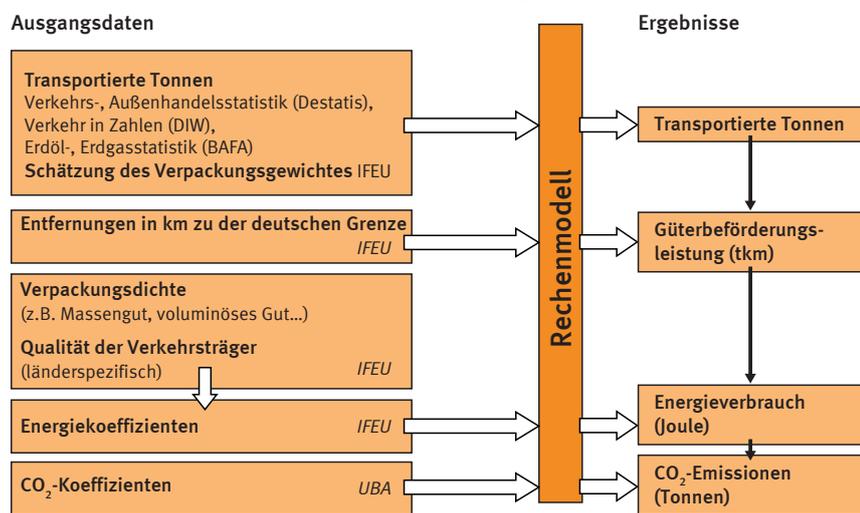
51 Annahme: Erdgas wird zu 100 % per Pipeline importiert.

9.4 Berechnungsschritte

Die Berechnungen finden in sechs Schritten statt.

Abbildung 9.1

Berechnungsablauf zu internationalen Transportleistungen



2020 - 06 - 0193

9.4.1 Aufbereitung der Außenhandelsstatistik nach Importen und Exporten, gruppiert nach Gütergruppen, Herkunfts- und Bestimmungsländern

Zunächst werden die Handelsströme in zwei Teile getrennt: „Europa“ (einschl. Russland) und „Rest der Welt“. Die Importgüter aus den Überseeländern (bzw. Exportgüter für die Überseeländer) werden überwiegend mit den Verkehrsträgern Hochseeschiff und/oder Flugzeug transportiert. Im Warenaustausch mit europäischen Ländern und Russland sind dagegen grundsätzlich alle Verkehrsträger (Bahn, Straßenverkehr, Binnenschifffahrt, Hochseeschifffahrt, Luftfahrt und Pipeline) möglich. Insofern war eine unterschiedliche Bearbeitung dieser Ländergruppen notwendig.

9.4.2 Sonderprüfung Überseetransporte

Ein weiterer Aspekt, der zu beachten ist, ist die Berücksichtigung der Importe über Drittländer. Die Verkehrs- und Außenhandelsstatistiken erfassen die Angaben über die unmittelbar an der deutschen Grenze benutzten Verkehrsträger. Beispielsweise kann Rindfleisch aus Argentinien zuletzt per Lkw über die deutsche Grenze gelangen. Dieses Transportmittel wurde jedoch nicht für den gesamten Transportweg benutzt. Daher wird unterstellt, dass für die übrige Strecke eine Beförderung mit dem Hochseeschiff erfolgte. Aus diesem Grund müssen die Transporte aus Übersee, die über einen ausländischen Umschlagshafen, zum Beispiel Rotterdam, Antwerpen, nach Deutschland kommen, hinsichtlich der Verkehrsträger korrigiert werden. Für das Beispiel „Rindfleisch aus Argentinien“ wird daher ein Mix aus Transporten im Ursprungsland (mit einem unterstellten Verkehrsträgermix), Transporten vom Überseehafen zum europäischen Hafen und ein Transport vom (europäischen) Hafen bis zur deutschen Grenze angewendet.

9.4.3 Aufstellung der Entfernungsmatrizen

Für alle Länder (europäische sowie außereuropäische) wurde eine Entfernungsmatrix erstellt, das heißt es wurden die Entfernungen (in Kilometern) zwischen den Wirtschaftszentren der Handelspartner und der deutschen Grenze differenziert nach Verkehrsträgern erstellt. Eine Differenzierung nach Verkehrsträgern ist wichtig, da Hochseeschiffe andere Entfernungen zurücklegen als beispielsweise Flugzeuge.

Tabelle 9.1

Entfernungsmatrix - Auszug
Durchschnittliche Entfernung bis zur deutschen Grenze
 km

Staat	Wirtschafts- zentrum	Flugdistanz	Seeschiff- fahrt	Pipeline	Im Ursprungs- land zum Hafen
Vereinigte Staaten	Washington	7 526	10 123	X	850
Russland Gebiet 1	Kasan	2 362	7 465	3 700	1 500
Russland Gebiet 2	Omsk	2 362	7 465	5 700	3 000
Russland Gebiet 3	Chabarowsk	2 362	21 376	X	700
Brasilien	Brasilia	8 921	9 379	X	370
Volksrepublik China	Peking	8 735	19 898	X	700

Russland Gebiet 1 umfasst die Region Vor-Ural: westlich des 60. östlichen Längengrades; Hafen: Rostov.

Russland Gebiet 2 umfasst die Region Mitte: zwischen 60. und 100. Östlichen Längengrades; Hafen: Rostov.

Russland Gebiet 3 umfasst die Region Ost: östlich des 100. östlichen Längengrades; Hafen: Wladiwostok.

Russland Flugdistanz ab Hauptstadt Moskau.

Als Herkunfts- beziehungsweise Bestimmungsort wurde zunächst für die Mehrheit der Länder nur ein Wirtschaftszentrum gewählt. Für die Tschechische Republik zum Beispiel Prag, für Frankreich beispielsweise Paris. Es ist zwar offensichtlich, dass Importe aus der Tschechische Republik beispielsweise nicht alle direkt aus Prag kommen, jedoch stehen präzisere Informationen über die genauen Herkunftsorte nicht zur Verfügung. Einige Länder, zum Beispiel Russland, wurden wegen ihrer geographischen Größe in mehrere Gebiete aufgeteilt, für die jeweils separate Entfernungangaben berücksichtigt wurden. Für überseeische Länder wurde zudem die Entfernung zwischen Wirtschaftszentrum und dem nächstgelegenen Hafen, der nicht unbedingt in dem gleichen Land liegen muss, ermittelt.

In einer weiteren Annahme wurde unterstellt, dass Hochseeschiffe und Fluglinien Deutschland direkt anfahren beziehungsweise anfliegen. Es bleibt also unberücksichtigt, dass beispielsweise Hochseeschiffe mehrere Länder mit den dafür bestimmten Waren anfahren (z. B. von Bangkok über Wladiwostok nach Hamburg). Güter, die für dritte Länder bestimmt sind und mit demselben Verkehrsmittel transportiert werden, gehen damit nicht in die Berechnung ein. Ebenso wird der Transitverkehr über deutsche Freihäfen (z. B. Hamburg) nicht den deutschen Im- und Exporten zugerechnet. Er ist vielmehr als wirtschaftliche Beziehung zwischen Drittländern zu sehen und bleibt daher bei dieser Untersuchung außer Betracht. Bei dieser Analyse werden nur Transporte von Gütern betrachtet, die in Zusammenhang mit wirtschaftlichen Aktivitäten (Importe, Exporte) in Deutschland stehen.

9.4.4 Zurechnung des Verpackungsgewichtes

Die physischen Angaben der Außenhandelsstatistik zu den Import- beziehungsweise Exportgütern, die als Hauptquelle für die Berechnungen diente, erfassen nur die Nettowarengewichte⁵². Für die Berechnungen waren aber zusätzlich Angaben zu Verpackungsgewichten notwendig, da diese den Energieaufwand des Transportes erhöhen. Dabei ist zwischen verschiedenen Verpackungen zu unterscheiden. Eine Untersuchung der Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung⁵³ mbH (Wiesbaden) ergab, dass ca. 0,5 % der Nettogewichtsangaben dem Gewicht der Primärverpackungen⁵⁴ entsprechen.

52 Im Vergleich dazu enthalten die Angaben der Verkehrsstatistik auch die Verpackungsgewichte.

53 Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH: Importe und Exporte von gefüllten Verpackungen, Wiesbaden, Oktober 2005, unveröffentlicht.

54 Definition Primärverpackung: Verpackung, die das Produkt direkt umgibt und mit ihm in Kontakt steht.

Informationen über das Gewicht von Container stehen aus Untersuchungen des IFEU-Instituts⁵⁵ zur Verfügung. Dabei unterscheidet man Zuschläge für Massengüter (z. B. Zement, Papier), durchschnittliche Güter (z. B. Textilien) und Güter mit großem Volumen (z. B. Möbel). Der Containerzuschlag, berechnet auf das Nettogewicht der einzelnen Güter, beträgt bei Massengütern 7 %, bei durchschnittlichen Gütern 11 % und bei voluminösen Gütern 23 %. Für Sekundärverpackungen (z. B. Kartonagen) liegen derzeit keine Angaben beziehungsweise Schätzungen vor. Sie fließen daher nicht in die Berechnungen ein.

9.4.5 Berechnung der Transportleistungen nach Gütergruppen und Verkehrsträgern

Aus den Angaben über die transportierten Mengen (in Tonnen), korrigiert um die Verpackungsgewichte und differenziert nach Gütergruppen, Ländern und Verkehrsträgern werden in Kombination mit den Entfernungsmatrizen die Güterbeförderungsleistungen berechnet.

9.4.6 Berechnung des Energieverbrauchs

Für die Schätzung des Energieaufwands in Joule werden die Güterbeförderungsleistungen mit spezifischen Energiekoeffizienten⁵⁶ (in Joule pro Tonnenkilometer) für die einzelnen Verkehrsträger multipliziert. Diese Energiekoeffizienten wurden vom IFEU im Rahmen eines Forschungsprojekts zum Rohstoffeinsatz von Importgütern zur Verfügung gestellt⁵⁷. Die Energiekoeffizienten sind für unterschiedliche Verkehrsträger und Länder verfügbar (z. B. Lkw in den Vereinigten Staaten, Pipeline in Russland). Sie berücksichtigen, die Qualität der Verkehrsträger (z. B. ältere vs. moderne Flotte bei der Luftfahrt), güterspezifische Angaben (z. B. Massengut oder voluminöses Gut) und die Länge der Strecke (maßgeblich beim Flugverkehr wegen unterschiedlichem Energieverbrauch bei kurzen und langen Strecken).

Tabelle 9.2
Spezifischer Energieverbrauch
(ohne Vorketten)
In kJoule/tkm

Gütergruppe	Verkehrsträger										
	Lkw nach Ländergruppen			Eisenbahn		Bin- nen- schiff	See- schiff	Flugzeug			
	Aus- tralien, Vereinigte Staaten, Kanada	Europa, Japan	andere Länder	Strom	Diesel			Langstrecke		Kurz-/Mittel- strecke	
						mo- derne Flotte	ältere Flotte	mo- derne Flotte	ältere Flotte		
Massengüter .	678	753	1 030	128	346	357	81	7 955	10 879	11 980	16 383
Durchschnittliche Güter . .	750	833	1 205	154	415	468	162	7 955	10 879	11 980	16 383
Voluminöse Güter	1 149	1 277	2 036	192	520	763	284	7 955	10 879	11 980	16 383

Flugzeug moderne Flotte: durchschnittlich nicht älter als 10 Jahre.
Flugzeug ältere Flotte: durchschnittlich älter als 10 Jahre.

55 Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg (IFEU).

56 Quelle: IFEU (u. a. Datenbanken: EcoTransit, Ecoinvent).

57 Institut für Energie- und Umweltforschung: Ermittlung und Bereitstellung von Koeffizienten zum Rohstoffeinsatz bei Importgütern, Heidelberg November 2007, unveröffentlicht.

Die Energiekoeffizienten berücksichtigen bei der Schifffahrt eine gewisse Anzahl von Leerfahrten. Es ist zu vermuten, dass ein Schiff, das zum Beispiel Rohstoffe von Brasilien nach Deutschland transportiert in Hamburg kaum Waren für die Rückfahrt aufnimmt. Deutschland importiert insgesamt in physischen Einheiten (Tonnen) mehr als es exportiert. Bei den Importen hat Deutschland einen vergleichsweise hohen Anteil an Rohstoffen, bei den Exporten überwiegen dagegen die Halb- und Fertigwaren. Entsprechend wurden Korrekturen zur Berücksichtigung unterschiedlicher Anteile von Leerfahrten durchgeführt, indem die Energiekoeffizienten bei den Importen erhöht und bei den Exporten reduziert wurden. Die Korrekturen basieren auf Schätzungen einer Studie⁵⁸ von IFEU. Beispielsweise wird der Energieaufwand bei exportierten Massengütern um 25 %, bei durchschnittlichen Gütern um 15 % und bei voluminösen Gütern um 7,5 % reduziert.

9.4.7 CO₂-Berechnung

Zwischen dem Energieverbrauch und den CO₂-Emissionen besteht ein enger Zusammenhang. So werden in einem abschließenden Schritt die berechneten Energieverbräuche (in Joule) mit den CO₂-Emissionskoeffizienten⁵⁹ (in Tonnen pro Joule) der Energieträger multipliziert und CO₂-Emissionen (in Tonnen) berechnet. Die CO₂-Emissionskoeffizienten werden nach Energieträgern (Diesel, Kerosin, Schweröl etc.) differenziert. In die Emissionsberechnungen werden zusätzlich indirekte CO₂-Emissionen einbezogen, die bei der Herstellung von Fahrstrom für Schienentransporte und von Mineralölerzeugnissen in Raffinerien entstehen.

58 IFEU: „EcoTransit: Environmental Methodology and Data – Update- July 2005“, Heidelberg.

59 Quelle: Umweltbundesamt (UBA).

10 Wasser in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen

10.1 Das Konzept der Wasserflussrechnungen

Wasser stellt als natürliche erneuerbare Ressource, als Akzeptor des Abwassers und als Ökosystem eine der wichtigsten ökonomischen und ökologischen Ressourcen dar. Wasser dient nicht nur dem Menschen als Trinkwasser, es ist essentielle Grundlage allen Lebens sowie wirtschaftlicher Entwicklung.⁶⁰ Wasser ist zur Zeit in Deutschland keine generell knappe Ressource. Das jährliche Wasserdargebot in Deutschland wird im langjährigen Durchschnitt auf rund 188 Milliarden m³ geschätzt⁶¹. Im Vergleich dazu wurde im Jahr 2013 eine Wassermenge von 29,7 Milliarden m³ für wirtschaftliche Zwecke aus der Natur entnommen. Diese Relation verdeutlicht, dass die wirtschaftlich bedingte Entnahme von Wasser aus und die Abgabe von Abwasser an die Natur durch den Menschen einen wesentlichen Eingriff in die natürlichen Abläufe darstellt, der insbesondere auch im Hinblick auf das Leitbild der „nachhaltigen Entwicklung“ einer laufenden statistischen Beobachtung bedarf.

Ziel der Wasserflussrechnung im Rahmen der UGR ist es, insbesondere die Wasserflüsse zwischen dem natürlichen und dem ökonomischen System in enger Anbindung an die Konzepte der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen abzubilden. Daraus ergeben sich konzeptionelle Unterschiede zu anderen Darstellungsweisen, wie der Wasser- und Abwasserstatistik oder hydrologisch ausgerichteten Systemen.

Der wesentliche Unterschied der UGR-Darstellung im Vergleich zur Wasser- und Abwasserstatistik des Statistischen Bundesamtes (Statistik der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung sowie die Statistik der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe und bei Wärmekraftwerken für die öffentliche Versorgung) hängt mit dem Gesamtrechnungsansatz der UGR zusammen: In den UGR wird eine vollständige Bilanzierung der für den Wirtschaftsprozess relevanten Wasser- und Abwasserströme nachgewiesen. Die Fachstatistik dagegen bezieht bei der Darstellung der Aktivitäten nur die größeren Unternehmen ein und deckt nicht alle Wirtschaftszweige ab (Abschneidegrenze: mindestens 2 000 m³ eigene Wasserentnahme, mindestens 10 000 m³ Wasserentnahme aus dem öffentlichen Netz). Ein weiterer wichtiger Unterschied zur Fachstatistik bezieht sich auf die wirtschaftsfachliche Gliederung der Produktionsaktivitäten. In der Wasserflussrechnung der UGR ist, entsprechend der Vorgehensweise bei der Aufstellung der monetären Input-Output-Tabelle, die Darstellungseinheit der Produktionsbereich, der auf der Grundlage homogener Gütergruppen abgegrenzt wird. In der Fachstatistik wird dagegen die Zuordnung zu Wirtschaftszweigen nach dem Unternehmenskonzept, das heißt auf institutioneller Grundlage (Unternehmen als kleinste bilanzierende Einheit) vorgenommen.

Wesentliche Unterschiede der hier dargestellten Wasserrechnung zu den ebenfalls an einer vollständigen Bilanzierung ausgerichteten hydrologischen Konzepten beziehen sich auf die Systemgrenzen. In der Material- und Energieflussrechnung wird die inländische Natur als Komplementärmenge zur inländischen Wirtschaft verstanden. Die Materialflüsse werden vom Zeitpunkt des Übergangs aus dem natürlichen in das wirtschaftliche System bis hin zur Abgabe an das natürliche System beobachtet. Bezogen auf Wasser bedeutet dies, das aus der Natur in verschiedener Form für wirtschaftliche Aktivitäten – im Zusammenhang mit dem Produktionsprozess als auch im Zusammenhang mit dem Konsum der privaten Haushalte – entnommene Wasser wird beim Durch-

60 Umweltbundesamt: „Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele im Gewässerschutz“. Texte 63/96, Berlin 1996, S. 4

61 Bundesanstalt für Gewässerkunde, Tabelle: Wasserbilanz für Deutschland
www.umweltbundesamt.de/daten/wasser-als-ressource/wasserressourcen-ihre-nutzung#textpart-3

Wassergesamtrechnung

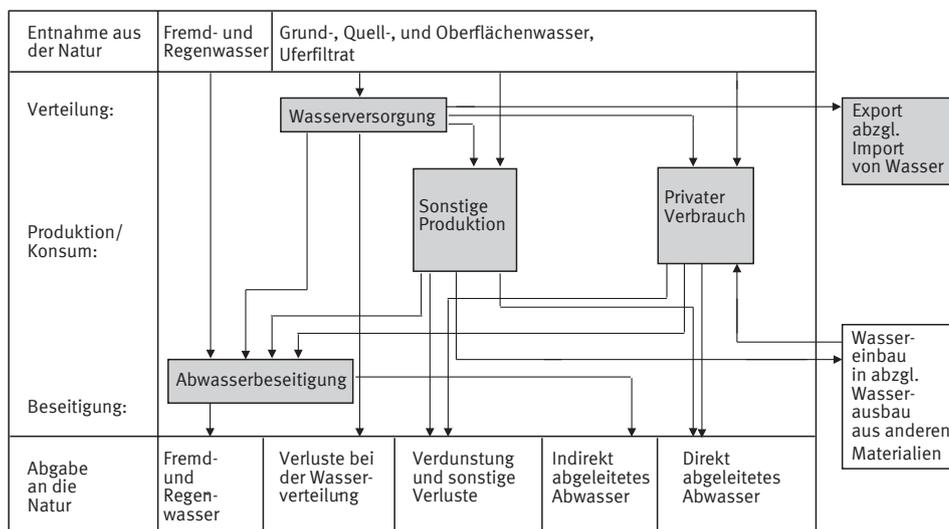
lauf durch den Wirtschaftsprozess (Gewinnung und Verteilung, Einsatz in Produktion und Konsum, Export, Abwasserbeseitigung, Übergang in andere Materialien) bis hin zur Abgabe an die Natur, zum Beispiel als Abwasser oder Wasserdampf durch Verdunstung betrachtet. Das hydrologische Konzept ist dagegen auf die Darstellung der Wasserflüsse innerhalb der Natur (hydrologischer Wasserzyklus), die Bildung der hydrologischen Wasserabflüsse und die Entstehung der Wasserressourcen ausgerichtet.

Das Wasserflussschema in Abbildung 10.1 soll die grundlegenden Begriffe der Wasserflussrechnung des Statistischen Bundesamtes erläutern. Es stellt auf gesamtwirtschaftlicher Ebene die Entnahme von Wasser aus der Natur, dessen Zirkulation innerhalb des wirtschaftlichen Systems und schließlich die Abgabe an die Natur in vereinfachter Weise dar. Das Schema verdeutlicht die in den Material- und Energieflussrechnungen grundsätzlich angelegten Zusammenhänge in aggregierter Form und beschränkt sich dabei auf die Abbildung der für die Darstellung des Wasserflusses aus methodischer Hinsicht besonders bedeutsamen Ströme.

Wasser durchläuft, ausgehend vom Naturzustand, typischerweise die Produktionsstufen Entnahme aus der Natur, Aufbereitung/Verteilung, Einsatz in der Produktion oder in den privaten Haushalten, Abwasserbeseitigung und Abgabe an die Natur, wobei einzelne Stufen übersprungen werden können. Auf jeder Stufe handelt es sich im Sinne der Material- und Energieflussrechnung um eine andere Materialart. Innerhalb der einzelnen Produktionsstufen sind – wie in dem Schema dargestellt – weitere Untergliederungen der Materialart möglich und sinnvoll. Dem Produktionsstufenschema folgend werden die Produktionsaktivitäten Wasseraufbereitung und Wasserverteilung sowie die Abwasserbeseitigung in der Übersicht gesondert dargestellt. Die übrigen Produktionsaktivitäten werden in dem Schema in der Sammelposition sonstige Produktion nachgewiesen. Außerdem wird die Aktivität privater Verbrauch dargestellt.

Abbildung 10.1

Wasserfluß zwischen Natur und Wirtschaft und innerhalb der Wirtschaft



2020 - 06 - 0194

Bei dem aus der Natur im Zusammenhang mit wirtschaftlichen Aktivitäten entnommenen Wasser handelt es sich einerseits um Grund-, Quell- und Oberflächenwasser sowie Uferfiltrat und andererseits um Fremd- und Regenwasser. Grund-, Quell- und Oberflächenwasser sowie Uferfiltrat werden sowohl vom Produktionsbereich Wasserversorgung gefördert als auch von den sonstigen Produktionsbereichen sowie den privaten Haushalten. Zu dem entnommenen Wasser zählt auch das von der Landwirtschaft eingesetzte Bewässerungswasser, nicht aber das von den Pflanzen ohne künstliche Bewässerung aufgenommene Wasser.

Das Wasser, das vom Produktionsbereich Wasserversorgung aus der Natur gewonnen wird, wird zumeist zu Trinkwasser aufbereitet und an die Produktionsbereiche und privaten Haushalte verteilt. Ein geringfügiger Teil wird auch als Eigenverbrauch eingesetzt und anschließend direkt der Abwasserbeseitigung zugeführt. Wasser aus der Wasserversorgung kann auch exportiert werden und verlässt damit die inländische Wirtschaft. In dem Schema wird der Saldo aus Export und Import von Wasser gezeigt. Bei der Wasserverteilung auftretende Verluste durch Versickerung und Verdunstung werden als Abgabe von Wasser an die Natur gebucht.

Bei dem als Fremd- und Regenwasser nachgewiesenen Wasser handelt es sich um dasjenige Regenwasser, das nicht auf natürliche Weise im Boden versickert, sondern über die Kanalisation abgeleitet wird. Diese Position wird dem Produktionsbereich Abwasserbeseitigung als Entnahme aus der Natur und gleichzeitige Abgabe an die Natur zugerechnet. Fremd- und Regenwasser wird nicht im ökonomischen Prozess eingesetzt, es wird aber der Natur insoweit entnommen, als es durch das technische System (Flächenversiegelung, Ableitung über das Kanalsystem) von seinem natürlichen Ort entfernt wird.

Die privaten Haushalte übergeben in der Regel das beim Konsum eingesetzte Wasser an den Bereich Abwasserbeseitigung (indirekte Einleitung), das dort nach der Behandlung in einer Kläranlage in die Natur abgeführt wird. Nur ein geringer Teil des Abwassers wird von den privaten Haushalten direkt in die Natur eingeleitet. Eine Rolle spielt auch die Verdunstung (z. B. bei der Gartenbewässerung).

Das bei der sonstigen Produktion (Produktionsbereiche ohne Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung) eingesetzte Wasser wird größtenteils als Abwasser in die Natur eingeleitet, und zwar wird es entweder direkt vom Produktionsbereich eingeleitet oder es wird an den Produktionsbereich Abwasserbeseitigung übergeben (indirekte Einleitung). Ein anderer Teil wird als Wasserdampf (Verdunstung) oder durch Versickerung in die Natur abgegeben. In der Position direkt abgeleitetes Abwasser ist auch das von den Produktionsbereichen als Berg- oder Grubenwasser entnommene und nicht weiter genutzte sondern direkt an die Natur abgeleitete Wasser sowie das Kühlwasser aus Stromerzeugungsprozessen enthalten.

Ein Teil des bei der Produktion eingesetzten Wassers wird in andere Materialarten inkorporiert. Beim Wassereinbau geht das Wasser von der Materialart Wasser in eine andere Materialart über. Wassereinbau ist insbesondere in der Landwirtschaft (Einbau von Bewässerungswasser in Pflanzen, Wassereinbau in Fleisch, Milch, Wirtschaftsdünger) sowie in der Getränke- und Nahrungsmittelherstellung von Bedeutung (Einbau in Getränken). Wasserausbau findet vor allem in der Nahrungsmittelindustrie und insbesondere in den privaten Haushalten beim Konsum von Getränken und Nahrungsmitteln statt. In dem Wasserflussschema wird der Wasser-ein- und -ausbau zur Vereinfachung saldiert dargestellt, da die einzelnen Ströme zum Wasser-ein- und -ausbau im Vergleich zu den anderen Wasserflüssen nur einen geringen Teil im Gesamtsystem ausmachen.

10.2 Berechnungsgrundlagen und Berechnungsmethoden

Die Ergebnisse der Wasserflussrechnungen werden analog zur Vorgehensweise in den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen nicht unmittelbar auf primärstatistischen Wege gewonnen, sondern durch Auswertung aller verfügbaren statistischen Quellen ermittelt. Die Ergebnisse der Ausgangsstatistiken werden auf die Darstellungskonzepte der Material- und Energieflussrechnungen umgerechnet. Eventuell bestehende Datenlücken werden durch Schätzungen geschlossen.

Ab dem Jahr 1995 wurde der Wasserfluss in tiefer Gliederung nach Produktionsbereichen berechnet. Die wichtigste Grundlage für die Ermittlung der Wasserdaten entsprechend dem System der Material- und Energieflussrechnungen sind die Ergebnisse der Statistik der öffentlichen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung sowie die

Statistik über die Wasserversorgung und die Abwasserbeseitigung im Bergbau, im Verarbeitenden Gewerbe und bei Wärmekraftwerken für die öffentliche Versorgung. Diese Quellen decken über 90 % des gesamten Darstellungsbereichs ab.

Um den Übergang von Wirtschaftsbereichen in der Abgrenzung der Fachstatistik zu den in der Input-Output-Rechnung und den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen üblichen Produktionsbereichen (homogenen Produktionseinheit, die jeweils nur Güter einer bestimmten Gütergruppe erzeugt) zu vollziehen, müssen Umsetzungen vorgenommen werden. Die Produktionstätigkeit einer homogenen Produktionseinheit umfasst – anders als die von Unternehmen – keine Nebentätigkeiten, wie beispielsweise der Erzeugung von Strom durch ein Unternehmen mit anderer Haupttätigkeit.

Im Rahmen der Wasserrechnung wurden solche Nebenaktivitäten der Wirtschaftsbereiche identifiziert, die für den Wasserfluss quantitativ von Bedeutung sind. Zu diesen Nebenaktivitäten zählen „Stromerzeugung und Lieferung von Wasser“. Die mit diesen Nebentätigkeiten verbundenen Wasserflüsse wurden den entsprechenden Produktionsbereichen Energieversorgung beziehungsweise Wasserversorgung zugeordnet. Die Abwasserbehandlung in betriebseigenen Kläranlagen wird als Hilfstätigkeit betrachtet und deshalb nicht umgesetzt.

Abbildung 10.2 gibt einen Überblick über die verfügbaren Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung der Menge des aus der Natur entnommenen Wassers. Die Quellenlage für die Berechnung der abgegebenen Wassermenge stellt sich ähnlich dar. Die Statistik der öffentlichen Wasserversorgung liefert Angaben über das insgesamt von diesem Bereich gelieferte Wasser. Allerdings wird hier nur grob nach privaten und gewerblichen Abnehmern differenziert. Wirtschaftsfachlich tief untergliederte Ergebnisse sowie Angaben über das direkt von den Produktionsbereichen und den privaten Haushalten entnommene Wasser können auf der Grundlage der Wasserstatistik für den Bergbau und das Verarbeitende Gewerbe und weiterer Quellen gewonnen werden.

Abbildung 10.2

Datenquellen zur Berechnung des Wassereinsatzes

Bereiche	Direkte Entnahme von Wasser aus der Natur	Wasser aus der öffentlichen Wasserversorgung
Energieversorgung, Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe (Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten)	Wasserstatistik	
Energieversorgung, Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe (Unternehmen unter 20 Beschäftigten)	Schätzansatz Umsatz im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe	
Landwirtschaft	Verbandsangaben für landwirtschaftliche Bewässerung	Schätzansatz Wasserbedarf Tiere
Übrige Wirtschaftsbereiche (Baugewerbe und Dienstleistungen)		Schätzansatz Baugewerbe und Dienstleistungen
Private Haushalte	Schätzansatz direkte Wasserentnahme private Haushalte	Öffentliche Wasserversorgung (private Haushalte)

Öffentliche Wasserversorgung (gewerbliche Abnehmer)

2020 - 06 - 0195

Im Folgenden werden die verwendeten Quellen und Berechnungsmethoden für die einzelnen in Abbildung 10.2 dargestellten Aggregate näher erläutert: Die Entnahme von Wasser aus der Natur setzt sich, wie bereits erwähnt, aus den Komponenten Fremd- und Regenwasser und der Position Grund-, Quell- und Oberflächenwasser, Uferfiltrat zusammen. Die Angaben über das Fremd- und Regenwasser können unmittelbar aus der Statistik der öffentlichen Abwasserbeseitigung entnommen werden. Der Berechnung der Entnahme von Grund-, Quell- und Oberflächenwasser sowie Uferfiltrat liegen mehrere Quellen zugrunde. Die Statistik der öffentlichen Wasserversorgung liefert die von der öffentlichen Wasserverteilung (Produktionsbereich Wasserverteilung) aus der Natur entnommene Wassermenge.

Ergebnisse über die direkte Wasserentnahme der privaten Haushalte werden anhand von Angaben über die Zahl der nicht an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossenen Haushalte geschätzt. Dabei wird unterstellt, dass der Wasserverbrauch je nicht angeschlossenen Haushalt dem Durchschnitt der angeschlossenen Haushalte entspricht. Die direkte Wasserentnahme der privaten Haushalte beläuft sich nur auf rund 1,5 % des insgesamt von den privaten Haushalten bezogenen Wassers. Der Wasserbezug der angeschlossenen Haushalte lässt sich aus der Statistik der öffentlichen Wasserversorgung entnehmen.

Die von den Produktionsbereichen entnommene Wassermenge setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Angaben über die von Unternehmen des Bergbaus, der Energieversorgung und des Verarbeitenden Gewerbes mit 20 und mehr Beschäftigten direkt aus der Natur entnommene sowie die von anderen Bereichen bezogene Wassermenge liefert die Wasserstatistik für den Bergbau und das Verarbeitende Gewerbe. Die Wasserentnahme durch Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten aus diesen Wirtschaftszweigen und der nicht erfassten Bereiche (Land-, Forstwirtschaft und Fischerei, Baugewerbe, Dienstleistungen) wird schrittweise geschätzt. Das von diesen Restbereichen bezogene Wasser ergibt sich im Grundsatz in der Gesamtsumme als Differenz zwischen dem insgesamt von der öffentlichen Wasserversorgung gelieferten und derjenigen Wassermenge, die die in der Wasserstatistik erfassten Bereiche bezogen haben. Eine direkte Entnahme von Wasser aus der Natur wird für die Restbereiche nicht angenommen, mit Ausnahme der Landwirtschaft (Wasserentnahme für Bewässerungszwecke) und bestimmter einzelner Wirtschaftszweige des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes (Kleinbetriebe).

Bei der Verteilung des bezogenen Wassers auf die einzelnen Bereiche wird von folgenden Ansätzen ausgegangen, die auf die obige Rechnung abgestimmt werden. Der gesamte Wassereinsatz der Kleinbetriebe im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe wird mit Hilfe von Umsatzangaben für Kleinbetriebe ermittelt, wobei unterstellt wird, dass der Wasserverbrauch je Euro Umsatz bei den Kleinbetrieben dem entsprechenden Wasserverbrauch der Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten des jeweiligen Wirtschaftszweiges entspricht. Der Anteil der Kleinbetriebe am Wasserverbrauch im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe beläuft sich auf rund 2,5 %.

Für die Landwirtschaft wird der Wasserverbrauch für die Bewässerung und für die Tierhaltung getrennt ermittelt. Die für Bewässerungszwecke von der Landwirtschaft entnommene Wassermenge wird auf der Grundlage von Angaben des Bundesverbandes für Feldberegnung bestimmt (rund 1,5 % des insgesamt aus der Natur entnommenen Wassers). Der Wasserverbrauch bei der Tierhaltung wird mit Hilfe von Kennziffern des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft über den durchschnittlichen Trinkwasserbedarf von Haustieren, die mit Angaben zum Tierbestand aus der Landwirtschaftsstatistik kombiniert werden, geschätzt (knapp 2 % der gesamten Wasserentnahme aus der Natur).

Die Ergebnisse über den Wassereinsatz im Baugewerbe und in den Dienstleistungsbereichen werden durch die Auswertung einer Vielzahl von Statistiken gebildet, um die Dienstleistungsbereiche durch bestimmte Indikatoren abbilden zu können. Einige Beispiele dafür sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 10.1
Indikatoren für ausgewählte Dienstleistungsbereiche

Produktionsbereiche	Indikator
Hotels	Erwerbstätige, Übernachtungen
Luftfahrt	Erwerbstätige, Passagiere
Schulen	Erwerbstätige, Schüler
Krankenhäuser	Erwerbstätige, Tage-Krankenhausaufenthalt
Reinigung	Erwerbstätige, Kleidung

Die Indikatoren werden mit Angaben zum Wasser- beziehungsweise Abwasseranfall pro Erwerbstätigen und Tag sowie mit entsprechenden Koeffizienten für andere Indikatoren multipliziert um den Wassereinsatz beziehungsweise Abwasseraufkommen für die einzelnen Produktionsbereiche zu schätzen.

Die Abgabe von Wasser an die Natur setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Die Abgabe von Fremd- und Regenwasser entspricht der Entnahme. Die Verluste bei der Wasserverteilung werden aus der Statistik der öffentlichen Wasserversorgung übernommen. Angaben über die Gesamtmenge des indirekt abgeleiteten Wassers liefert die Statistik der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Diese Statistik enthält zugleich auch Informationen darüber, wieviel die öffentliche Abwasserbeseitigung von den privaten Haushalten oder insgesamt von gewerblichen Einleitern an Abwasser erhalten hat.

Die Menge des direkt abgeleiteten Wassers wurde ähnlich wie die Menge des direkt entnommenen Wassers ermittelt. Die Menge des direkt abgeleiteten Abwassers der privaten Haushalte wurde anhand der Zahl der nicht angeschlossenen Haushalte und der durchschnittlichen Abwassermenge der angeschlossenen Haushalte geschätzt. Das von den Produktionsbereichen direkt abgegebene Wasser errechnet sich als Differenz zwischen dem gesamten Abwasseraufkommen dieser Bereiche und dem Anteil des Abwassers, der über die öffentliche Abwasserbeseitigung geleitet wird.

Die Datenlage bezüglich der Ermittlung der von den sonstigen Produktionsbereichen abgegebenen Abwassermenge ist ähnlich wie bei dem Wasserbezug. Unmittelbare Angaben für Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten des Bergbaus, der Energieversorgung und des verarbeitenden Gewerbes liefert die Wasserstatistik für den Bergbau und das Verarbeitende Gewerbe. Das gesamte Abwasseraufkommen in der öffentlichen Wasserversorgung, differenziert nach Haushalten und gewerblichen Einleitern, ergibt sich aus der Statistik der öffentlichen Wasserversorgung. Die Differenz zwischen der Abwasserabgabe der erfassten Bereiche und dem gewerblichen Abwasseraufkommen bei der öffentlichen Wasserversorgung bildet den Referenzrahmen, um das Abwasseraufkommen der Restbereiche zu ermitteln. Die Abwasserabgabe der Kleinbetriebe in der Energieversorgung sowie im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe (weniger als 20 Beschäftigte) und der nicht erfassten Bereiche (Land-, Forstwirtschaft und Fischerei, Baugewerbe, Dienstleistungen) wird nach verschiedenen Verfahren analog zur Vorgehensweise beim Wasserbezug ermittelt. Bei den Kleinbetrieben im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe werden Informationen über den Umsatz genutzt, bei den übrigen Bereichen werden Ergebnisse über die Verwendungsstruktur der monetären Input-Output-Tabelle (Abwassergebühren) zugrunde gelegt

Über die Verdunstung und die sonstigen Verluste liegen nur für einzelne Produktionsbereiche und einzelne Tatbestände direkte Angaben oder Schätzansätze vor. Ein Beispiel ist der Schätzansatz über den Anteil der Verdunstung beim Einsatz von Bewässerungswasser in der Landwirtschaft. Daher wird diese Größe sowohl auf gesamtwirtschaftlicher Ebene als auch für die einzelnen Produktionsbereiche als Restgröße ermittelt zwischen einerseits der Entnahme von Wasser aus der Natur und andererseits der Summe der übrigen Komponenten der Abgabe von Wasser an die Natur, dem Saldo Exporte von Wasser abzüglich Importe von Wasser sowie dem Saldo Einbau von Wasser in andere Materialien abzüglich Ausbau von Wasser aus anderen Materialien. Angaben über den Export und Import von Wasser können der Statistik der öffentlichen Wasserversorgung entnommen werden.

Wassereinbau in andere Materialien und Wasserausbau aus anderen Materialien findet insbesondere in den Produktionsbereichen Landwirtschaft, Nahrungsmittelgewerbe und Getränkeherstellung sowie bei privaten Haushalten statt. Der Einbau von Wasser in der Landwirtschaft wird für folgende Komponenten getrennt ermittelt: Beim Einbau von Bewässerungswasser wird angenommen, dass 1 % des eingesetzten Wassers in

die Pflanzen eingebaut wird und der übrige Anteil verdunstet. Der Einbau von Wasser in tierische Produkte (Fleisch, Milch, Eier) wird anhand der erzeugten Mengen und des durchschnittlichen Wassergehalts dieser Erzeugnisse ermittelt. Der Einbau von Wasser in Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche) wird anhand der Anzahl der Tiere und Kennzahlen über die durchschnittliche Düngerproduktion der Tiere bestimmt. Im Nahrungsmittelgewerbe findet sowohl Einbau als auch Ausbau von Wasser statt. Explizit geschätzt wurde nur der Wassereinbau bei der Getränkeherstellung anhand der produzierten Mengen an Getränken. Der Wasserausbau bei den privaten Haushalten wurde anhand des Wassergehalts der konsumierten Getränke und Nahrungsmittel bestimmt.

11 Flächenbelegung von Agrarrohstoffen und von Erzeugnissen pflanzlichen Ursprungs

11.1 Einführung

Für die Berechnung der Flächenbelegung durch den Inlandsverbrauch von pflanzlichen Erzeugnissen ist es nicht ausreichend, nur die heimische Produktion und die damit anfallenden landwirtschaftlichen Flächen im Inland zu betrachten. Vielmehr importiert Deutschland auch pflanzliche Erzeugnisse und Ernährungsgüter aus dem Ausland. Ein Teil der ausländischen Anbaufläche muss somit dem deutschen Inlandsverbrauch zugerechnet werden. Dem gegenüber stehen Anbauflächen in Deutschland, die nicht dem deutschen Inlandsverbrauch zugerechnet werden dürfen, da sie für Exporte im Ausland genutzt werden.

Im Folgenden wird die Berechnung der Flächenbelegung durch Import- und Exportgüter pflanzlichen Ursprungs dargestellt. Hierbei wird zunächst nicht nach den Verwendungszwecken differenziert, das heißt die Berechnung beinhaltet sowohl pflanzliche Ernährungsgüter als auch die Flächenbelegung von Futtermitteln und von pflanzlichen Gütern für technische und industrielle Zwecke.⁶²

Das Grundprinzip der Berechnung ist – in Anlehnung an die „Footprint-Methode“ – ein Koeffizienten-Ansatz. Hierbei werden für Agrarrohstoffe die Import- und Exportmengen mit dem Ernteertrag des Anbaulandes verknüpft und somit die benötigte Anbaufläche bestimmt. Für verarbeitete Erzeugnisse ist dieser einfache Ansatz nicht möglich. Hier muss zunächst von den verarbeiteten Erzeugnissen auf die Menge der Rohstoffe geschlossen werden. Zusätzliche Probleme ergeben sich daraus, dass die Lieferländer nicht zwingend mit den Anbauländern gleichgesetzt werden können. In vielen Fällen ist es nötig, die Lieferketten der Handelswaren weiter zurückzuverfolgen.

Der Vorteil des Koeffizienten-Ansatzes ist, dass durch die tiefe Gütergliederung eine detaillierte Berechnung und Ergebnisdarstellung möglich ist. Der Ansatz berücksichtigt jedoch ausschließlich die zum Anbau benötigte Fläche. Nicht untersucht wird die Flächennutzung, die im Laufe des Produktionsprozesses, zum Beispiel für Betriebsflächen und Transportwege, anfällt.

11.2 Ausgangsdaten

Als Grundlage der Flächenberechnung dienen die gütermäßig detaillierten Daten der Außenhandelsstatistik zu den Import- und Exportmengen sowie zu den Re-Exporten. Für die länderspezifischen Flächenkoeffizienten sowie für die Produktionsmengen wird auf die Datenbank der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) zurückgegriffen. Für die Umrechnung der verarbeiteten Erzeugnisse in die zur Herstellung benötigten Agrarrohstoffe wird auf eine Vielzahl von Quellen sowie auf eigene Schätzungen zurückgegriffen. Von herausragender Bedeutung sind hier jedoch die „Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities“ der FAO. Die Rückverfolgung der Lieferketten erfolgt mithilfe der COMTRADE-Datenbank der Vereinten Nationen.

62 Die Methodik wurde im Rahmen eines Projektes zu „Globale Umweltbelastung durch Produktion, Konsum und Importe“ für das Umweltbundesamt entwickelt (FKZ 3716 12 1051). Ergebnisse wurden in dem Fachbericht „Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2010-2017“ veröffentlicht: www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Publikationen/Querschnitt-Sonstiges/fachbericht-flaechenbelegung-pdf-5385101.pdf

11.3 Modellübersicht

Im Folgenden werden die Arbeitsschritte zur Berechnung der Flächenbelegung für Importe und Exporte skizziert.

- 1 **Auswahl der Warennummern:** Aus der Außenhandelsstatistik wurden die Kapitel ausgewählt, die Ernährungsgüter oder Futtermittel beinhalten. Eine Auflistung der einbezogenen Kapitel findet sich in Tabelle 11.1. Anschließend wurden sechsstellige Warennummern ausgeschlossen, die hauptsächlich nicht genießbare Produkte enthalten.⁶³ Nach dieser Bereinigung verblieben 508 sechsstellige Warennummern, für die eine Berechnung der Anbaufläche erfolgen sollte.

Tabelle 11.1

Übersicht zu den Kapiteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs im Warenverzeichnis der Außenhandelsstatistik (WA)

WA	Bezeichnung
07	Gemüse, Pflanzen für Ernährung
08	Genießbare Früchte und Nüsse
09	Kaffee, Tee, Mate, Gewürze
10	Getreide
11	Müllereierzeugnisse, Malz usw.
12	Ölsamen usw., Heilpflanzen usw.
13	Schellack, Gummen, Harz, Pflanzensaft
15	Tierische und pflanzliche Fette, Öle, Wachs
17	Zucker und Zuckerwaren
18	Kakao und Zubereitungen aus Kakao
19	Zubereitungen aus Getreide usw., Backwaren
20	Zubereitungen von Gemüse, Früchten usw.
21	Verschiedene Lebensmittelzubereitungen
22	Getränke, alkoholhaltige Flüssigkeiten, Essig
23	Rückstände der Lebensmittelindustrie, Futter

- 2 **Bestimmung der Verarbeitungsstufe:** Anschließend erfolgte die Bestimmung, ob es sich bei den ausgewählten Produkten um einen Agrarrohstoff (191 Warennummern), ein einfach verarbeitetes Produkt („Verarbeitungsstufe 1“ – 174 Warennummern) oder ein aus mehreren Rohstoffen zusammengesetztes Produkt („Verarbeitungsstufe 2“ – 85 Warennummern) handelt. Darüber hinaus wurden die sogenannten „Zuschätzungen“ (15 Warennummern) identifiziert. Des Weiteren wurden schon bei diesem Schritt einige Produkte ausgeschlossen, für die eine Flächenberechnung aufgrund fehlender Informationen nicht möglich ist (43 Warennummern).
- 3 **Bestimmung der Landkategorie:** Für die Agrarrohstoffe wurde bestimmt, ob es sich um Produkte aus einer Dauerkultur oder um Produkte aus einer genutzten Ackerfläche handelt.
- 4 **Zweite Verarbeitungsstufe:** Produkte, die auf Basis von mehr als einem Agrarrohstoff hergestellt werden, wurden in ihre pflanzlichen Bestandteile zerlegt. Bei den Bestandteilen kann es sich sowohl um Agrarrohstoffe als auch um bereits verarbeitete Produkte der ersten Verarbeitungsstufe handeln.

⁶³ Das Kapitel 13 wurde somit vollständig von der Analyse ausgeschlossen, da es sich entweder um Waren handelt, die nicht primär den Ernährungsgütern zugeordnet werden können (z. B. Opiate) oder deren Flächenberechnung sich als sehr ungenau herausstellt (z. B. Pektine).

- 5 **Erste Verarbeitungsstufe:** Verarbeitete Produkte wurden auf ihre Agrarrohstoffe zurückgeführt. Dies erfolgte auch für Produkte, die sich aus den Berechnungen der Bestandteile der zweiten Verarbeitungsstufe ergaben. Somit sind Export- und Importmengen nach Durchführung dieses Bearbeitungsschrittes in die jeweils zur Produktion benötigte Menge an Agrarrohstoffen umgerechnet.
- 6 **Bestimmung der Anbauländer:** Importseitig muss das Lieferland nicht zwangsläufig identisch mit dem Anbauland sein. Für offensichtliche Fälle, in denen kein Anbau im Land vorhanden ist (z. B. Kakaobohnen in den Niederlanden) erfolgte eine Umbuchung des Anbaulands mithilfe eines Algorithmus zur Zurückverfolgung der Lieferketten. Des Weiteren wurde für importierte verarbeitete Produkte im Lieferland das Verhältnis aus Importanteil und Inlandsanteil untersucht. Für den Importanteil erfolgte eine Zurückverfolgung der Lieferketten des Agrarrohstoffs.
- 7 **Flächenberechnung:** Die Anbaufläche wurde bestimmt, indem die berechnete Menge der Agrarrohstoffe mit den Ertragskoeffizienten der Anbauländer verknüpft wurde.
- 8 **Importanteil der Exportgüter:** Für die Exportgüter muss berücksichtigt werden, dass es sich bei einem Teil der Produkte um reine Re-Exporte handelt. Darüber hinaus werden zur Produktion der Exportgüter nicht nur in Deutschland angebaute Agrarrohstoffe verwendet, sondern auch solche, die zuvor importiert wurden. In diesem Berechnungsschritt erfolgte die Berechnung dieses Importanteils.

Nach Durchführung dieser Berechnung ergab sich sowohl für die Importe als auch für Exporte die berechnete Flächenbelegung. Nicht berücksichtigt wurde jedoch zunächst der Verwendungszweck, das heißt ob das Produkt direkt als Ernährungsgut konsumiert wird oder ob es sich vielmehr um ein Futtermittel oder ein Vorprodukt für industrielle Erzeugnisse handelt. Hierfür erfolgte eine getrennte Berechnung der Anteile für Futtermittel und industrielle Zwecke.

Im Folgenden werden die wichtigsten Berechnungsschritte näher erläutert. Zur besseren Verständlichkeit folgt die Erklärung jedoch nicht der zeitlichen Abfolge der Rechenschritte des Modells. Zunächst wird der Algorithmus zur Zurückverfolgung der Lieferketten vorgestellt. Anschließend wird der einfache Fall der Agrarrohstoffe behandelt, bevor die Berechnung der ersten und zweiten Verarbeitungsstufe vorgestellt werden. Abschließend wird die Berechnung des Importanteils der Exportgüter erläutert.

11.4 Zurückverfolgung der Lieferketten

Obwohl für dieses Projekt die Außenhandelsdaten des Statistischen Bundesamtes – die Importe gegliedert nach Ursprungsländern – verwendet wurden, ist hierdurch nicht zwangsläufig sichergestellt, dass der Anbau des Agrarrohstoffs auch in diesem Land stattfindet. So enthalten die Außenhandelsdaten zum Beispiel Einträge für Kaffeebohnen, die aus den Niederlanden als Ursprungsland importiert wurden. Dies ist unter anderem den komplizierten zollrechtlichen Bestimmungen im Intra-Handel der EU geschuldet. Zur Bestimmung des tatsächlichen Anbaulands ist es in solchen Fällen nötig, die Lieferketten weiter zurückzuverfolgen. Des Weiteren ist es bei verarbeiteten Produkten möglich, dass der benötigte Agrarrohstoff nicht im Lieferland angebaut wurde, sondern vielmehr aus einem anderen Land zuvor importiert wurde. So importiert Deutschland große Mengen an Produkten auf Rapsbasis aus den Niederlanden. Die Niederlande verfügt jedoch nur über einen vergleichsweise geringen Anbau von Raps. Vielmehr werden größeren Mengen importiert (z. B. aus Australien). Auch hier ist eine Zurückverfolgung der Lieferketten notwendig, da die Fläche in den Niederlanden ansonsten überschätzt würde.

Die vollständige Überprüfung aller Länder und aller Agrarrohstoffe würde jedoch nicht nur einen sehr hohen Rechenaufwand erfordern, sondern vor allem möglichst vollständige Daten zur Import- und Anbaustruktur in den Ländern voraussetzen. Letzteres ist jedoch für viele außereuropäische nicht gegeben. Daher wurde für die Zurückverfolgung

der Lieferketten a-priori eine Beschränkung auf 30 Länder (EU-28, Schweiz, Serbien) und 151 Warennummern festgelegt. Insbesondere ist für diese 30 Länder eine hohe Güte der FAO-Daten zu erwarten.

Zur Bestimmung der Lieferkette wurde auf die COMTRADE Datenbank der Vereinten Nationen zurückgegriffen. Diese enthält unter anderem weltweite Angaben zu den Handelsströmen für Importe. Mit Hilfe dieser Daten wurde ein Algorithmus zur Bestimmung der tatsächlichen Anbauländer entwickelt. Die Grundidee ist, dass die Handelsmengen gemäß der Struktur der COMTRADE-Datenbank auf die vorgelagerten Lieferländer aufgeteilt werden. Sollte die Zurückverfolgung der Lieferketten auf eines der 30 betrachteten Länder verweisen und der Agrarrohstoff dort nicht angebaut werden, so wird die Lieferkette ein zweites Mal zurückverfolgt. In diesem zweiten Schritt werden zusätzlich aus der COMTRADE Struktur alle Länder ausgeschlossen, in denen kein Anbau des Agrarrohstoffs stattfindet. Somit ist sichergestellt, dass nach der zweiten Lieferkette nicht auf ein europäisches Land verwiesen wird, in dem kein Anbau des Agrarrohstoffs stattfindet.

Bei der Zurückverfolgung der Lieferketten werden unwichtige Länder der Lieferkette, die einen Anteil von weniger als 5 % ausweisen, nicht berücksichtigt. Des Weiteren werden zur Bestimmung der Lieferstruktur nur die Daten der Jahre 2008, 2011 und 2014 verwendet. Diese Maßnahmen dienen dazu die Laufzeit des Algorithmus zu beschränken und gleichzeitig den Datensatz nicht unnötig aufzublähen.

Beispiel: Im Jahr 2015 importierte Deutschland 417 816,4 Tonnen Rapssamen aus den Niederlanden. Aufgrund des vergleichsweise geringen Anbaus von Raps in den Niederlanden muss eine Zurückverfolgung der Lieferketten erfolgen. Die Niederlande importierte aus 27 Ländern Rapssamen, von denen jedoch nur sieben Länder einen Anteil von mindestens 5 % ausweisen. Für diese sieben Länder wurde nun eine korrigierte Importstruktur erstellt: Australien 41 %, Ukraine 13 %, Deutschland 12 %, Litauen 11 %, Vereinigtes Königreich 9 %, Frankreich 7 % und Rumänien 7 %. Gemäß diesen Anteilen wurden die 417 816,4 Tonnen Rapssamen auf die sieben Anbauländer aufgeteilt.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte des Algorithmus näher erläutert.

Zunächst muss geprüft werden, ob eine Zurückverfolgung der Lieferketten nötig ist oder ob es sich beim Lieferland vielmehr bereits um das Anbauland handelt. Eine Zurückverfolgung der Lieferketten erfolgte in folgenden Fällen:

1. Es handelt sich um einen importierten Agrarrohstoff, wobei der Importanteil am Gesamtaufkommen im Lieferland mindestens 90 % beträgt.
2. Es handelt sich um ein importiertes verarbeitetes Produkt.
3. Es handelt sich um ein Exportgut, wobei der Agrarrohstoff nicht in Deutschland angebaut wird.⁶⁴

Als nächstes erfolgt die eigentliche Zurückverfolgung der Lieferkette. Hierfür muss unterschieden werden, ob es sich um einen Agrarrohstoff oder um ein verarbeitetes Produkt handelt.

1. Bei einem verarbeiteten Produkt wird die Importmenge gemäß dem Inlandsanteil und dem Importanteil des Agrarrohstoffs aufgeteilt.⁶⁵ Der Inlandsanteil wird weiterhin dem Lieferland zugerechnet. Für den Importanteil hingegen erfolgt eine Zurückverfolgung der Lieferkette gemäß der bereinigten COMTRADE-Struktur. Sofern sich hierbei ein europäisches Land ergibt, in dem kein Anbau des Agrarrohstoffs stattfindet, wird die Lieferkette ein zweites Mal zurückverfolgt.

⁶⁴ Für verarbeitete Produkte wird der Importanteil erst in einem späteren Rechenschritt berücksichtigt (vgl. Abschnitt 1.8). Grund hierfür ist, dass bei den Exporten – im Gegensatz zu den Importen – auch die Re-Exporte berücksichtigt werden.

⁶⁵ Hierbei wurde die Annahme getroffen, dass der Importanteil der Exporte in dem jeweiligen Lieferland identisch ist mit dem Verhältnis der Importe am Gesamtaufkommen des Agrarrohstoffs.

2. Für Agrarrohstoffe wird die gesamte Handelsmenge durch eine Zurückverfolgung der Lieferkette umverteilt. Sofern sich hierbei ein europäisches Land ergibt, in dem kein Anbau des Agrarrohstoffs stattfindet, wird die Lieferkette ein zweites Mal zurückverfolgt.

In manchen Fällen kann die Lieferkette aufgrund fehlender Daten nicht zurückverfolgt werden. In diesem Fall wird als Anbauland „nicht zuordenbare Länder“ bestimmt.

Insgesamt zeigte sich, dass mithilfe dieses Algorithmus die Lieferketten sehr gut zurückverfolgt werden können. Insbesondere für problematische Fälle wie zum Beispiel den Importen aus den Niederlanden auf Basis von Rapsamen und Mais konnten interessante Erkenntnisse bezüglich der „wahren“ Anbauländer gewonnen werden.

Allerdings können Probleme auftreten, die der Algorithmus nicht lösen kann. Die Lieferketten werden grundsätzlich auf Basis der Agrarrohstoffe zurückverfolgt. Für höher verarbeitete Produkte ist es jedoch möglich, dass nicht die Agrarrohstoffe, sondern vielmehr Zwischenprodukte gehandelt werden. So wird bei Schokolade nur die Importstruktur der Zuckerrübe nicht jedoch die des Zuckers berücksichtigt. Während die Auswirkungen im Fall der Schokolade unklar sind, gibt es Produkte bei denen offensichtlich Probleme auftreten können. So importiert Spanien große Mengen an Melasse zur Produktion von Rum, während mithilfe des Algorithmus nur die Importstruktur des Rohrzuckers verfolgt wird.

Auch für die Produkte Palmöl und Kokosöl ergeben sich Probleme, da hier nicht die eigentliche Frucht, sondern vielmehr bereits zwischenverarbeitetes Öl gehandelt wird. Für das Palmöl konnte eine Lösung gefunden werden, in dem hier explizit auf die Importstruktur des Öls zurückgegriffen wird. Für die anderen Fälle war eine solche Lösung jedoch nicht möglich. Zur Korrektur erfolgte ein zeilenweiser Vergleich der Einfuhrmenge mit der Erntemenge in einem Anbauland. Hierdurch konnten nicht plausible Fälle identifiziert werden. In diesen Fällen wurde der Teil der Einfuhrmenge, die die Erntemenge überstieg, als „nicht zuordenbare Länder“ verbucht. Insgesamt führte dies dazu, dass circa 1,5 % der importierten Anbaufläche keinem Anbauland zugeordnet werden konnten.

11.5 Agrarrohstoffe

Für Agrarrohstoffe muss die Menge der importierten, beziehungsweise exportierten Güter umgerechnet werden in die beim Anbau benötigte Fläche. Die Berechnung erfolgt in zwei Schritten: Im ersten Schritt werden die Lieferketten gemäß dem in Abschnitt 10.2.4 vorgestellten Algorithmus zurückverfolgt. Im zweiten Schritt wird schließlich die Anbaufläche bestimmt, indem die Menge des Agrarrohstoffes durch den Ertragskoeffizienten des Anbaulandes (t/ha) dividiert wird. Die Berechnung der Anbaufläche erfolgt, vereinfacht dargestellt, nach der Formel:

$$\text{Fläche} = \frac{\text{Menge}}{\text{Ertrag}}$$

Grundsätzlich stellt die FAO Informationen zum Ertrag, aufgeschlüsselt nach Ländern und Jahren, zur Verfügung. Allerdings entspricht weder die Klassifikation der Waren noch die der Länder der Außenhandelsstatistik. Für die Anbauländer konnte ein – nahezu – eindeutiges Zuordnungsschema zwischen dem FAO Code und dem Code der Außenhandelsstatistik gebildet werden. In Bezug auf die Waren existieren jedoch Unterschiede in der Klassifikation, die in Kauf genommen werden mussten.

Für die Flächenberechnung wurde importseitig nicht auf die jährlichen Erträge zurückgegriffen, sondern vielmehr wurde ein durchschnittlicher Ertrag für die Jahre 2008 bis 2011 und für 2012 bis 2015 gebildet. Dieses Verfahren soll verhindern, dass nicht plausible Sprünge sowie fehlende Werte in der Ertrags-Zeitreihe die Flächenberechnung verzerren. Die naheliegende alternative Anwendung eines gleitenden Mittelwerts ist

aufgrund der Anpassung des Warenverzeichnisses der Außenhandelsstatistik im Jahr 2012 nicht möglich. Exportseitig wurde für Waren, die in Deutschland produziert werden, aufgrund der hohen Datenqualität auf die jährlichen Ertragsangaben zurückgegriffen.

In circa 10 % der betrachteten Fälle für Importe und Exporte ist in der FAO-Statistik jedoch keine Angabe zum Ertrag vorhanden. Grund hierfür ist entweder, dass die Daten nicht an die FAO übermittelt wurden oder dass es sich tatsächlich nicht um das Anbauland handelt, das heißt die Lieferketten müssten weiter zurückverfolgt werden. Eine Unterscheidung der Ursachen ist jedoch nicht möglich, da die FAO-Statistik keine Angaben zu den Ursachen für fehlende Werte bereitstellt. Zur Lösung der Problematik erfolgt ein zweistufiges Ersetzungsverfahren. Zunächst wird versucht auf den durchschnittlichen Ertrag des Kontinents zurückzugreifen. Sollte auch hier keine Angabe vorhanden sein, so wird stattdessen der weltweite Durchschnittsertrag zur Berechnung verwendet. Somit ist sichergestellt, dass für alle Import- und Exporteinträge eine Flächenberechnung erfolgt.

Beispiel: Im Jahr importierte 2015 Deutschland 35 877,4 Tonnen Kaffeebohnen aus Äthiopien. Für Äthiopien enthält die FAO-Datenbank jedoch keine Angaben zum Ertrag von angebauten Kaffeebohnen. Somit wird für die Berechnung der Anbaufläche stattdessen der Durchschnittswert Afrikas verwendet. Für die Jahre 2011–2015 betrug der durchschnittliche Ertrag Afrikas für Kaffeebohnen 0,4124 Tonnen pro Hektar Anbaufläche. Deutschland importierte 2015 somit für den Anbau von Kaffeebohnen eine Fläche von 86 997 Hektar aus Äthiopien.

11.6 Güter der ersten Verarbeitungsstufe

Mit Erzeugnissen der ersten Verarbeitungsstufe werden im Folgenden Produkte bezeichnet, die durch einen oder mehrere Verarbeitungsprozesse (z. B. Rösten, Schälen, Trocknen, Mahlen, Pressen etc.) unmittelbar aus einem einzigen Agrarrohstoff gewonnen werden können. Im Gegensatz zu Erzeugnissen der zweiten Verarbeitungsstufe lässt sich ein Produkt der ersten Verarbeitungsstufe immer eindeutig auf einen Agrarrohstoff zurückführen. Zu beachten ist jedoch, dass die Warennummern der Außenhandelsstatistik nur in den wenigsten Fällen ausschließlich Produkte enthalten, die eindeutig einem einzigen Rohstoff zugeordnet werden können. Vielmehr enthalten viele Warennummern auch Zumischungen anderer Produkte. Ein Produkt wird dann der ersten Verarbeitungsstufe zugeordnet, wenn es quantitativ vertretbar ist, die weiteren Zutaten nicht zu berücksichtigen.

Da es sich bei den Erzeugnissen der ersten Verarbeitungsstufe um verarbeitete Agrarrohstoffe handelt, ist der Flächenkoeffizient a-priori unbekannt. Zur Bestimmung müssen die verarbeiteten Produkte vielmehr mittels sogenannter „technical conversion factors“ (TCF) in ihre jeweiligen Agrarrohstoffe überführt werden. Beispielsweise stellt sich die Frage, wie viel Tonnen Pistazien mit Schale (Agrarrohstoff) benötigt werden um eine Tonne Pistazien ohne Schale (erste Verarbeitungsstufe) zu produzieren.

Gedanklich können zwei Arten an Verarbeitungsprozessen unterschieden werden. Erstens existieren Verfahren, die einen Agrarrohstoff in ein einziges marktfähiges Produkt überführen. Zweitens kann ein Verfahren auch dazu führen, dass mehrere marktfähige Produkte, sogenannte Kuppelprodukte, entstehen. Ein Produkt wird im Folgenden als „marktfähig“ verstanden, wenn es mit einem positiven Wert entweder als Export oder Import gehandelt wird. Nicht marktfähige Produkte werden dementsprechend als reine Abfallprodukte angesehen und nicht berücksichtigt. Im Folgenden sollen die Unterschiede bei der Berechnung der Verarbeitungsprozesse anhand von zwei Beispielen verdeutlicht werden:

Beispiel „Pistazien“: Deutschland importierte im Jahr 2015 aus den Vereinigten Staaten 4 900 Tonnen Pistazien ohne Schale. Fraglich ist, welche Anbaufläche hierfür in den Vereinigten Staaten benötigt wurde. Hierzu muss zunächst berechnet werden, wie-

viel Tonnen an Pistazien mit Schale zur Produktion der Pistazien ohne Schale benötigt wurden. Aus der Literatur ist bekannt, dass der Anteil der Schale im Durchschnitt 57 % beträgt, das heißt die eigentliche Pistazie macht 43 % des Gesamtgewichts aus. Folglich werden zur Produktion einer Tonne Pistazien ohne Schale (1/0,43) Tonnen Pistazien mit Schale benötigt. Die 4 900 Tonnen importierter Pistazien ohne Schalen entsprechen somit 11 395 Tonnen an Pistazien mit Schale, die in den Vereinigten Staaten angebaut werden mussten, um die Importmenge herstellen zu können. Entscheidend ist hierbei, dass die Pistazienschalen als Abfallprodukt betrachtet werden.

Beispiel „Soja“: Aus einer Tonne Soja können nach den Angaben der FAO 0,2 Tonnen Sojaöl hergestellt werden. Gleichzeitig entstehen bei diesem Prozess jedoch auch 0,7 Tonnen an Ölkuchen. Beide Produkte sind marktfähig, das heißt sie haben einen Wert und werden auch importiert. Eine Berechnung getrennt für beide Produkte ist nicht möglich, vielmehr müssen die Besonderheiten der Kuppelproduktion berücksichtigt werden.

Dies lässt sich verdeutlichen, wenn man unterstellt, dass Deutschland 0,2 Tonnen Sojaöl und 0,7 Tonnen Ölkuchen importiert. Produktionsseitig entspricht dies genau einer Tonne Soja. Eine getrennte Rechnung für beide Produkte nach Vorschrift des vorherigen Beispiels würde die Menge des zur Produktion benötigten Agrarrohstoffs jedoch überschätzen (0,2 Tonnen/0,2+0,7 Tonnen/0,7=2 Tonnen Sojabohnen).

Als einfache Lösung könnte man die Summe der TCF der marktfähigen Produkte zugrunde legen (1 Tonne Sojaöl entspricht 1/(0,2+0,7) Tonnen an Sojabohnen, das heißt es wird lediglich der Abfallanteil von 0,1 Tonnen herausgerechnet. Das Problem dieser „ungewichteten“ Berechnung ist jedoch, dass sich implizit der Flächenkoeffizient von Sojaöl und Ölkuchen nicht unterscheiden würde, das heißt zur Produktion von einer Tonne Sojaöl würde genauso viel Fläche benötigt wie zur Produktion von einer Tonne Sojakuchen. Eine solche Annahme erscheint jedoch nicht gerechtfertigt. Zum einen scheint die Gewinnung des Sojaöls bei der Produktion das primäre Ziel zu sein. Und zum anderen kann aus einer Tonne Sojabohnen viel mehr Ölkuchen als Sojaöl gewonnen werden. Wünschenswert wäre demnach ein Verfahren, das den Flächenanteil des Sojaöls höher gewichtet als den des Ölkuchens. Ein solches Verfahren ist die „Wertgewichtung“, bei dem die Preise der beiden Produkte als Gewichtungsfaktoren berücksichtigt werden.

Folglich ergeben sich zwei Berechnungsmethoden:

1. Produktion ohne marktfähiges Kuppelprodukt:

$$\text{Menge Agrarrohstoffe}_{i,t} = \frac{\text{Menge verarbeitetes Produkt}_{i,t}}{\text{TCF}}$$

2. Produktion mit marktfähigem Kuppelprodukt

$$\text{Menge Agrarrohstoffe}_{i,t} = \text{Menge verarbeitetes Produkt}_{i,t} * \frac{P_1}{(\text{TCF}_1 * P_1 * \text{TCF}_2 * P_2)}$$

, wobei P_1 und TCF_1 den Preis und den technischen Koeffizienten des zu berechnenden Produkts und P_2 sowie TCF_2 den Preis und den technischen Koeffizienten des Kuppelprodukts bezeichnen.

Der Anteil der nicht berücksichtigten Abfallprodukte ergibt sich durch (100-TCF). Tabelle 1 im Anhang gibt eine Übersicht über die Produkte, für die eine Kuppelproduktion berechnet wurde.⁶⁶

⁶⁶ Die genauen Listen zu den verwendeten technischen Koeffizienten können beim Statistischen Bundesamt angefordert werden.

Ein großer Teil der Informationen zu den TCF stammt von der FAO und dem Landwirtschaftsministerium der Vereinigten Staaten von Amerika. Für einige Produkte mussten eigene Schätzungen durchgeführt werden. Die TCF werden als zeitinvariant betrachtet, das heißt Veränderungen der Produktivität werden nicht berücksichtigt. Da jedoch nur die Jahre 2008 bis 2015 betrachtet werden, erscheint ein solches Vorgehen angemessen zu sein. Kritischer ist die Annahme, dass in allen Ländern eine gemeinsame Produktionstechnologie unterstellt wird. Während dies für einfache Verfahren wie zum Beispiel Schälen unerheblich sein dürfte, könnten bei technologisch komplizierten Verfahren Unterschiede zwischen den Ländern vorhanden sein. Aufgrund fehlender Daten ist zum jetzigen Zeitpunkt eine Berücksichtigung unterschiedlicher Produktionstechnologien jedoch nicht möglich.

Die Preisberechnung erfolgt endogen im Simulationsmodell über die Daten des Außenhandels. Hierbei wird der Wert der Waren durch das Gewicht geteilt. Es ergibt sich somit einen Preis ausgedrückt in Euro pro Tonne. Eine Differenzierung zwischen Importpreisen und Exportpreisen gibt es nicht. Ebenso wird auf eine Berechnung getrennt nach Jahren verzichtet, das heißt es wird ein Durchschnittspreis über alle Jahre gebildet. Grund hierfür ist, dass die Idee der Preisgewichtung weniger einer Modellierung der Produktionsbegebenheiten folgt, als vielmehr versucht wird, die unterschiedliche Bedeutung der einzelnen Kuppelprodukte mathematisch zu beschreiben. Eine jährliche Anpassung der Preise würde dieses Verfahren jedoch überreizen. So würden sich Veränderungen im Verhältnis der jeweiligen Preise unmittelbar in der Berechnung der Anbaufläche widerspiegeln. Preisveränderungen würden somit zum Beispiel ohne eine Veränderung der Importmenge oder eine Anpassung des Ertrags des Agrarrohstoffs trotzdem zu einer Veränderung der importierten Fläche führen.

Bislang wurde davon ausgegangen, dass bei der Verarbeitung eines Agrarrohstoffs nur zwei Kuppelprodukte entstehen können. Dies ist jedoch nicht zwangsläufig gegeben. In solchen Fällen wurden die TCF der Kuppelprodukte zusammenaddiert und der Preis des wichtigsten Kuppelprodukts angesetzt.

Nachdem die Produkte der ersten Verarbeitungsstufen in ihre Rohstoffe umgerechnet wurden, folgt die weitere Berechnung denen der ursprünglich definierten Agrarrohstoffe. Insbesondere erfolgt eine Umbuchung des Anbaulandes gemäß den Vorschriften aus Abschnitt 11.4.

11.7 Güter der zweiten Verarbeitungsstufe

Mit Erzeugnissen der zweiten Verarbeitungsstufe werden im Folgenden Produkte bezeichnet, die nicht auf einen einzigen Rohstoff zurückgeführt werden können. Vielmehr handelt es sich um Erzeugnisse, die im Produktionsprozess aus verschiedenen Vorprodukten zusammengesetzt werden. Diese Vorprodukte müssen nicht zwangsläufig alle pflanzlichen Ursprungs sein. Ein Beispiel hierfür stellt die Milkschokolade dar, die neben pflanzlichen Produkten wie Zucker und Schokolade auch das tierische Erzeugnis Milch enthält. Für die Einordnung der Verarbeitungsstufe ist es unerheblich, ob es sich bei den Vorprodukten um Agrarrohstoffe oder bereits verarbeitete Erzeugnisse handelt.

Praktisch erfolgt die Flächenberechnung der Produkte der zweiten Verarbeitungsstufe, indem zunächst die Anteile der Bestandteile geschätzt werden. Bei den Bestandteilen kann es sich gemäß der obigen Definition sowohl um Agrarrohstoffe als auch um Produkte der ersten Verarbeitungsstufe handeln.

Beispiel: Das wichtigste Import- und Exportgut der zweiten Verarbeitungsstufe ist das Bier aus Malz (WA 220300). Es wird unterstellt, dass für die Herstellung von einer Tonne Bier 210 kg Gerste und 4 kg Hopfen benötigt werden. Die gewichtsmäßigen Anteile betragen somit 0,21 für Gerste und 0,004 für Hopfen. Der Restbetrag von 0,786 entspricht weiteren nicht berücksichtigten Zutaten, hier primär dem Wasser. Beide betrachteten Bestandteile sind hierbei Agrarrohstoffe. Es wäre jedoch auch

denkbar, stattdessen als Bestandteile die verarbeitete Gerste und den verarbeiteten Hopfen zu verwenden und die entsprechenden Koeffizienten zu schätzen. Der Grund dafür, dass direkt auf die Rohstoffe verwiesen wird ist, dass hierfür bessere Informationen bezüglich der Koeffizienten vorliegen.

Handelt es sich bei den Bestandteilen um Produkte der ersten Verarbeitungsstufe, so werden diese gemäß den Vorschriften aus Abschnitt 1.6 in ihre Rohstoffe aufgelöst. Anschließend erfolgt die Überprüfung, ob es sich beim Lieferland um das Anbauland handeln kann und gegebenenfalls wird eine Umbuchung vorgenommen.

Bei dem oben gewählten Beispiel handelt es sich um ein Gut, das relativ homogene Produkte enthält. Dies ist jedoch für viele Warennummern der zweiten Verarbeitungsstufe nicht der Fall. So enthält zum Beispiel die Position „Lebensmittelzubereitungen, anderweitig weder genannt noch inbegriffen – andere“ (WA 120690) eine Vielzahl sehr heterogener Produkte. Hierzu gehören Kräutertees, Nahrungsergänzungsmittel, bestimmte Backmischungen, Honig mit Gewürzbeimischung und vieles mehr. Die genauen Produktbezeichnungen werden jedoch in Deutschland im Rahmen der Außenhandelsstatistik nicht erhoben. Während bei der ersten Verarbeitungsstufe die Umrechnung in die Agrarrohstoffe zum Großteil mithilfe der FAO Daten erfolgt, muss bei der zweiten Verarbeitungsstufe daher in viel größerem Maß auf eigene Schätzungen zurückgegriffen werden. Eine wichtige Informationsquelle stellt hierfür die „Verbindliche Zolltarifauskunft“ dar.

Bei der Schätzung der Koeffizienten wird nicht zwischen einzelnen Ländern differenziert. Ein solcher Ansatz würde aufgrund der Datenlage insgesamt keine Verbesserung bringen. Die fehlende Differenzierung führt jedoch insbesondere dann zu Fehlern, wenn es innerhalb einer Warennummer Produkte gibt, die typischerweise aus bestimmten Ländern importiert werden. Als klassisches Beispiel können hierfür Gemüsemischungen angeführt werden. Typischerweise werden aus asiatischen Ländern andere Mischungen importiert als aus europäischen Nachbarländern. Beide werden in der Außenhandelsstatistik jedoch unter derselben Warennummer eingruppiert.

Grundsätzlich erfolgt für die einzelnen Agrarrohstoffe, die zur Produktion des Produktes benötigt werden, eine Umbuchung des Anbaulandes gemäß dem in Abschnitt 11.4 vorgestellten Algorithmus. Zusätzlich ergibt sich jedoch bei Produkten der zweiten Verarbeitungsstufe das Problem, dass neben den Agrarrohstoffen auch bereits verarbeitete Zwischenprodukte zur Herstellung von Exportgütern importiert werden können.

Beispiel: Deutschland importierte im Jahr 2014 aus den Niederlanden 36 982 Tonnen an Keksen und ähnlichem Gebäck (WA 190531). Unter anderem wird zur Produktion Mehl und Zucker benötigt. Die Niederlande decken das Aufkommen an Weizen jedoch nicht nur durch eigenen Anbau (ca. 81 %) sondern auch durch Importe ab (19 %). Ein Teil des Weizens wird somit in andere Anbauländer umgebucht. Nicht berücksichtigt wird hingegen jedoch, dass die Niederlande auch Mehl importierten könnten.

Im Gegensatz zum Importanteil der Agrarrohstoffe wäre eine Korrektur der Anbauländer jedoch deutlich komplizierter, da hierfür auch Produktionsdaten benötigt würden. Insgesamt muss festgehalten werden, dass die Flächenberechnung der Produkte der zweiten Verarbeitungsstufe deutlich fehleranfälliger ist als die Berechnung der Agrarrohstoffe und der Produkte der ersten Verarbeitungsstufe. Allerdings ist die zweite Verarbeitungsstufe auch vergleichsweise weniger bedeutend und entspricht nur circa 13 % der gesamten Importmenge, beziehungsweise 14 % der Exportmenge.

11.8 Importanteil der Exportgüter

Exportiert Deutschland Produkte pflanzlichen Ursprungs, so folgt daraus nicht zwangsläufig, dass die Agrarrohstoffe auch in Deutschland angebaut werden. So exportierte Deutschland 7 682,5 Tonnen an geröstetem und entkoffeiniertem Kaffee im Jahr 2015. Da Kaffeebohnen nicht in Deutschland angebaut werden, müssen diese zunächst aus

dem Ausland importiert worden sein. Des Weiteren kann es sich bei einem Teil des gerösteten und entkoffeinierten Kaffees auch um einen Re-Export handeln, das heißt die Ware selbst wurde nicht in Deutschland produziert. Aber auch für Erzeugnisse deren Agrarrohstoffe grundsätzlich in Deutschland angebaut werden, kann ein positiver Importanteil vorliegen. So besteht ein Teil des exportierten Weizenmehls aus Weizen, der zuvor aus dem Ausland importiert wurde.

Für die Berechnung des Inlandsverbrauchs führt eine Vernachlässigung des Importanteils nicht zwangsläufig zu einer verzerrten Schätzung. Ausländische Agrarrohstoffe, die zur Produktion von verarbeiteten Exportprodukten benötigt werden, werden im Modell sowohl import- als auch exportseitig (hier als berechnete Agrarrohstoffäquivalente) aufgeführt. Somit saldieren sich die Mengen in der Inlandsverbrauchsrechnung aus. Für die Flächenberechnung gilt das aber nur dann, wenn sich der Ertrag der Agrarrohstoffe in Deutschland und im Importland nicht zu sehr unterscheidet. Ohne eine Berücksichtigung des Importanteils würde für die gesamte Exportmenge der Ertragskoeffizient Deutschland angesetzt werden, obwohl eigentlich ein Teil der benötigten Rohstoffe im Ausland angebaut und der ausländische Ertragskoeffizient verwendet werden müsste. Ist der Ertrag in Deutschland höher als im Importland, so wird – ohne eine Berücksichtigung des Importanteils – der Flächenabdruck der Exportwaren unterschätzt und somit der Inlandsverbrauch überschätzt und umgekehrt.

Darüber hinaus ist eine Berücksichtigung des Importanteils zwingend für die Berechnung notwendig, welche Anbaufläche in Deutschland für die Exportwaren benötigt wurde. Insgesamt ist die Berechnung des Importanteils der Exportgüter an die Berechnungsvorschriften der Importe angelehnt. Jedoch werden bei den Exporten – im Gegensatz zu den Importen – zusätzlich die Re-Exporte berücksichtigt. Dies führt zu einer verbesserten Schätzung der im Inland benötigten Anbaufläche. Im Folgenden wird zunächst die Behandlung der Re-Exporte erläutert. Anschließend werden die Berechnungen des Importanteils der Agrarrohstoffe skizziert.

11.8.1 Re-Exporte

Re-Exporte werden im Rahmen der Außenhandelsstatistik sowohl importseitig mit Angabe des Herkunftslandes als auch exportseitig mit Angabe des Bestimmungslandes erhoben. Grundsätzlich würde dies eine länderspezifische Bereinigung der Importe und Exporte um die Re-Exporte ermöglichen. Beide Statistiken weisen jedoch große Differenzen auf und sind insbesondere in Hinblick auf die Länderangaben mit Vorsicht zu behandeln. So ist beim Import einer Ware nach Deutschland der Bestimmungszweck oftmals noch nicht abschließend geklärt. Darüber hinaus kann es zu einem Problem der zeitlichen Zuordnung kommen, wenn Waren über zwei betrachtete Zeitperioden hinweg zwischengelagert werden.

Zusätzlich scheinen die Re-Exporte bei vielen Warennummern grundsätzlich unterschätzt zu sein. So existieren einige Warennummern, die sowohl den eigentlichen Agrarrohstoff enthalten als auch Produkte, die durch eine geringe Verarbeitung des Rohstoffs entstehen. Diese geringe Verarbeitung führt jedoch dazu, dass die Waren nicht als Re-Exporte gekennzeichnet werden, selbst wenn sich die Warennummer hierdurch nicht ändert. Aus diesen Gründen wurde darauf verzichtet die Importe und Exporte vor der Flächenberechnung zu bereinigen. Vielmehr wurde nachträglich eine Korrektur für die Re-Exporte vorgenommen, wobei die Re-Exporte angepasst wurden und länderspezifische Informationen unberücksichtigt blieben.

Hierzu wurden zunächst die exportseitig erfassten Re-Exporte über alle Bestimmungsländer hinweg nach ihren Warennummern (Sechssteller) aggregiert. Anschließend erfolgte eine Korrektur der Re-Exporte um sicherzustellen, dass die Re-Exporte nicht höher sind als die Importe oder Exporte im jeweiligen Jahr. Abschließend wurden für Agrarrohstoffe, die nicht in Deutschland angebaut werden (z. B. Kaffeebohnen) die Re-Exporte auf die Höhe der Exporte angehoben.

Dieses Verfahren berücksichtigt nicht die mögliche zeitliche Verzögerung durch Lagerhaltung, ermöglicht jedoch eine plausible Berücksichtigung der Re-Exporte trotz der oben beschriebenen Probleme der Ausgangsdaten. Da die länderspezifischen Informationen der Re-Exporte jedoch nicht genutzt werden können, gehen bei der Berechnung der Exportmengen und Exportflächen jedoch auch die Informationen bezüglich der Bestimmungsländer verloren.

11.8.2 Importanteil der Agrarrohstoffe

Definitionsgemäß beschreibt der Importanteil der Exportprodukte den Anteil der ausländischen Agrarrohstoffe an der Gesamtheit der zur Produktion benötigten Agrarrohstoffe. Zur Berechnung des Importanteils müssten somit Informationen bezüglich der Verwendung der Importe und der inländischen Produktion vorliegen. Insbesondere über den Verwendungszweck der importierten Agrarrohstoffe liegen jedoch keine Informationen vor. Somit kann der Importanteil nur näherungsweise geschätzt werden. Hierbei wird unterstellt, dass der Importanteil dem Verhältnis der Importmenge des Agrarrohstoffs zum Gesamtaufkommen des Agrarrohstoffs entspricht. Hierfür dürfen jedoch nur die Importe des Agrarrohstoffs berücksichtigt werden, die auch in Deutschland verbleiben, das heißt die Importmenge muss um die Re-Exporte bereinigt werden.

Es gilt somit:

$$\text{Importanteil} = \frac{\text{Importe (bereinigt um Re-Exporte)}}{\text{Produktion + Importe (bereinigt um Re-Exporte)}}$$

Der Importanteil muss nur für Produkte der ersten und zweiten Verarbeitungsstufe berücksichtigt werden. Für Agrarrohstoffe gilt, dass diese entweder in Deutschland angebaut werden oder es sich um einen Re-Export handeln muss.

Nicht berücksichtigt wird der Importanteil verarbeiteter Zwischenerzeugnisse bei Produkten der zweiten Verarbeitungsstufe. So könnten zum Beispiel exportierte Backwaren auch einen Anteil importierten Mehls enthalten. Die Auswirkungen der Nicht-Berücksichtigung sind jedoch a-priori unklar. So ist es möglich, dass bei einem hohen Anteil importierter Zwischengüter der Anteil der importierten Agrargüter niedriger ist. Insgesamt ist jedoch anzunehmen, dass der Importanteil für Produkte der zweiten Verarbeitungsstufe unterschätzt wird.

11.9 Exkurs – Flächenbelegung bei Mehrfachernten von Agrarrohstoffen

11.9.1 Problemstellung

Zur Berechnung der Flächenbelegung durch Importe wird die Menge an Agrarrohstoffen (bzw. Agrarrohstoff-Äquivalenten) durch den Ertrag des Anbaulandes geteilt. Fraglich ist jedoch, ob dieses einfache Vorgehen auch im Fall von Mehrfachernten möglich ist. Die FAO dokumentiert zur Erfassung der Erntefläche:⁶⁷

“If the crop under consideration is harvested more than once during the year as a consequence of successive cropping (i.e., the same crop is sown or planted more than once in the same field during the year), the area is counted as many times as harvested. On the contrary, area harvested will be recorded only once in the case of successive gathering of the crop during the year from the same standing crops.”

Dementsprechend muss davon ausgegangen werden, dass die Erntefläche im Fall von Mehrfachernten auch mehrfach gezählt wird und folglich die berechnete Flächenbelegung von Importen von Agrargütern überschätzt wird.

67 www.fao.org/waicent/faostat/agricult/pr_ele-e.htm

Bruckner und andere (2015) stellten fest, dass nur wenige Studien zur Flächenbelegung durch Importe das Problem der Mehrfachernten berücksichtigen.⁶⁸ Der Ansatz von Fischer und anderen (2017) basiert hierbei ausschließlich auf den Daten der FAO.⁶⁹ Die Autoren berechnen einen sogenannten „multi-cropping index (MCI)“, indem sie die Summe der Erntefläche durch die angegebene Ackerfläche teilen. Dieser Ansatz wird hier aufgegriffen und modifiziert. Dementsprechend schließt der Begriff „Mehrfachernten“ im Folgenden auch den Anbau von unterschiedlichen Agrarrohstoffen auf derselben Fläche innerhalb eines Jahres mit ein.

11.9.2 Methodik

Ausgangspunkt der Berechnungen sind die methodischen Unterschiede in der Messung der Erntefläche und dem Nachweis der Ackerfläche gemäß den Richtlinien der FAO. Wie oben bereits ausgeführt, werden bei der Erntefläche die Flächen im Fall von Mehrfachernten auch mehrfach gezählt. Beim Nachweis der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird für die Ackerfläche im Fall von Mehrfachernten die Fläche hingegen nur einmal gezählt:⁷⁰

„Arable land: land under temporary crops (double-cropped areas are counted only once), temporary meadows for mowing or pasture, land under market and kitchen garden and land temporarily fallow (less than five years).“

Im Unterschied zu Fischer und anderen (2017) wird unterstellt, dass Mehrfachernten nur beim Anbau von Reis und Sojabohnen auftreten können. Zur Bestimmung der Mehrfachernten werden folgende Berechnungsschritte durchgeführt:

1. Zunächst wird die Ernteintensität bestimmt. Hierzu wird die Summe der Ernteflächen für Agrarrohstoffe auf Ackerfläche durch die gesamte Ackerfläche („arable land“) geteilt:

$$\text{Intensität} = \frac{\sum (\text{Erntefläche} | \text{Ackerfläche})}{\text{Gesamte Ackerfläche}}$$

Dauerkulturen, Grasland etc. wurden bei der Bildung der Intensität ausgeschlossen, da diese für die Problematik der Mehrfachernten nicht relevant sind.

2. Für Soja und Reis wurde der flächenmäßige Anteil an der Gesamternte bestimmt.
3. Es wurde bestimmt, ob Soja oder Reis eine höhere Erntefläche im jeweiligen Anbauland aufweist. Nur für den dominanten Agrarrohstoff erfolgt eine Korrektur für Mehrfachbelegungen.
4. Sofern die Intensität einen Wert größer als eins annimmt (d. h. mehrfache Flächenbelegung) und der kumulierte Anteil von Reis und Soja an der Erntefläche mindestens 20 % beträgt, wurde für den dominanten Agrarrohstoff ein Erntefaktor bestimmt:

$$\text{Erntefaktor}_{\text{Reis, Soja}} = \frac{\text{Erntefläche}_{\text{Reis, Soja}}}{\text{Ackerfläche}_{\text{Gesamt}} - \text{Erntefläche}_{\text{Reis, Soja}}}$$

5. Für die Berechnung wurde die Annahme getroffen, dass Mehrfachernten nur bei Reis und Soja auftreten können. Diese Annahme ist offenkundig dann verletzt, wenn die Erntefläche ohne Reis und Soja bereits die gesamte Ackerfläche übersteigt. Dies war für Nepal und China der Fall. Hier wurde unterstellt, dass für Reis zwei Ernten im Jahr erfolgen.

68 Bruckner, Martin/Fischer, Günther/Tramberend, Sylvia/Giljum, Stefan. Measuring telecouplings in global land system: A review and comparative evaluation of land footprint accounting methods. In: Ecological Economics 114/2015, Seite 11-21.

69 Fischer, Günther/Tramberend, Synvia/Bruckner, Martin. Quantifying the land footprint of Germany and the EU using a hybrid account model. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2017.

70 www.fao.org/ag/agn/nutrition/Indicatorsfiles/Agriculture.pdf

Flächenbelegung von Erzeugnissen pflanzlichen Ursprungs

11.9.3 Ergebnis

Tabelle 11.2 listet die Länder auf, die eine Intensität größer 1 aufweisen und aus denen Deutschland Importe von Agrargütern, angebaut auf Ackerfläche, aufweist. Für den Anbau von Sojabohnen konnten Mehrfachernten nur für Paraguay identifiziert werden. In Bezug auf den Anbau von Reis wurde ein Faktor für Mehrfachernten zwischen 1,0 und 2,8 (Myanmar) berechnet.

Tabelle 11.2

Mehrfachbelegungen von Flächen differenziert nach Reis und Soja 2015

	Intensität/Ernten pro Jahr	Faktor Reis	Faktor Soja	Veränderung der Importfläche in ha
Ägypten	1,6	1,0	1,0	0
Bangladesch	1,8	2,3	1,0	2
China	1,3	2,0	1,0	152
Ecuador	1,1	1,2	1,0	3
Guatemala	1,5	1,0	1,0	0
Indien	1,0	1,1	1,0	1 083
Malta	1,2	1,0	1,0	0
Myanmar	1,4	2,8	1,0	5 922
Nepal	2,3	2,0	1,0	0
Nigeria	1,1	1,0	1,0	0
Nordkorea	1,1	1,8	1,0	0
Paraguay	1,2	1,0	1,3	25 021
Philippinen	1,5	2,6	1,0	2
Samoa	1,3	1,0	1,0	0
Singapur	2,4	1,0	1,0	0
Vietnam	1,6	2,1	1,0	600
Insgesamt	X	X	X	32 785

Die Auswirkungen auf die gesamte Flächenbelegung durch Importe sind nach dieser Berechnungsmethode gering. Die gesamte Flächenbelegung von Ackerfläche durch Importe liegt im Jahr 2015 bei über 9 Millionen Hektar. Dem gegenüber führt die Berücksichtigung der Mehrfachernten bei Reis und Soja zu einer Reduktion der Flächenbelegung von 32 785 Hektar. Hierbei nimmt Paraguay mit einer Reduktion von 25 021 Hektar eine dominante Rolle ein. Ursache für diese geringe Veränderung ist, dass mit der hier vorgestellten Methodik primär Mehrfachernten im Reisanbau identifiziert werden konnten. Hierbei findet jedoch nur ein geringer Import durch Deutschland statt. Demgegenüber konnte der Verdacht, dass Mehrfachernten auch im Sojaanbau eine große Rolle spielen, nicht bestätigt werden.

11.9.4 Evaluation

Bei der hier vorgestellten Methode wurde unterstellt, dass Mehrfachernten nur bei Soja und Reis stattfinden können. Fischer unter anderem (2017) treffen diese Annahme nicht, sondern betrachten vielmehr die durchschnittliche Anzahl Mehrfachernten über alle Agrarrohstoffe hinweg. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Veränderung der Flächenbelegung durch Importe bei dieser Betrachtung.

Flächenbelegung von Erzeugnissen pflanzlichen Ursprungs

Tabelle 11.3
Mehrfachbelegungen von Flächen unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Mehrfachernten 2015

	Intensität	Importe Ackerfläche in ha	Veränderung Import- fläche in ha
Ägypten	1,6	10 400	3 980
Bangladesch	1,8	17	8
China	1,3	35 351	7 406
Ecuador	1,1	3 907	252
Guatemala	1,5	1 402	476
Indien	1,0	93 357	2 768
Malta	1,2	94	13
Myanmar	1,4	10 954	3 121
Nepal	2,3	135	75
Nigeria	1,1	7 890	385
Nordkorea	1,1	0	0
Paraguay	1,2	116 398	16 712
Philippinen	1,5	305	103
Samoa	1,3	1	0
Singapur	2,4	974	576
Vietnam	1,6	9 178	3 393
Insgesamt	X	X	39 268

Die Reduktion der Flächenbelegung durch Importe ist auch nach dieser Methode mit 39 268 Hektar gering, jedoch etwas höher als bei der Berechnung allein von Reis und Soja. Allerdings weisen die einzelnen Länder unterschiedliche Veränderungen in Hinblick auf die Methode aus. So wird bei differenzierter Betrachtung von Reis und Soja für Paraguay mit 25 021 Hektar eine größere Reduktion der Flächenbelegung berechnet als in der durchschnittlichen Betrachtung (16 712 Hektar). Grund hierfür ist, dass Deutschland aus Paraguay fast ausschließlich Sojaprodukte importiert. Da bei der differenzierten Berechnung unterstellt wird, dass nur Soja und Reis Mehrfachernten aufweisen können, ergibt sich ein höherer Korrekturfaktor als bei der durchschnittlichen Betrachtung. Gegenläufig verhält es sich mit Importen aus China. Deutschland importiert aus China hauptsächlich andere Agrargüter als Reis und Soja. Nur in der Berechnung mithilfe der durchschnittlichen Mehrfachbelegung von Flächen wird die Mehrfachernte dieser Agrarrohstoffe berücksichtigt.

Insgesamt hängt die Berechnung nach den beiden Methoden primär vom Verhältnis der Erntefläche zur Anbaufläche ab. Hauptproblem hierbei ist, dass grundsätzlich die Erntefläche der FAO-Statistik untererfasst sein könnte. Für Deutschland ergibt sich zum Beispiel eine Intensität von 0,7. Grund hierfür ist jedoch, dass die FAO-Statistik bestimmte Positionen der Agrarstatistik nicht erfasst. So wird insbesondere der Silo-Mais keiner FAO-Position zugewiesen. Somit ergibt sich eine Unterfassung von circa 30 %. Insgesamt ist daher anzunehmen, dass die Intensität und somit die Auswirkungen von Mehrfachernten auch in anderen Ländern unterschätzt sind.

11.9.5 Fazit

Das Phänomen der Mehrfachernten gehört in den Diskussionen zur Flächenbelegung von Importen zu den am häufigsten angesprochenen Problemen. Das Verhältnis der Erntefläche zur Anbaufläche nach den Daten der FAO bietet hierbei einen einfachen Ansatz, um die Auswirkungen der Mehrfachernten zu quantifizieren und gegebenenfalls eine Korrektur der Ertragskoeffizienten durchzuführen. Es zeigt sich jedoch, dass eine Korrektur mithilfe dieser Methodik nur geringe Auswirkungen hat. Die Berücksichtigung führt zu Veränderungen von deutlich unter einem Prozent. Fraglich bleibt jedoch, ob der Ansatz aufgrund der Klassifikationsprobleme der Daten durch die FAO geeignet ist, um das Problem der Mehrfachernten vollständig zu lösen.

12 Flächenbelegung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs

Die Herstellung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs (Fleisch, Milchprodukte, Eier) ist mit dem Einsatz von pflanzlichen Agrarrohstoffen, insbesondere von Futtermitteln, verbunden. Für die Erzeugung von Futter für das heimische Nutzvieh werden im Inland, sowie im Ausland, landwirtschaftliche Flächen genutzt. Allerdings ist nicht die gesamte Flächennutzung dem Inlandsverbrauch von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs zuzurechnen. Ein großer Teil der inländischen Flächennutzung entfällt auf den Export von Ernährungsgütern.

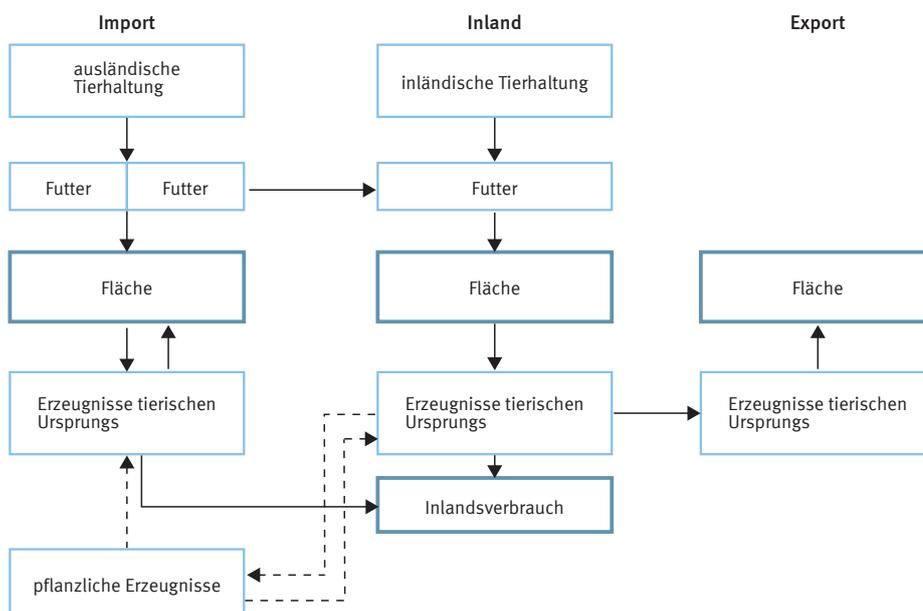
Neben den im Inland erzeugten Ernährungsgütern sind auch die importierten Halbwaren und Fertigerzeugnisse tierischen Ursprungs zu betrachten. Auch für diese Erzeugnisse ist die Flächenbelegung im Ausland abzuschätzen.

12.1 Berechnungsmethode

Abbildung 12.1 zeigt eine Übersicht der Berechnungsschritte. Im Mittelpunkt der Berechnungen steht zunächst die Berechnung der Flächenbelegung des Futteraufkommens des inländischen Nutzviehs. Dieses Futter stammt sowohl aus dem Inland als auch aus dem Ausland. Dementsprechend ergibt sich eine inländische oder ausländische Flächenbelegung.

Abbildung 12.1

Übersicht zur Berechnung der Flächenbelegung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs



2020 - 06 - 0196

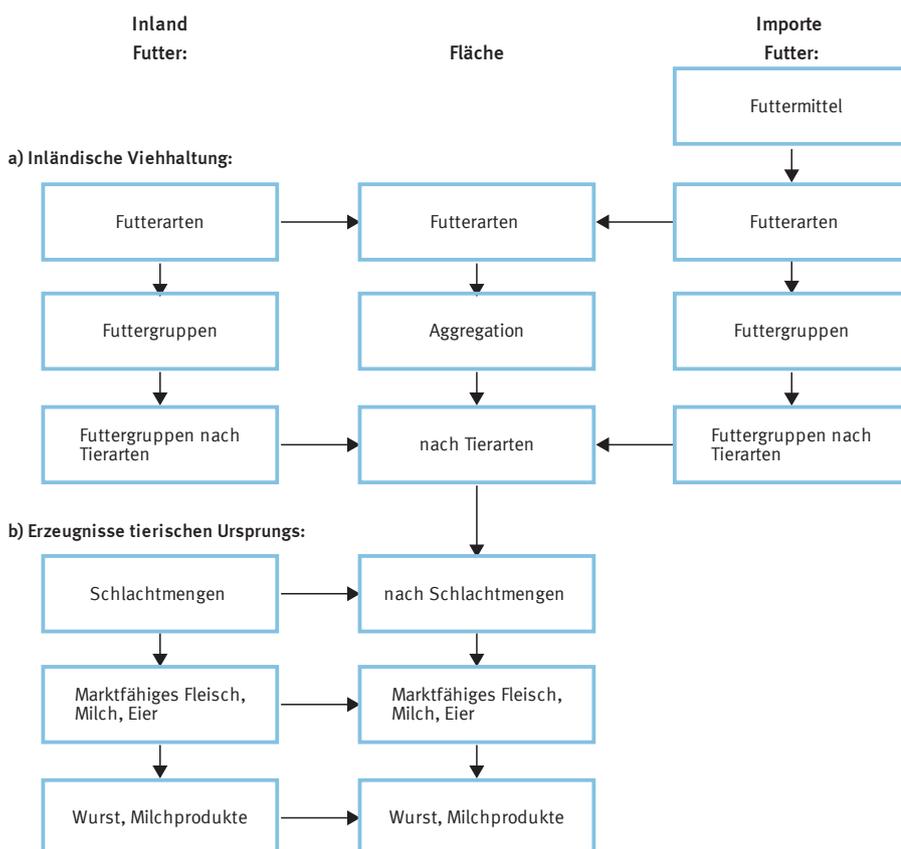
Zur Berechnung der Flächenbelegung des Inlandsverbrauchs der Erzeugnisse tierischen Ursprungs wird zur Flächenbelegung der inländischen Tierhaltung die Flächenbelegung für exportierte Erzeugnisse subtrahiert und die Flächenbelegung für importierte Ernährungsgüter tierischen Ursprungs addiert. Die Berechnung der Flächennutzung für Erzeugnisse tierischen Ursprungs, zum Beispiel Milch, Eier, die auch in verarbeiteten pflanzlichen Erzeugnissen enthalten sind, wurde aus Ressourcenrunden nicht durchgeführt.

Flächenbelegung von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs

Die Vorgehensweise bei der Berechnung der Flächenbelegung von Futtermitteln und von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs in Bezug auf die hergestellten Erzeugnisse wird in Abbildung 12.2 dargestellt. Bei der Berechnung wird eine getrennte Berechnung für Futter aus dem Inland und für importiertes Futter vorgenommen. Erst bei der Berechnung der gesamten Flächennutzung für die Ernährungsgüter tierischen Ursprungs werden die beiden Rechengänge zusammengeführt.

Abbildung 12.2

Berechnung der Flächenbelegung für inländisches Nutzvieh und für Ernährungsgüter tierischen Ursprungs



2020 - 06 - 0197

Zunächst wird für inländisches und für importiertes Futter die Flächenbelegung auf der Ebene der Futterarten berechnet. Dazu werden die güterspezifischen Angaben zu den Hektarerträgen herangezogen. Anschließend werden die Futterarten nach Gruppen (siehe Tabelle 12.2 in Abschnitt 12.4) zusammengefasst und die Hektarerträge auf dieser Gliederungsebene ermittelt. Auf der Ebene der Futtergruppen liegt ein Verteilungsschlüssel nach Tierarten vor. Mit Hilfe dieses Verteilungsschlüssels und der berechneten Hektarerträge wird die Flächenbelegung nach Tierarten bestimmt. Dabei wurden Angaben des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) zur Futterverwendung nach Tierarten aus dem Jahrbuch 2002 für das Berichtsjahr 1997/1998 herangezogen. Diese Angaben wurden mit den Veränderungen der Tierbestände fortgeschrieben und deren Verlauf an die veränderten Futterrationen angepasst. Anschließend wurde durch eine Verknüpfung der Futtermengen mit Flächenkoeffizienten für das In- und Ausland die Flächenbelegung nach einzelnen Tierarten ermittelt.

Diese Berechnungen werden sowohl für die Flächenbelegung in Bezug auf den jährlichen Futtermittelverzehr als auch in Bezug auf die Flächenbelegung des Nutzviehbestandes über die gesamte Lebensdauer der Tiere durchgeführt. Die zuletzt genannte Berechnung bildet den Ausgangspunkt der erzeugnisbezogenen Berechnungen.

12.2 Ausgangsdaten

Für die Berechnung der Flächennutzung bei der Erzeugung von Futtermitteln werden verschiedene Datenquellen herangezogen. Die Inlandserzeugung von Futtermitteln wird dem Statistischen Jahrbuch für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten entnommen (Jahrbuch BMEL)⁷¹. Dabei wird davon ausgegangen, dass es sich bei dieser Zusammenstellung bereits um Nettowerte handelt, das heißt von der Inlandserzeugung wurden die Exporte bereits subtrahiert. Der Import von Futtermitteln wird auf Basis der Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes ermittelt.

Die Daten zum Tierbestand, zu den Schlachtungen von Nutztieren sowie zu den Schlachtmengen stammen aus der Agrarstatistik⁷² des Statistischen Bundesamtes und aus dem Jahrbuch BMEL. Die Angaben zu den Produktionsmengen von Erzeugnissen tierischen Ursprungs, wie Wurstwaren, stammen ebenfalls aus dem Jahrbuch BMEL⁷³. Die Produktion von Milcherzeugnissen in MilCHFetteinheiten sowie in Tonnen werden den Tabellen der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)⁷⁴ sowie dem Jahrbuch BMEL (Kapitel VIII „Milch, Käse, Eier“) entnommen.

Um die Flächennutzung der Importe und Exporte von Ernährungsgütern tierischen Ursprungs zu berechnen werden die Import- und Exportmengen der Erzeugnisse aus der Außenhandelsstatistik des Statistischen Bundesamtes ausgewertet.

12.3 Flächenkoeffizienten für Futtermittel

Für die Berechnung der Flächenbelegung von Futtermitteln werden verschiedene Angaben zu den Hektarerträgen beim Anbau von Futtermitteln verwendet (siehe Tabelle 2). Die Höhe der Hektarerträge wird von den Verhältnissen in den Anbauländern beeinflusst und ob es sich um unverarbeitete oder um verarbeitete Futtermittel handelt. Im Rahmen des Projektes „Globale Umweltinanspruchnahme“ erfolgte eine umfassende Neuberechnung der Anbauflächen für verarbeitete Futtermittel.

Für die Berechnung der Flächenbelegung im Inland für unverarbeitete Futtermittel, zum Beispiel Getreide, Grünfutter, Hackfrüchte, werden die Angaben zu den inländischen Hektarerträgen aus der Agrarstatistik⁷⁵ herangezogen. Bei den verarbeiteten Futtermitteln (z. B. Kleien, Ölkuchen und Schrote, Melasse) werden die Hektarerträge aus einer gesonderten Berechnung für importierte pflanzliche Rohstoffe aus der FAO-Datenbank entnommen. Bei den Hektarerträgen für verarbeitete pflanzliche Rohstoffe, zum Beispiel Ölkuchen, werden sogenannte „wertgewichtete Hektarerträge“ verwendet.

71 Tabelle „Futterraufkommen aus der Inlandserzeugung“ des Statistischen Jahrbuchs für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten auf Basis von Berechnungen des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Die Tabellen des Stjb BMEL können auch über die Homepage des BMEL heruntergeladen werden: www.bmel-statistik.de/archiv/statistisches-jahrbuch/

72 Viehbestand, Fachserie 3 Reihe 4: www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/_inhalt.html
„Anzahl der geschlachteten Tiere aus dem In- und Ausland“ und „Gesamtschlachtmenge von Tieren aus dem In- und Ausland“, Fachserie 3 Reihe 4.2.1 und Reihe 4.2.3: www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/_inhalt.html
Angaben zu Schlachtmengen von Schafen und Ziegen wurden der Tabelle „Tierische Erzeugung“ aus dem Stjb BMEL entnommen.

73 Tabelle „Produktion ausgewählter Erzeugnisse des Produzierenden Ernährungsgewerbes“.

74 www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/milch-milcherzeugnisse_node.html

75 Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 3.1.2, verschiedene Jahrgänge: www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Publikationen/Bodennutzung/landwirtschaftliche-nutzflaeche-2030312197004.html

Tabelle 12.1
Verwendung von Flächenkoeffizienten bei der Berechnung der Flächennutzung von Futtermitteln

Futtermittelkategorie	Koeffizienten	Quelle
Pflanzliche Rohstoffe	Hektarerträge (physisch)	Agrarstatistik, FAO-Datenbank
Pflanzliche Erzeugnisse der ersten Verarbeitungsstufe	Hektarerträge (wertgewichtet)	Projekt „Globale Umweltinanspruchnahme“
Abfälle	Keine Zuordnung von Flächen	–
Futtermittel tierischen Ursprungs	Keine Zuordnung von Flächen	–

Bei der Berechnung von wertgewichteten Hektarerträgen werden bei der Herstellung von Produkten aus ölhaltigen Pflanzen die Preise der Haupt- und Nebenprodukte (Kuppelprodukte) berücksichtigt⁷⁶. So ist zum Beispiel eine Tonne Sojaöl sehr viel teurer als eine Tonne Sojakuchen. Der niedrigere Preis des Sojakuchens verringert bei einer Wertgewichtung der Flächen den Anteil der Kuppelprodukte am Flächenfußabdruck. Ölkuchen wird in großen Mengen für Fütterungszwecke nach Deutschland eingeführt und würde bei einer rein gewichtsmäßigen Gewichtung rechnerisch eine deutlich höhere Flächennutzung verursachen. Wird dagegen der Einfuhrpreis des Produktes pro Tonne berücksichtigt, getrennt für Haupt- und Nebenprodukt, wird der Flächenabdruck für die niedriger bepreisten Nebenprodukte – hier die Ölkuchen – kleiner.

Für die in der Berechnung verwendeten Angaben zu den Hektarerträgen werden für das Inland und Ausland Angaben zu den jährlichen Hektarerträgen zugrunde gelegt. Bei der Berechnung der Flächenbelegung importierter Erzeugnisse werden Durchschnittswerte über drei (2008 bis 2011) beziehungsweise vier Jahre (2012 bis 2015) gebildet. Keine Flächen werden den Futtermitteln zugeordnet, die aus Abfällen bei der Verarbeitung pflanzlicher Rohstoffe entstehen (Nebenprodukte der Brauereien, Pflanzenabfälle) und keinen ökonomischen Wert besitzen. Auch für die Futtermittel aus tierischer Erzeugung, wie zum Beispiel Molke, werden keine Flächen berechnet.

Tabelle 12.2
Ausgewählte Flächenkoeffizienten zur Berechnung der Flächennutzung von Futtermitteln im Inland und für Importe

Futtermittel	Flächenkoeffizienten	
	Inland	Importe
	ha/t	
Weizen	0,124	0,189
Melasse ¹	0,020	0,020
Ölkuchen	0,105	0,260 ¹
Kleien ¹	0,052	0,052 ²

¹ Für das Inland wurde der Flächenkoeffizient der Importländer verwendet.

² Durchschnittswerte für mehrere WA 6-Steller.

76 Eine ausführliche Beschreibung der Berechnungsmethode erfolgt in Abschnitt 11.6.

12.4 Futterarten

Bei der Berechnung der Flächennutzung von Futtermitteln wird von einer detaillierten Liste der Futtermittel entsprechend der Darstellung im Jahrbuch BMEL ausgegangen⁷⁷.

Auch die entsprechenden Positionen aus der Außenhandelsstatistik werden diesen Kategorien zugeordnet. Die detaillierten Futterarten werden in der folgenden Tabelle 3 in Spalte drei aufgeführt. Die im Rechengang verwendeten Gruppen und Untergruppen von Futtermitteln werden in den Spalten 1 und 2 aufgeführt.

Bei den importierten Futtermitteln gibt es außer den ausschließlich für Futtermittel verwendeten pflanzlichen Erzeugnissen, wie zum Beispiel Futtererbsen oder Ölkuchen, auch Agrargüter, die sowohl für die pflanzliche Ernährung als auch für die Energiegewinnung und technische Zwecke verwendet werden. Zu diesen Gütern gehören zum Beispiel Getreide (Weizen) oder Ölsaaten wie Palmöl. Deshalb ist für die importierten Futtermittel eine Bestimmung des Anteils an den verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten –Futter, Verwendung zur Ernährung, für industrielle Nutzung oder als Energie – notwendig (siehe Kapitel 11)

Die Importrechnung von Futtermitteln zeigt weitere Besonderheiten. So werden die Ölkuchen, die aus importierten Sojabohnen im Inland erzeugt werden, den importierten Futtermitteln zugerechnet. Das gleiche gilt für den aus importiertem Raps gewonnenen Rapsextraktionsschrot oder Rapskuchen.

Tabelle 12.3
Gliederung der Futtermittel nach Futterarten

Gruppe	Untergruppe	Futterarten
Getreide		Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Körnermais, anderes Getreide
Hülsenfrüchte		Futtererbsen, Ackerbohnen, andere Hülsenfrüchte
Kraffutter	Ölkuchen	Ölkuchen
	Sonstiges Kraffutter	Ölsaaten, Trockengrünfutter, Kleien, Trockenschnitzel, Nebenprodukte der Maisverarbeitung, Melasse, pflanzliche Öle und Fette, Nebenprodukte der Brauereien und Brennereien, Kartoffelpülpe (bis 2002 Fisch- und Tiermehl)
Hackfrüchte		Zuckerrüben-, Futterrübenblatt, Futterhackfrüchte, Kartoffeln
Grünfutter	Silomais	Silomais
	Sonstiges Grünfutter	Klee und Luzerne, Weisen und Weiden, sonstige Futterpflanzen im Hauptanbau
Stroh		Stroh
Milch	Molke	Molke
	Sonstige Milch	Vollmilch, Magermilch, Milch- und Molkepulver

Eigene Gliederung entsprechend der Futtermittelarten in der Tabelle „Futteraufkommen aus Inlandserzeugung“ des Jahrbuch BMEL.

Für die Zuordnung von pflanzlichen Erzeugnissen für Futterzwecke zu unterschiedlichen Gruppen von Futtermitteln im Inland liegen Angaben aus dem Jahrbuch des BMEL vor. Die entsprechenden Mengenvorgaben werden fast vollständig übernommen. Eine Ausnahme bildet der im Inland erzeugte Silomais für Futterzwecke. Er wurde nicht vollstän-

77 Futtermittelarten entsprechend der Tabelle „Futteraufkommen aus der Inlandserzeugung“ (Liste der Futtermittelarten bis zur Ausgabe 2010 des Stjb BMEL einheitlich, ab Jahrbuch 2011 Revision der Gliederung).

dig der Fütterung zugeordnet, sondern es wurden Mengen zur Verwendung in Biogasanlagen bestimmt. Als Orientierungsgröße wurden hierfür die Angaben für Hektarflächen für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) verwendet⁷⁸.

12.5 Berechnung der Flächenbelegung von Erzeugnissen tierischen Ursprungs

Die Berechnung der Erzeugnisse tierischen Ursprungs konzentriert sich auf Produkte mit Bezug zur inländischen Nutztierhaltung. Die in den relevanten Statistiken enthaltenen Mengen an Erzeugnissen tierischen Ursprungs wie zum Beispiel Wild, Kaninchen, Hasen oder Fleisch von Pferden wurden nicht berücksichtigt.

Bei den tierischen Produkten wurden drei Hauptgruppen mit weiteren Einzelprodukten unterschieden:

1. „marktfähiges Fleisch“ (Kuhfleisch, sonstiges Rinderfleisch, Fleisch von Schweinen, Schafen/Ziegen, Geflügel)
2. „Wurstwaren“ aus Kuhfleisch, übrigem Rindfleisch, Schweinefleisch, Schaffleisch, Fleisch von Geflügel
3. Milcherzeugnisse (Milch u. Rahm, eingedickt und nicht eingedickt, Buttermilch, Joghurt, Molke, Butter, Fettstoffe, Käse und Quark)

Die Mengenangaben für die Importe und Exporte von Fleisch- und Milcherzeugnissen werden der Außenhandelsstatistik entnommen. Dabei wurden Auswertungen nach sechs- und vierstelligen Warenpositionen vorgenommen, um eine Vergleichbarkeit zu den Kategorien der Inlandsproduktion herstellen zu können. Eine Berücksichtigung der Sechsteller ist dort notwendig, wo Produkte auf Viersteller-Ebene nicht eindeutig einer Tierkategorie zugeordnet werden konnten.

Aus der Flächenbelegung des Futters über die gesamte Lebensdauer der Tiere wird die Flächenbelegung für die Bezugsgröße „Schlachtmenge“ abgeleitet. Diese Angabe wird für die Berechnung der Flächenbelegung der Erzeugnisse „marktfähiges Fleisch“ und „Wurstwaren“ verwendet⁷⁹. Eine Besonderheit bildet der Flächenbedarf für die Erzeugnisse der Kühe – Milch und Fleisch. Hier wird eine Zuordnung der gesamten Fläche zu Milch und Fleisch in einer Relation von 9:1 vorgenommen. Diese Aufteilung entspricht der wertmäßigen Relation der gesamten verwertbaren Produkte einer Kuh über ihre Lebensdauer hinweg. Da Rohmilch zu einer Vielzahl von Milchprodukten weiterverarbeitet wird, wird hier – über eine Umrechnung der Milchprodukte in MilCHFetteinheiten – auch eine weitere Zurechnung der Fläche zu einzelnen Milcherzeugnissen vorgenommen.

Beispiel für das Jahr 2015: Im Jahr 2015 gab es in Deutschland fast 4,285 Millionen Milchkühe, die im Jahr 32,7 Millionen Tonnen Milch gaben. Über die gesamte Lebensdauer einer Kuh von durchschnittlich 4,5 Jahren waren das 147,1 Tonnen. 2015 betrug der Wert für eine Tonne Milch 300 Euro, somit auf ein Jahr bezogen 9,8 Milliarden Euro. Der Preis für eine Tonne Kuhfleisch betrug dagegen 2 740 Euro. Bei einer Schlacht-

⁷⁸ basisdaten.fnr.de/land-und-forstwirtschaft/landwirtschaft/.

Zur Bestimmung der Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe durch die FNR wird im Vergleich zu den Berechnungen in diesem Projekt eine rein mengenmäßige Bewertung vorgenommen. Dagegen werden in diesem Projekt die Agrarrohstoffe und ihre Kuppelprodukte, zum Beispiel die Aufteilung von Raps in Rapskuchen und Rapsöl wertgewichtet. Das kann zu unterschiedlichen Flächenangaben im Vergleich zu den Angaben der FNR führen.

⁷⁹ Der Flächenbedarf für die Schlachtmenge wird „top down“ ermittelt. Der Flächenbedarf für „marktfähiges Fleisch und Wurst „bottom up“. Dies führt zu geringen Abweichungen in den jeweiligen Gesamtsummen (jedoch weniger als 5 %).

menge von 383 001 Tonnen Kuhfleisch waren das 992 Millionen Euro. Setzt man jetzt jeweils den Wert der erzeugten Milch und den Wert für das Kuhfleisch in Relation zum Wert der Gesamtsumme aus Milch und Kuhfleisch ergibt sich ein Verhältnis 9:1.

Die Schlachtmenge⁸⁰ ist die Einsatzgröße bei der Herstellung von Fleisch und Wurstwaren. Angaben zu den Schlachtmengen können der Agrarstatistik entnommen werden⁸¹. Anhand der Angaben zu den Schlachtmengen wird die Menge des erzeugten marktfähigen Fleisches und von Wurst abgeleitet. Dabei wird unterstellt, dass bei der Erzeugung von Fleisch 10 % und bei der Herstellung von Wurstwaren weitere 10 % Abfälle anfallen. Bei der Ermittlung der Produktionsmengen für Wurstwaren werden die Angaben der Produktionsstatistik zu Grunde gelegt. Da die Produktionsstatistik Kleinbetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten nicht berücksichtigt, wird anhand der Ergebnisse der Handwerkserhebung⁸² ein Zuschlag von 10 % bis 45 % – abhängig von der Tierart – für die Herstellung von Wurstwaren angesetzt. Nach Abzug von Wurstwaren und Abfällen von der gesamten Schlachtmenge ergibt sich als weitere Bezugsgröße die Restgröße „unbearbeitetes Fleisch“ für die direkte Ernährung.

Bei den Wurstwaren werden Annahmen bezüglich der Zusammensetzung nach Fleischarten getroffen. Es wird angenommen, dass der Fleischanteil der Wurst zu 60 % aus Schweinefleisch, 30 % aus Rindfleisch und die restlichen Wurstwaren aus Geflügelfleisch bestehen. Bei Rindfleisch wurde eine weitere Unterteilung in Rind-, Kuh- und Kalbfleisch vorgenommen.

Bei der Berechnung der Flächenbelegung der Exporte, wird der spezifische Flächenfußabdruck für marktfähiges Fleisch, Wurstwaren, Milchprodukte und Eier aus der Inlandserzeugung auf die Exportmengen dieser Produktkategorien bezogen. Bei den Importen wird die gleiche Methode angewandt. Die Mehrzahl der importierten Erzeugnisse tierischen Ursprungs stammt aus europäischen Ländern und weist deshalb ähnliche Flächenfußabdrücke auf wie in Deutschland. Eine Ausnahme bildet der Flächenfußabdruck für Rindfleisch. Da beträchtliche Mengen an Rindfleisch aus dem außereuropäischen Ausland eingeführt werden, zum Beispiel aus Brasilien und Argentinien, und dort eine extensive Nutztierhaltung dominiert, wird hier ein höherer spezifischer Flächenfußabdruck angenommen. Hier werden Angaben zum Flächenfußabdruck für Rindfleisch aus der WWF-Studie „Fleisch frisst Land“ herangezogen⁸³.

80 Die Schlachtmenge ist das Schlachtgewicht des geschlachteten und ausgeweideten Tieres, je nach Tierart ohne Kopf, Fell oder inneren Organen.

81 Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.2.1 und Reihe 4.2.3: Schlachtungen und Fleisch-erzeugung, Erzeugung von Geflügel.

82 Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 7.2. Unternehmen, tätige Personen und Umsatz im Handwerk 2008.

83 WWF-Studie 2011 „Fleisch frisst Land“ Abbildung 5.14 „Kalkulatorischer Flächenbedarf zur Erzeugung einer Einheit tierischen Produkts in Deutschland/der EU und außerhalb der EU“.

13 Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten

Für die Beantwortung von Fragen zum Umfang der für unsere wirtschaftlichen Aktivitäten eingesetzten Rohstoffmengen und zur Rohstoffeffizienz ist es unerlässlich, neben der direkten Rohstoffnutzung, das heißt den im Inland aus der Umwelt entnommenen Rohstoffen sowie den Im- und Exporten mit ihrem jeweiligen Gewicht, auch dem Umfang der indirekten Rohstoffnutzung zu kennen.

Diese Anforderung erfüllen Angaben zu Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten. „Rohstoffäquivalente“ bedeutet dabei, dass importierte und exportierte Güter in die Masse der Rohstoffe umgerechnet werden, die über die gesamte Wertschöpfungskette zur Herstellung dieser Güter verwendet wurden.

Die Ergebnisse⁸⁴ informieren über das direkte und indirekte Rohstoffaufkommen sowie den Rohstoffbedarf für Konsum, Investitionen und Export, also für die verschiedenen Kategorien der letzten Verwendung. Sie sind darüber hinaus untergliedert nach Rohstoffgruppen und nach Wirtschaftsbereichen, die die Rohstoffäquivalente an die letzte Verwendung abgeben.

Das vorliegende Projekt führt die Berechnungen fort, die im Rahmen des Projektes „Evaluierung des Ressourcenverbrauches“ (UFOPLAN Förderkennzeichen 3711 12 102) methodisch entwickelt und für den Berichtszeitraum 2000 bis 2010 angewandt wurden. Hierzu existiert der ausführliche Projektbericht „Rohstoffe für Deutschland – Bedarfsanalyse für Konsum, Investition und Export auf Makro- und Mesoebene“ (Kaumanns, Sven C./Lauber, Ursula, UBA-Texte 62/2016). Die folgende Methodenbeschreibung stellt daher im Wesentlichen einen Auszug aus Kapitel 2.4 dieses Berichts dar. Sie wird ergänzt durch die Abschnitte 13.2 und 13.3, die über Abweichungen vom Vorgängerprojekt und das Vorgehen bei der Betrachtung von Zeitreihen informieren. Für detailliertere Informationen, insbesondere auch zur Bildung verschiedener Rohstoffindikatoren und Produktivitäten, sei auf die oben genannte Publikation verwiesen.

13.1 Modell zur Berechnung von Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten

13.1.1 Grundmodell

Die Methodik der Rohstoffäquivalente-Schätzung im Rahmen des vorliegenden Projektes folgt der Berechnungsweise, wie sie bereits im direkten Vorgängerprojekt „Evaluierung des Ressourcenverbrauches“ beschrieben wurde. Das heißt, die beiden Ansätze LCAkoeffizienten („life cycle analysis“) und Input-Output-Analyse werden miteinander kombiniert.

Die ersten Verarbeitungsschritte von Rohstoffen werden auf Basis nationaler Materialströme tabellarisch abgebildet. Diese umfassen neben der inländischen Entnahme auch Importe und Exporte. Dabei werden direkte Importe, direkte Exporte und teilweise auch andere letzte Verwendungen bereits an dieser Stelle mit berücksichtigt.

Die eigentliche Schätzung der Rohstoffäquivalente in weiterverarbeiteten Importen erfolgt mittels einer auf dem „Domestic-technology“-Ansatz basierenden Input-Output-Analyse. Hierfür werden nationale Input-Output-Tabellen herangezogen (72 mal 72 Produktionsbereiche)⁸⁵. Teilweise erfolgen diese Schätzungen daten-

84 Die Ergebnisse sind veröffentlicht in „Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten, 2010 bis 2014“ (Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2018). www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/Publikationen/Downloads-Material-und-Energiefluesse/rohstoffaequivalente-5853101149004.html

85 Durch notwendige Zusammenfassungen im Modell besteht die tiefste durchgängig bereitstehende Gliederungstiefe, die auch für die Veröffentlichung der Ergebnisse Anwendung findet, jedoch lediglich aus 24 Produktionsbereichen.

bedingt nicht auf Basis von Rohstoffen, sondern bereits auf geringfügig beziehungsweise verarbeiteten Produkten. In diesem Fall wird als letzter Schritt mittels LCA-Koeffizienten auf Rohstoffe umgerechnet.

Die Schätzung der indirekten Exporte erfolgt wie im Vorgängerprojekt auch mittels Input-Output-Analyse⁸⁶. Ergänzt werden diese um Exporte, die bereits in der Materialstromanalyse erfasst wurden. Mit derselben Methodik wird an dieser Stelle auch der Materialbedarf der anderen Kategorien der letzten Verwendung⁸⁷ geschätzt.

Das hier skizzierte Grundmodell wird für jeden Rohstoff einzeln durchgeführt. Bedingt durch verschiedene Produktionsbedingungen und Datenquellen für unterschiedliche Rohstoffe unterscheiden sich die Schätzmethoden jedoch je nach Rohstoff im Detail. Darauf soll im Folgenden weiter eingegangen werden. Hierbei wurden grob vier Rohstoffgruppen unterschieden: Erze, sonstige⁸⁸ mineralische Rohstoffe, fossile Energieträger sowie Biomasse. Die Abgrenzungen orientieren sich am nationalen Materialkonto sowie an der Gliederung des europäischen Materialkontos.

13.1.2 Erze

Der Bereich Erze umfasst alle Mineralien, die vorwiegend zur Erzeugung von Metallen gefördert, das heißt aus der Umwelt entnommen, werden. Dazu zählen auch Sande, die zur Metallerzeugung abgebaut werden, wie beispielsweise ilmenithaltige Sande. Wird das zu gewinnende Mineral bereits im Abbauprozess ohne weitere Verarbeitung extrahiert, beispielsweise durch Auswaschen, so zählt regelmäßig auch nur dies zur genutzten Entnahme. Im Gegensatz zum nationalen Materialkonto, aber in Übereinstimmung mit dem Materialkonto auf EU-Ebene⁸⁹, zählen Erze zur Gewinnung von Kernenergie (Uran, Thorium) zu den Metallen und nicht zum Bereich Energieträger.

Erze zur Metallerzeugung werden in Deutschland nicht gefördert. Gleichzeitig werden sie bedingt durch die internationale Arbeitsteilung oft nicht in ihrem Rohzustand nach Deutschland eingeführt, sondern bereits in aufkonzentrierter Form, zu Rohmetallen oder anderen Verbindungen verarbeitet. Auch bereits legierte Metalle machen einen erheblichen Anteil der Im- und Exporte aus. Für die Herstellung dieser legierten Metalle mussten also ganz unterschiedliche Erze mit ganz unterschiedlichen Förder- und Verarbeitungsbedingungen aufgewendet werden. Daher ist die inländische Input-Output-Tabelle kaum geeignet, passende Informationen über die Entnahme und Weiterverarbeitung bereitzustellen.

Gleichzeitig sind Metalle nahezu unbegrenzt recyclebar. Für weiterverarbeitete Importe ist in der Regel nicht bekannt, inwieweit diese aus primärem Erz oder aus sekundärem Metall gewonnen wurden. Daher würde eine Input-Output-Analyse auf Ebene der Erze, also auf Ebene der Rohstoffe, keine hinreichend genauen Ergebnisse liefern. Aus diesem Grunde wurde für den Bereich der Erze das Schätzverfahren so modifiziert, dass es in einem ersten Schritt nicht auf die Erze, sondern auf die Metalle abstellt.

13.1.2.1 Schätzung der Metalläquivalente

Aus den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ist für diesen Zweck die Verwendung von zahlreichen Rohmetallen und metallischen Halbwaren hinreichend genau durch monetäre Verflechtungen bekannt. Mit aus dem Außenhandel sowie aus den Produktionsstatistiken bekannten Preisen werden diese monetären Verflechtungen auf

86 Vgl. Kaumanns, Sven C./Lauber, Ursula. Rohstoffe für Deutschland – Bedarfsanalyse für Konsum, Investition und Export auf Makro- und Mesoebene. UBA-Texte 62/2016. Dessau-Roßlau 2016, S. 87ff.

87 Haushaltskonsum, Konsum der Einrichtungen ohne Erwerbszweck, Staatskonsum, Anlageinvestitionen, Bauten, Vorratsveränderungen.

88 Das heißt weder metallische noch als Energieträger nutzbare mineralische Rohstoffe.

89 Vgl. Verordnung (EU) Nr. 691/2011 der Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2011 über europäische umweltökonomische Gesamtrechnungen.

massenmäßige Verflechtungen (d. h. in Tonnen) umgerechnet. Mit Hilfe von technischen Dokumentationen⁹⁰ kann auf die typische metallurgische Zusammensetzung der einzelnen Materialien geschlossen werden. Hierfür wurden für die einzelnen Güter in ihren jeweiligen Verwendungszwecken Referenzprodukte bekannter Zusammensetzung festgelegt. Somit war es möglich, für mehr als 100 metallische Halbwaren Annahmen über deren Zusammensetzung aus 25 verschiedenen Metallen⁹¹ sowie unlegiertem Stahl und wichtigen Ferrolegierungen (Ferronickel und Ferrochrom) zusammenzustellen.⁹²

Mit Hilfe der Input-Output-Analyse können nun für diese 28 Metalle deren indirekte Importe sowie ihre Verwendung geschätzt werden. Eine Umrechnung auf Erze, den eigentlichen Rohstoff, findet im letzten Rechenschritt unter Zuhilfenahme des Koeffizientenansatzes statt. Hierbei werden internationale Durchschnittswerte zugrunde gelegt.⁹³ Dieses Verfahren wird angewendet, weil nach mehreren Produktionsschritten im Ausland eine Rückverfolgung zu einzelnen Minen mit ihren spezifischen Metallgehalten nicht möglich ist. Zudem stellen ab einem gewissen Verarbeitungsgrad die verarbeiteten Erze ohnehin vollständige Substitute dar. Mit Blick auf die Umweltwirkung ist es daher unerheblich, aus welchen konkreten Erzen die nach Deutschland gelangten Güter erstellt wurden.

Bedingt durch die hier angewandte Schätzmethode, die als Ausgangslage auf die Metalle und nicht die Erze abstellt, wird die gesamte letzte Verwendung in Erzäquivalenten ausgedrückt, unabhängig davon, ob Erz oder Sekundärmetall zum Einsatz gebracht wurde. Allerdings verfügen auch Sekundärmetalle über einen Erz-„Rucksack“. Schließlich muss irgendwann einmal Erz für ihre Erzeugung eingesetzt worden sein. Daher muss in einem zusätzlichen Schritt das Aufkommen an Sekundärmetallen aus inländischen Quellen geschätzt werden. Siehe hierzu Abschnitt 13.1.2.2.

In der Gesamtschau liefert dieses Verfahren je nach betrachtetem Erz Ergebnisse unterschiedlicher Qualität. Die direkte und indirekte Verwendung von massenmäßig bedeutenden Metallen wie Eisen, Kupfer oder Aluminium lässt sich relativ sicher einschätzen. Zudem sind die LCA-Koeffizienten, die der Umrechnung von Metall zu Erz dienen, bei diesen Metallen zum einen als relativ sicher einzuschätzen und zum anderen niedrig und besitzen damit einen verhältnismäßig geringen „Hebeleffekt“. Somit ist bei den Erzen dieser Metalle von relativ sicheren Ergebnissen auszugehen, die auch eine einzelne Ergebnisdarstellung erlauben.

Anders ist die Situation bei Metallen, die nur in sehr geringen Massen Verwendung finden. Beispielhaft sind hier Edelmetalle oder auch Technologiemetalle zu nennen. Hier ist eine einzelne Abschätzung der direkten und indirekten Verwendung mit deutlichen Unsicherheiten behaftet. Zudem besitzen diese Metalle oft relativ große LCA-Koeffizienten, die zugleich mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind. Im Schätzverfahren werden diese Metalle auf unterschiedliche Weise berücksichtigt. Teilweise werden für diese Metalle jeweils separate Erzäquivalente geschätzt (Gold, Silber, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Iridium, Palladium, Platin), die qualitativ allerdings nicht zur separaten Ergebnisdarstellung genügen. Teilweise gehen sie lediglich als Summen beziehungsweise Restpositionen bei anderen Metallen mit in die Schätzung ein und sind somit implizit in den Rohstoffäquivalenten enthalten.

90 Unter anderem von: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Deutsches Kupferinstitut, Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (bdguss), ThyssenKrupp Materials International, Voestalpine Steel Division.

91 Im Einzelnen: Eisen und Mangan, Kupfer, Nickel, Chrom, Aluminium, Magnesium, Zink, Zinn, Blei, Titan, Molybdän, Kobalt, Bismut, Niob, Vanadium, Antimon, Silber, Gold, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Iridium, Palladium, Platin, Uran.

92 Die angenommene metallurgische Zusammensetzung ist enthalten in Übersicht 7 in Kaumanns, Sven C./Lauber, Ursula. Rohstoffe für Deutschland – Bedarfsanalyse für Konsum, Investition und Export auf Makro- und Mesoebene. UBA-Texte 62/2016. Dessau-Roßlau 2016, S. 93ff.

93 Der unterstellte Erzbedarf je Tonne Primärmetall ist dargestellt in Tabelle 5 in Kaumanns, Sven C./Lauber, Ursula. Rohstoffe für Deutschland – Bedarfsanalyse für Konsum, Investition und Export auf Makro- und Mesoebene. UBA-Texte 62/2016. Dessau-Roßlau 2016, S. 99.

Um wenigstens grobe Qualitätsabschätzungen im Bereich der Erze vornehmen zu können, wurden im Rahmen des Projektes „Evaluierung des Ressourcenverbrauches“ stichprobenartig in einem Top-down-Ansatz von den geologischen Diensten⁹⁴ veröffentlichte Weltförrderraten entsprechender Erze beziehungsweise Produktionsmengen der jeweiligen Metalle mit den direkten und indirekten Verwendungen in Deutschland verglichen. Hieraus resultierten dann teilweise in den Bereichen der Edelmetalle und der Technologiemetalle Modifikationen im Schätzprozess.

13.1.2.2 Schätzung der Sekundärmetalle

Die Methode, die zur Ermittlung des inländischen Schrott- beziehungsweise Sekundärmetallaufkommens Anwendung finden kann, ist von der Datenlage bei den unterschiedlichen Metallen abhängig.⁹⁵ Dabei wird sowohl das „end-of-life“-Recycling als auch das Recycling von Produktionsabfällen berücksichtigt. Nicht mit einbezogen ist also das „inhouse“-Recycling von Produktionsabfällen. Letzteres ist bereits über die Input-Output Operationen weitgehend abgedeckt, da diese Recyclingform zu einem verminderten Bedarf an zuzukaufenden Rohstoffen führt. Die nachfolgende Zusammenfassung zeigt die Möglichkeiten und Grenzen für die einzelnen Metalle auf und bewertet kurz die Qualität der Schätzungen.

Bei den mengenmäßig bedeutsamen Metallen Eisen, Kupfer und Aluminium, aber auch bei Zinn, Zink und Blei ist die Datenverfügbarkeit zum Aufkommen von Sekundärmetallen gut und lässt daher auf valide Ergebnisse schließen. Insbesondere bei den typischen Stahlveredlern ist aber mit Unsicherheiten zu rechnen. Tendenziell ist insgesamt eher von einer Untererfassung der Nutzung von Sekundärmaterial und somit Überschätzung des RMC (Raw Material Consumption) in diesem Bereich auszugehen. Die Einbeziehung von Ferronickel und Ferrochrom ist nicht ausschließlich als Recycling anzusehen. Vielmehr werden hier bereits rudimentär Effekte einer Kaskadennutzung⁹⁶ mit in die Betrachtung einbezogen.

Edelmetalle spielen für sich genommen mengenmäßig kaum eine Rolle. Sie sind aber für eine Reihe von Prozessen von großer Bedeutung. Zudem ist ihnen in der Regel ein erheblicher „Rucksack“ zuzurechnen. Wie internationale Studien zeigen, ist bei ihnen insgesamt von sehr hohen bis nahezu vollständigen Recyclingraten⁹⁷ auszugehen, weshalb eine Nichtberücksichtigung von Sekundärrohstoffen zu einer beträchtlichen Überschätzung des RMC führen würde. Die aktuelle Datenlage in diesem Bereich ist allerdings eher schlecht. Die teilweise Verwendung durchschnittlicher Recyclingraten für diese Metalle ist nicht unproblematisch. Sie gibt zwar an, wie viel des in der Vergangenheit verwandten Materials irgendwann einmal dem Rohstoffkreislauf erneut zugeführt wird – allerdings muss dies nicht in Bezug zum Aufkommen in der aktuellen Periode stehen. Tendenziell ist eher von einem zu hohen Aufkommen an geschätzten Sekundärrohstoffen in Perioden mit hoher Materialverwendung insgesamt und einem zu niedrig geschätzten Aufkommen in Perioden mit niedriger Materialverwendung insgesamt auszugehen.

Das so geschätzte Aufkommen an Schrotten beziehungsweise Sekundärmetallen wird nun zur weiteren Verrechnung so in Erz umgerechnet, wie es zur Einsparung an Primärerz beiträgt.

Nachdem die Verwendung von Erzäquivalenten nach Produktionsbereichen/Gütergruppen und Kategorien der letzten Verwendung sowie das Erzäquivalent des inländischen Sekundärmetallaufkommens bekannt sind, werden diese beiden Größen zusammengefügt. Dabei wird in der Bilanzierung das Erzäquivalent des Sekundär-

94 BGR, USGS, BGS.

95 Die angewandten Schätzmethoden für die einzelnen metallischen Sekundärrohstoffe sind detailliert wiedergegeben in Übersicht 8 in Kaumanns, Sven C./Lauber, Ursula. Rohstoffe für Deutschland – Bedarfsanalyse für Konsum, Investition und Export auf Makro- und Mesoebene. UBA-Texte 62/2016. Dessau-Roßlau 2016, S. 100ff.

96 Also etwa erst die Nutzung als „Class-I-Nickel“ und danach als Ferronickel.

97 Das heißt, eingesetztes Material wird mit hoher Wahrscheinlichkeit am Ende der Produktlebensdauer wiederverwendet.

metallaufkommens hilfsweise dem Produktionsbereich 38.3 (Dienstleistungen der Rückgewinnung von Wertstoffen; Sekundärrohstoffe) als negative Vorratsveränderung zugerechnet. Somit trägt das inländische Aufkommen an Sekundärmetallen vollständig zu einer Reduktion des Erzbedarfes für die letzte inländische Verwendung bei. Im- und Exporte hingegen werden durch diese Methodik grundsätzlich in Erzäquivalenten, das heißt Äquivalenten des ursprünglichen Rohstoffs, angegeben. Dabei ist es unerheblich, ob diese Im- beziehungsweise Exporte direkt aus primärem Material oder aus Sekundärmaterial erstellt wurden.

13.1.3 Sonstige mineralische Rohstoffe

13.1.3.1 Einführung

Der Bereich der sonstigen mineralischen Rohstoffe umfasst alle mineralischen Rohstoffe, die nicht zur Metallerzeugung abgebaut werden. Im nationalen Materialkonto sind dies die so genannten Baumineralien und die Industriemineralien. Im europäischen Materialkonto wird eine solche Unterteilung nicht vorgenommen. Daher wird auch bei der Berechnung und Ergebnisdarstellung von Rohstoffäquivalenten auf eine solche Kategorisierung verzichtet. Auch beim Torf wird hier anders verfahren als im nationalen Materialkonto: Statt den sonstigen mineralischen Rohstoffen wird Torf dem Bereich der fossilen Energieträger zugeordnet.

Die Schätzung der Rohstoffäquivalente für die sonstigen mineralischen Rohstoffe erfolgt auf der Basis eines zweistufigen Modells, wie es in Abschnitt 13.1.1 bereits kurz erläutert wird. Die ersten Verarbeitungsschritte werden über Materialstromtabellen abgebildet, die komplexeren Weiterverarbeitungen über Input-Output-Analyse. Teilweise wird dieses Modell abgewandelt und der Rohstoffbedarf für einzelne besonders relevante Produkte separat bestimmt. Hierzu zählt beispielsweise der Kalkstein- und Quarzsandbedarf für Behälterglas, der Düngerbedarf für landwirtschaftliche Produkte oder der Kalksteinbedarf in der Eisen- und Stahlherstellung. Datengrundlage für die Schätzungen sind neben der Input-Output-Tabelle des entsprechenden Jahres soweit nicht anders angegeben Daten aus dem nationalen Materialkonto.

Insgesamt wurde der Bereich der sonstigen mineralischen Rohstoffe in acht Gruppen unterteilt:

- Sand, Kies, gebrochene Natursteine,
- Naturwerksteine,
- Kalkstein und Gips,
- Tone,
- Quarzsande,
- Natriumchlorid,
- Düngemittelmineralien sowie
- Chemische Mineralien.

Für jede dieser Gruppen werden eigene Schätzungen vorgenommen. Hierbei kommen je nach Datenlage leicht abgewandelte Modelle zur Anwendung. Die Schätzmodelle für die einzelnen Rohstoffgruppen werden im Folgenden näher dargestellt.

13.1.3.2 Sand, Kies, gebrochene Natursteine

Dieser Bereich umfasst alle Sande und Brechsande, die dem Bereich der Bausande zugerechnet werden können. Bedingt durch ihre ähnliche Verwendbarkeit werden sie im Schätzmodell zusammen betrachtet. Ausgangsmaterial sind die aus dem Materialkonto entnommenen Informationen zur nationalen Entnahme von

- Bausand,
- Baukies,
- Feldsteinen, Feuerstein (Flintstein) und Kiesel,
- Brechsanden und Körnungen,
- Wasserbausteinen,
- Schrotten, Korngröße 35 bis 60 mm,
- anderen gebrochenen Natursteinen anderweitig nicht genannt,
- Körnungen, Splitt und Mehl aus Marmor,
- Körnungen, Splitt von anderen Natursteinen (ohne Marmor),

sowie zum Im- und Export der entsprechenden Rohstoffe. Abweichend vom nationalen Materialkonto ist gebrochener Dolomit nicht diesem Bereich, sondern dem Bereich Kalkstein und Gips zugerechnet.

Für die gesamte inländische Weiterverwendung wird angenommen, dass diese im Baubereich geschieht. Es erfolgt eine Verteilung auf die Bereiche Hoch- und Tiefbau auf Basis eines langjährigen Mittels von 65 % Hochbau und 35 % Tiefbau. Für die weitergehende Verwendung aus diesen Bereichen wird die Input-Output-Analyse angewendet.

Recyclingbaustoffe (Brechsande) sind massenmäßig in diesem Bereich durchaus relevant. Bedingt durch die auf der Entnahme beziehungsweise dem Import aufgebauete Schätzung sind sie aber bisher nicht berücksichtigt. Das Aufkommen an Recyclingbaustoffen wird deshalb aus dem „Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle“ des Bundesverbandes Baustoffe – Steine und Erden e. V. entnommen. Mit dieser Information werden die aus der Input-Output-Analyse hervorgehenden Ergebnisse ergänzt. Um die Gesamtentnahme aus der Umwelt aus Konsistenzgründen nicht erhöhen zu müssen, wird das Aufkommen gleichzeitig als Vorratsveränderung im Produktionsbereich 41-43 (Hochbau, Tiefbau, vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe) in Abzug gebracht.

Keine Berücksichtigung findet der baubedingt angefallene und verwertete beziehungsweise auf Deponien verbrachte Bodenaushub. Diese Position ist extrem volatil. Sie hängt im großen Umfang von einzelnen Bauprojekten ab.⁹⁸

13.1.3.3 Naturwerksteine

Der Bereich der Naturwerksteine umfasst Tonschiefer, Trass und Tuffsteine sowie die sonstigen Naturwerksteine. Die Angaben entstammen dem Materialkonto. Von der Masse her ist dieser Bereich wenig bedeutend. Für die sonstigen Naturwerksteine wird daher vereinfacht eine Verwendung im Produktionsbereich bearbeitete Steine und Erden angenommen, für Tonschiefer, Trass und Tuffsteine im Hochbau. Gleichwohl ist davon auszugehen, dass geringe Mengen auch für die Produktion von Mörtel eingesetzt werden.

⁹⁸ Im Inland beträgt dieser Wert im Jahr 2010 beispielsweise rund 100 Millionen Tonnen, im Jahr 2000 allerdings rund 165 Millionen Tonnen (u. a. bedingt durch den Bau der Schnellfahrstrecke Köln–Rhein/Main). Da Investitionen nach vorliegender Systematik immer dem jeweiligen Inland zugerechnet werden, ist eine Betrachtung in Verbindung mit indirekten Im- beziehungsweise Exporten nicht notwendig.

13.1.3.4 Kalkstein und Gips

Diese Rohstoffgruppe umfasst Gipsstein, Anhydrit, Kreide, Kalkstein sowie Dolomit. Die entsprechenden Entnahmen, Importe und Exporte entstammen dem Materialkonto. Zusätzlich enthalten ist gebrochener Dolomit, der im nationalen Materialkonto dem Bereich der Bausande zugerechnet wird.

Zur Schätzung der direkten und indirekten Verwendung von den Rohstoffen dieser Gruppe kommt ein System aus Materialstromtabellen mit angeschlossener Input-Output-Analyse zur Anwendung. Dieses System wird ergänzt um LCA-basierte Schätzungen für einige besonders kalksteinintensive Produkte. Konkret sind dies Glas, Eisen, Dünger für die landwirtschaftliche Produktion sowie Zucker.⁹⁹

Hierfür werden die direkten und indirekten Verwendungen dieser Produkte mit entsprechenden LCA-Informationen kombiniert, die die zur Produktion notwendige Kalksteinmenge widerspiegeln. Die Rohstoffäquivalente für die Eisen- sowie für die landwirtschaftliche Produktion werden ohnehin für die Berechnung der Rohstoffäquivalente im Bereich Erze beziehungsweise Biomasse aus der Landwirtschaft benötigt und liegen daher vor. Für die Zuckerberechnung können weitestgehend die Rohstoffäquivalent-Schätzungen für Zuckerrüben/Zuckerrohr verwandt werden. Daher wird lediglich eine Schätzung der direkten und indirekten Verwendung von Glas als Sonderrechnung benötigt, Diese ist unter 1) näher dargestellt und kommt auch an anderen Stellen des Rechensystems (13.1.3.6 Quarzsand) zur Anwendung.

Da der Kalksteinbedarf für Glas, Eisen, Dünger und Zucker wie beschrieben über Sonderrechnungen bestimmt wird, wird in dem auf Materialstromtabellen und Input-Output-Analyse basierenden Schätzsystem sichergestellt, dass entsprechender Kalksteinbedarf an dieser Stelle nicht berücksichtigt wird, da es sonst zu Doppelzählungen kommen würde.

13.1.3.5 Tone

Diese Rohstoffgruppe umfasst Schiefer-ton, Lehm, Spezialton, Bentonit und Kaolin. Die Rohstoffäquivalent-Schätzung für diese Rohstoffgruppe erfolgt als Materialstromtabelle mit angeschlossener Input-Output-Analyse.

Der weitaus größte Teil dieser Rohstoffgruppe (Lehm, Spezialton, sowie der Großteil des Kaolins) wird dabei in der Materialstromanalyse der Weiterverarbeitung im Produktionsbereich „Keramik, bearbeitete Steine und Erden“ zugerechnet, weitere Anteile (Bentonit und Kaolin) dem Produktionsbereich „Papier, Pappe und Waren daraus“ sowie Schiefer-ton dem Hochbau.

Auf Grund der massenmäßigen Bedeutung der direkten Tonexporte werden diese unmittelbar aus dem Materialkonto (Außenhandelsergebnis) übernommen und nicht über die Input-Output-Analyse geschätzt.

13.1.3.6 Quarzsand

Diese Rohstoffgruppe beinhaltet kieselsaure Sande und Quarzsande. Nicht dazu zählen Bausande sowie Sande, die auf Grund ihres Metallgehaltes¹⁰⁰ zur Metallverhüttung¹⁰¹ abgebaut werden.

Ähnlich wie beim Kalkstein erfolgt die Schätzung der Rohstoffäquivalente über ein dreistufiges Verfahren. In einer Materialstromtabelle wird der entnommene und importierte Quarzsand auf die Produktionsbereiche „chemische Erzeugnisse“, „Keramik,

99 Bei der Herstellung von Zucker aus Melasse wird Kalkmilch eingesetzt, um im Scheideprozess Nichtzuckerstoffe zu entfernen. Der durch das Schätzmodell bestimmte Kalkbedarf des direkt und indirekt in Deutschland für Konsum- und Investitionszwecke verwendeten Zuckers beträgt beispielsweise rund 1,6 Millionen Tonnen (2010).

100 Beispielsweise zur Herstellung von Titanoxyd.

101 Außer zur Siliziumherstellung.

bearbeitete Steine und Erden“ sowie „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“¹⁰² verteilt. Quarzsand zur Herstellung von Glas wird hierbei nicht berücksichtigt.

Im nächsten Schritt werden mittels Input-Output-Analyse die vorläufigen Rohstoffäquivalente für Quarzsand (SiO_2) ermittelt. Diese werden nun um den für das Glas benötigten Quarzsand (vgl. Abschnitt 1)) ergänzt. Hierfür wird die direkte und indirekte Verwendung von Glas mit LCA-Informationen kombiniert, aus der der entsprechende Quarzsandbedarf für Glas hervorgeht. Hierbei wird im Mittel von 720 kg SiO_2 pro Tonne Glas ausgegangen.

13.1.3.7 Natriumchlorid

Natriumchlorid wird aus der Natur entweder als Steinsalz durch Brechen oder nass abgebaut oder aber aus Meerwasser gewonnen. Unabhängig von der Methode umfasst diese Rohstoffgruppe nur das Gewicht des Natriumchlorids und nicht des enthaltenden Wassers.

Die Schätzung der Rohstoffäquivalente für Natriumchlorid erfolgt mittels Materialstromtabelle und Input-Output-Analyse. Durch die Materialstromtabelle wird die Natriumchloridverwendung dabei auf die Produktionsbereiche „Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse“ sowie „Chemische Erzeugnisse“ aufgeteilt. Das im Winterdienst verwandte Streusalz wird direkt der Kategorie der letzten Verwendung „Staatskonsum“ zugerechnet.

13.1.3.8 Düngemittelminerale

In dieser Rohstoffgruppe sind die typischen Düngemittelminerale Pottasche (Kaliumcarbonat) und Phosphatgestein enthalten, unabhängig davon, ob diese tatsächlich zur Düngung verwendet werden. Nicht enthalten ist Kalk beziehungsweise Kalkstein. Die Schätzung der Rohstoffäquivalente der Düngemittelminerale erfolgt in einem verschachtelten, mehrstufigen Verfahren:

Die Verwendung von Düngemittelmineralen in der Landwirtschaft wird über die Rohstoffäquivalente einzelner landwirtschaftlicher Produkte multipliziert mit entsprechenden LCA-Informationen für diese Produkte berücksichtigt. Der Düngerbedarf der einzelnen landwirtschaftlichen Produkte wird dabei jährlich neu anhand der inländischen Düngerabgaben, der Erntemengen und des jeweiligen Nährstoffbedarfs geschätzt.

Auf die gleiche Art wird auch die Verwendung von Kieserit als Magnesiumdünger bestimmt. Die Kieseritverwendung wird allerdings bei den chemischen Mineralen (Abschnitt 13.1.3.9) massenmäßig erfasst.

Düngemittelminerale, die nicht zur Herstellung von Mineraldünger verwendet werden, werden über Materialstromtabellen mit einer daran anschließenden Input-Output-Analyse erfasst. Dies betrifft insbesondere Kalisalze zur Verwendung in der chemischen Industrie. Eine Ausnahme hiervon bildet das in der Glasherstellung verwendete Kaliumcarbonat (K_2O). Dies wird analog dem Quarzsand geschätzt. Hierfür wird die direkte und indirekte Verwendung von Glas mit LCA-Informationen kombiniert, aus der der entsprechende Pottaschebedarf für Glas hervorgeht. Hierbei wird im Mittel von 1 kg K_2O pro Tonne Glas ausgegangen. Im Inland abgebaute und dann direkt exportierte Düngemittelminerale werden einzeln erfasst.

13.1.3.9 Chemische und sonstige Mineralien

Diese Rohstoffgruppe umfasst ein breites Spektrum an mineralischen Rohstoffen. Neben Flussspat, Schwerspat und Farberden beinhaltet sie auch Schwefel sowie Graphit, Quarzit, Asphaltgestein, Feldspat, Pegmatit, Kieselgur, Kieselerde, Speckstein und weitere Mineralien¹⁰³.

102 Als Bremsand für Schienenfahrzeuge.

103 Die Zuordnung orientiert sich dabei an der Zuordnung im nationalen Materialkonto.

Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten

Die Schätzung der Rohstoffäquivalente für die chemischen und sonstigen Mineralien erfolgt mittels Materialstromtabelle und Input-Output-Analyse. Durch die Materialstromtabelle wird die jeweilige Verwendung dabei auf ein breites Spektrum an Produktionsbereichen aufgeteilt. Dies ist Tabelle 13.1 zu entnehmen.

Tabelle 13.1

Zuordnung der Verwendung chemischer und sonstiger Mineralien zu den Produktionsbereichen

CPA ¹	Produktionsbereich	Mineralien
01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Dienstleistungen	Vermiculit
10-12	Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse	Magnesia (Magnesiumcarbonat, Magnesiumoxid)
13-15	Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren	Asbest, Krokydolith
20	Chemische Erzeugnisse	Flussspat, Schwerspat, Farberden, Bariumsulfat, Borate einschließlich Natriumborate, Eisenglimmer, Sepiolith, Kieselgur, Speckstein, Schwefelkies, Ilmenite (ohne Ilmenite zur Titanproduktion), sowie mineralische Stoffe anderweitig nicht genannt
23.1	Glas und Glaswaren	Bariumcarbonat
23.2-23.9	Keramik, bearbeitete Steine und Erden	Grauphit, Quarzit, Quarz, Feldspat, Leuzit, Nepelin
24.4	NE-Metalle und Halbzeug daraus	Kryolith, Chiolith, Flussspat mit Calciumfluorid
26	DV-Geräte, elektronische und optische Erzeugnisse	Pegmatit, Glimmer
28	Maschinen	Schmirgel, natürlicher Korund u. a.
31-32	Herstellung von Möbeln und sonstigen Waren	Diamanten und Edelsteine (ohne Industriediamanten)
41	Hochbauarbeiten	Bimsstein, Sandstein, Perlit
42	Tiefbauarbeiten	Naturbitumen und Naturasphalt; Asphaltgestein, u. Ä.

¹ Classification of Products by Activity (Statistische Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft, Ausgabe 2008).

13.1.3.10 Nebenrechnung Glas

Bei Glas handelt es sich regelmäßig nicht um einen aus der Umwelt entnommenen Rohstoff¹⁰⁴. Trotzdem wird als Zwischenrechnung eine Bestimmung der direkten und indirekten Verwendung von Glas vorgenommen, um diese als Schätzgröße für die Bestimmung der Rohstoffäquivalente von Quarzsand (13.1.3.6) und Kalkstein (13.1.3.4) zu nutzen.

Hierfür wird eine getrennte Betrachtung für Behälterglas und sonstiges Glas durchgeführt. Datengrundlage sind die Produktionsangaben der Fédération Européenne du Verre d'Emballage (FEVE, für Behälterglas), die Produktionsstatistik des Verarbeitenden Gewerbes¹⁰⁵ sowie die Außenhandelsstatistik.

Bei der Input-Output-Analyse wird dabei davon ausgegangen, dass Behälterglas vorwiegend im Lebensmittelbereich zum Einsatz kommt. Das sonstige Glas wird gemäß der Verwendung in der Input-Output-Tabelle auf die einzelnen Produktionsbereiche zur Schätzung der Rohstoffäquivalente verteilt.

¹⁰⁴ Von den massenmäßig unbedeutenden Entnahmen an Impaktit, Fulgurit, Hyaloklasit, Palagonit, Obsidian, Tektit, Moldavit, u.Ä. kann an dieser Stelle abgesehen werden.

¹⁰⁵ Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 3.1, Glasproduktion (GP09-231).

Bei Behälterglas wird zudem berücksichtigt, dass ein Großteil nicht aus primären, sondern aus sekundären Rohstoffen erstellt wird. Dies führt zu einer Minderung der inländischen Rohstoffäquivalente von Quarzsand und Kalkstein.

13.1.4 Fossile Energieträger

13.1.4.1 Einführung

Die Rohstoffgruppe der fossilen Energieträger umfasst Braunkohle, Steinkohle, Torf¹⁰⁶, Erdöl und Erdgas. Damit unterscheidet sich die Abgrenzung leicht vom nationalen Materialkonto, das unter Energieträgern zusätzlich die Uran- und Thoriumerze, jedoch nicht den Torf erfasst.

Insgesamt stellt sich die Schätzung der indirekten Verwendung von fossilen Energieträgern im Vergleich zu den anderen Rohstoffgruppen als relativ unsicher dar. Ursache hierfür ist die in Produktionsprozessen eingesetzte elektrische Energie, die ursprünglich unter anderem aus den unterschiedlichen fossilen Energieträgern, aber auch aus ganz anderen Quellen (Kernenergie, erneuerbare Energien usw.) stammen kann. Da mithilfe der Materialflusstabellen und nationalen IOT allein keine zufriedenstellenden Abschätzungen der direkten und indirekten Verwendung von Energieträgern ermittelt werden konnten, wurde eine Sonderrechnung für diesen Bereich aufgebaut.

13.1.4.2 Sonderrechnung elektrische Energie

Die normalerweise angewandten Methoden auf Basis der Life-Cycle-Analyse oder des „Domestic Technology“-Ansatzes sind bei der Betrachtung der Rohstoffäquivalente für fossile Energieträger im Rahmen der hier durchgeführten Berechnungen nur bedingt brauchbar. Strom geht regelmäßig in fast alle Stadien der Produktionskette ein. Bei weiterverarbeiteten Gütern, eventuell mit Vorleistungen, die in mehreren Ländern erstellt wurden, ist es daher nahezu unmöglich nachzuverfolgen, auf Basis welcher Energieträger die elektrische Energie ursprünglich erzeugt wurde.

Ausgangspunkt für die Sonderrechnung ist hier nicht die Verwendung von fossilen Energieträgern, sondern die Verwendung von elektrischer Energie, wobei Daten aus zahlreichen Quellen¹⁰⁷ kombiniert werden. Die elektrische Energie wird, analog zu einer Berechnung von Rohstoffäquivalenten, mittels inländischer Energieflüsse und Input-Output-Analyse bestimmt. Im Ergebnis liegen dann direkte (inländische) und indirekte (ausländische) Verwendungsinformationen für elektrische Energie vor. Diese sind mit entsprechenden Intensitäten (t pro kWh) in die für ihre Umwandlung benötigten Massen an Energieträgern umzurechnen.

Bei der inländischen Stromverwendung wird dabei auf den Strommix der inländischen Erzeugung zuzüglich des Strommixes der direkten Stromimporte im Jahresdurchschnitt abgestellt. Auf diese Weise werden Intensitäten für die unterschiedlichen fossilen Energieträger bestimmt. Diese berücksichtigen neben den Wirkungsgraden bei der Energieumwandlung auch die Leitungsverluste. Bei indirekten Importen von Elektrizität werden Intensitäten zugrunde gelegt, die auf einem internationalen Strommix abzüglich Deutschland basieren. Für direkte Stromexporte werden dieselben Intensitäten wie für die inländische Stromverwendung herangezogen.

Hierbei handelt es sich mithin um vereinfachende Annahmen, die regionale und zeitliche Besonderheiten nicht oder nur sehr begrenzt enthalten. Der Strommarkt ist relativ komplex und durch seine Netzstruktur ist eine direkte Erzeuger-Verbraucher-Beziehung selbst mit hohem Aufwand nur in den wenigsten Fällen konkret darstellbar. Daher lässt sich die Verwendung von Durchschnittsdaten für den Strommix der inländischen Erzeugung rechtfertigen. Bei direkten Importen und Exporten von elektrischer Energie könnten qualitative Verbesserungen erreicht werden, indem direkte Stromimporte und -exporte

106 Nicht einzeln ausgewiesen, in Braunkohle enthalten.

107 AG Energiebilanzen, Energiestatistik, ENTSO-E, OECD.

Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten

stundenaktuell in die Rechnungen mit einfließen, um somit den jeweils gerade aktuellen Strommix zu berücksichtigen. Der hierfür benötigte Aufwand steht allerdings nicht im Verhältnis zu der erwarteten Qualitätsverbesserung der Ergebnisse.

Bei den indirekten Importen könnten anstelle von internationalen Durchschnittswerten, Durchschnittswerte der jeweiligen Lieferländer der einzelnen Importgüter Anwendung finden. Es müsste also zweidimensional nach Lieferländern und Gütern unterschieden werden. Der Umsetzungsaufwand hierfür ist allerdings immens und zudem auch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Tabelle 13.2 für das Inland (direkte Verwendung elektrischer Energie) wie auch das Ausland (indirekte Verwendung elektrischer Energie) dar. Er drückt jeweils die Intensitäten der einzelnen fossilen Energieträger in Millionen Tonnen Energieträger je TWh elektrischer Energie aus¹⁰⁸.

Lesehilfe: Für eine im Jahr 2010 in Deutschland genutzte TWh Strom wurden durchschnittlich 0,227 Millionen Tonnen Braunkohle und 0,052 Millionen Tonnen Steinkohle und 0,002 Millionen Tonnen Erdöl und 0,033 Millionen Tonnen Erdgas (sowie weitere biotische und nukleare Rohstoffe) umgewandelt. Für importierte Güter, für die im Ausland elektrische Energie im Produktionsprozess aufgewandt wurde, wurden im Jahr 2010 je TWh elektrischer Energie durchschnittlich 0,041 Millionen Tonnen Braunkohle und 0,104 Millionen Tonnen Steinkohle und 0,009 Millionen Tonnen Erdöl und 0,040 Millionen Tonnen Erdgas (sowie weitere biotische und nukleare Rohstoffe) umgewandelt.

Tabelle 13.2
Intensitäten fossiler Energieträger je direkter und indirekter Verwendung elektrischer Energie

	2000	2008	2009	2010
Direkte Verwendung elektrischer Energie in Mill. t je TWh				
Braunkohle	0,246	0,233	0,241	0,227
Steinkohle	0,064	0,056	0,052	0,052
Erdöl	0,003	0,003	0,003	0,002
Erdgas	0,038	0,031	0,035	0,033
Indirekte Verwendung elektrischer Energie in Mill. t je TWh				
Braunkohle	0,053	0,044	0,043	0,041
Steinkohle	0,096	0,105	0,104	0,104
Erdöl	0,025	0,011	0,010	0,009
Erdgas	0,040	0,039	0,038	0,040

Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Rechenstand: Juni 2014

Bei dieser Betrachtungsweise bleibt unberücksichtigt, dass bestimmte Verwender Strom aus bestimmten Quellen und daher mit einer höheren oder niedrigeren Intensität bestimmter fossiler Energieträger beziehen¹⁰⁹. In die Berechnung der Rohstoffäquivalente geht kein entsprechendes temporal und verwendungsseitig gegliedertes Datenmaterial ein. Es wurde generell ein Durchschnitt zugrunde gelegt, was selbstverständlich die Ergebnisse beeinflusst.

108 Bei der Interpretation ist hier zu beachten, dass es sich um Intensitäten und nicht um reziproke Heizwerte handelt. Bezugsgröße ist also jeweils die gesamte in Strom umgewandelte Energie und nicht nur diejenige, die aus dem jeweiligen Energieträger stammt.

109 So finden beispielsweise Diskussionen, dass aus Deutschland exportierter Strom vorzugsweise aus „überschüssiger“ erneuerbarer Stromerzeugung oder aber aus nicht regelbarer fossiler oder nuklearer Grundlast stammt, keinen Eingang in die Berechnung der Rohstoffäquivalente. Auch sind regionale oder produktionstechnische Besonderheiten wie die Nähe bestimmter Kraftwerkstypen zu bestimmten Verwendern nicht berücksichtigt.

13.1.4.3 Braunkohle

Braunkohle wird hauptsächlich zur Umwandlung in elektrische Energie genutzt. Dementsprechend wird der Großteil der direkten und indirekten Verwendung von Braunkohle (> 80 %) über die in Abschnitt 13.1.4.2 dargestellte Schätzung der Verwendung elektrischer Energie geschätzt.

Bei dem verbleibenden Teil kommt das standardisierte Verfahren aus Materialstromtabellen und Input-Output-Analyse zur Anwendung. Dabei wird für die ersten Verwendungen auf Angaben der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. zurückgegriffen und, sofern diese nicht im Detail vorliegen, auf monetäre Informationen der Verwendungsrechnung.

13.1.4.4 Steinkohle

Bei Steinkohle ist der aus der direkten und indirekten Verwendung elektrischer Energie geschätzte Anteil (> 50 %) zwar deutlich kleiner als bei der Braunkohle, trotzdem hat die unter 13.1.4.2 dargestellte Schätzung einen erheblichen Einfluss.

Der verbleibende Teil wird über Materialstromtabellen auf Basis von Angaben der Energiestatistik sowie über Input-Output-Analyse bestimmt. Dabei erfolgt eine Abstimmung der Aufteilung mit Ecksummen der Statistik der Kohlenwirtschaft e. V. In der Materialstrombetrachtung werden Steinkohle und Steinkohlenkoks einzeln berechnet und zum Gesamtergebnis zusammengeführt. Daran schließt sich eine Input-Output-Analyse an.

13.1.4.5 Erdöl

Bei der Schätzung der Rohstoffäquivalente wird auf die sehr detaillierte Unterteilung in Erdölprodukte aus der Energiestatistik, der Mineralölstatistik des BAFA sowie der Verwendungsrechnung der VGR zurückgegriffen. Somit wird in einem ersten Schritt die Verwendung getrennt nach leichtem Heizöl, schwerem Heizöl, Diesel, Ottokraftstoff, Flugturbinenkraftstoffen, Rohbenzin, Leuchtbenzin, Flüssiggas, Raffineriegas, Schmierstoffen, Wachs, Bitumen, Petrolkoks sowie sonstigen Rückständen aus der Erdölverarbeitung in Form von Materialstromtabellen analysiert und anschließend auf die Produktionsbereiche in der IOT verteilt. Für die Kraftstoffe Diesel, Ottokraftstoff, Heizöl und Flugturbinenkraftstoff wird eine Zuschätzung für die von inländischen Fahrzeugen im Ausland gebunkerte (getankte) Kraftstoffmenge vorgenommen. Diese Zuschätzung ist identisch mit der Zuschätzung im Materialkonto.

Bei der Verarbeitung von Mineralöl zu den unterschiedlichen oben genannten Gütern handelt es sich um eine Kuppelproduktion, das heißt in verschiedenen Verarbeitungsschritten entsteht ein Konglomerat von Produkten, wie etwa Benzin, Heizöl und so weiter. Zur Umrechnung in Rohöl wird ein für alle betrachteten Produkte einheitlicher Faktor angewandt. Dieser berechnet sich aus der inländischen Produktionsmenge und dem insgesamt eingesetzten Rohöl und liegt je nach Jahr zwischen 1,04 und 1,08.

Die weiteren Rechnungen erfolgen mittels Input-Output-Analyse.

Dem so erstellten Ergebnis wird die aus Abschnitt 13.1.4.2 hervorgehende Masse an Rohöl hinzugerechnet, die aus der direkten und indirekten Verwendung von elektrischer Energie herrührt. Mit einem Anteil von rund 2,5 % an der gesamten direkten und indirekten Verwendung von Rohöl ist dieser Anteil, der von der direkten und indirekten Verwendung von elektrischer Energie herrührt, aber nicht annähernd so bedeutend wie bei Stein- oder Braunkohle.

13.1.4.6 Erdgas

Grundlage für die Schätzung der Rohstoffäquivalente für das Erdgas sind Materialströme, die auf Angaben aus der Erdgasbilanz des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) basieren. Wenn hieraus für bestimmte Bereiche keine detaillierten Informationen hervorgehen, wird auf die Energiebilanz und als letzte Alternative auf monetäre Angaben der Verwendungsrechnung zurückgegriffen. Die weitere Berechnung erfolgt mittels Input-Output-Analyse.

Dem so erstellten Ergebnis wird die aus 13.1.4.2 hervorgehende Masse an Erdgas hinzugerechnet, die aus der direkten und indirekten Verwendung von elektrischer Energie herrührt.

13.1.5 Biotische Rohstoffe

13.1.5.1 Einleitung

Definitiv gesehen ist die Betrachtung von pflanzlicher und tierischer Biomasse insgesamt problematisch. Das SEEA-CF (System of Environmental-Economic Accounting Central Framework, internationales Rahmenwerk für die Umweltökonomischen Gesamtrechnungen) unterscheidet an dieser Stelle zwischen der Betrachtung in den gesamtwirtschaftlichen Materialflussrechnungen und den physischen Aufkommens- und Verwendungsrechnungen¹¹⁰. Während in der physischen Aufkommens- und Verwendungsrechnung kultivierte Pflanzen als Teil der Wirtschaft angesehen werden¹¹¹, werden aus messtechnischen Gründen in den gesamtwirtschaftlichen Materialflussrechnungen kultivierte Pflanzen regelmäßig als Teil der Umwelt angesehen. Eine Entnahme findet dann zum Zeitpunkt der Ernte beziehungsweise des Fällens statt.

Vom ursprünglichen Grundgedanken her ergänzen die Rohstoffäquivalente die Informationen der gesamtwirtschaftlichen Materialflussrechnungen. Das „OECD Handbuch zu Materialflussrechnungen“ schlägt im Falle der Entnahme von kultivierten Pflanzen vor, deren Aufnahme von Dünger beziehungsweise den Saatguteinsatz nicht zu beachten. Deren Ausbringung ist vollständig als dissipative Abgabe an die Umwelt zu verstehen.¹¹² Diese Betrachtung ist erforderlich, um Doppelzählungen von Material zu vermeiden. Hier ergibt sich allerdings eine Kollision bei der Betrachtung in Form von Rohstoffäquivalenten. Diese sollen gerade den im Ausland stattfindenden Einsatz von Dünge- und sowie Saatgut mit abbilden. Deren Ausbringung in die Umwelt findet nicht als Selbstzweck, sondern zum Zwecke der Pflanzenproduktion statt. Insoweit nehmen kultivierte Pflanzen eine Sonderstellung ein, die nicht methodisch sauber in das Konzept einzu-beziehen ist.

Die kultivierte Tierproduktion¹¹³ wird hingegen grundsätzlich als Teil der Wirtschaft angesehen. Demgegenüber sind Fischerei und Jagd aus Wildbeständen sowie das Pflücken wildlebender Pflanzen oder Pflanzenteile als Entnahmen aus der Umwelt zu betrachten.

Eine separate Betrachtung von biotischen und abiotischen Rohstoffen ist somit möglich. Grundsätzlich werden jedoch bei den abiotischen Rohstoffen bereits auch diejenigen berücksichtigt, die zur Produktion von Biomasse eingesetzt werden (Düngemittel, fossile Energieträger etc.). Diese eingesetzten Rohstoffe noch einmal als produzierte Biomasse zu erfassen würde Doppelzählungen bedeuten.

13.1.5.2 Pflanzliche Biomasse aus der Landwirtschaft

Mit dem Statistischen Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des BMEL¹¹⁴ steht für viele biotische Rohstoffe eine umfangreiche Datenquelle bereit, die bereits rudimentär nationale Materialströme abbildet. Neben der verwertbaren Erzeugung und Im- und Exporten werden hier auch verschiedene intermediäre industrielle Verwertungen¹¹⁵, letzte Verwendungen durch Haushalte, Vorratsveränderungen sowie Verluste an verschiedenen Stellen der Handels- und Wertschöpfungsketten

110 Vgl. United Nations, European Commission, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, World Bank. 2012: System of Environmental-Economic Accounting – Central Framework. 3.283ff.

111 Hier sind beispielsweise dann die Nährstoffaufnahmen der Pflanzen die relevanten Entnahmen aus der Umwelt.

112 Measuring material flows and resource productivity (Volume II., The accounting framework). Paris. OECD 2008, Seite 11f.

113 Auch die Aquakultur.

114 Zuvor BMELV.

115 Diese entsprechen im Terminus der VGR den intermediären Verwendungen im Produktionssektor.

dargestellt. Auf diese Informationen baut die der Rohstoffäquivalente-Schätzung zugrunde gelegte Materialstromanalyse wesentlich auf. Betrachtet werden hierbei:

- Hartweizen,
- Weichweizen,
- Roggen,
- Hafer,
- Körnermais,
- Triticale,
- Sorghum einschl. Hirse,
- Reis,
- Hülsenfrüchte,
- Gemüse,
- Obst einschl. Zitrusfrüchten,
- Zuckerrüben (einschl. Zuckerrohr) ¹¹⁶,
- Ölstaaten,
- Wein ¹¹⁷.

Aus dem nationalen Materialkonto stammen Angaben zu Entnahme, Import und Export von:

- Kaffee, Kakao, Tee, Tabak,
- Faserpflanzen (Flachs, Hanf, Jute, Sisal, Kokos, Abaca, Ramie etc.),
- Hopfen ¹¹⁸ und sonstigen Pharmaziepflanzen ¹¹⁹,
- Silomais ¹²⁰, sowie
- sonstigen Futterpflanzen ¹²¹.

Die Berechnung der indirekten Importe erfolgt mittels Input-Output-Analyse noch in der oben dargestellten Tiefe. Hieraus werden mittels Koeffizienten auch die indirekten Importe von Düngemitteln abgeleitet ¹²². Bedingt durch die im Bereich Landwirtschaft und Ernährung relativ grobe Struktur der Input-Output-Tabelle ist eine Abschätzung der indirekten Exporte der pflanzlichen Biomasse aus der Landwirtschaft nur auf hoch aggregierter Ebene, das heißt für pflanzliche Biomasse aus der Landwirtschaft insgesamt, mit hinreichender Sicherheit möglich. Hieran orientiert sich auch die Ergebnisdarstellung. Dementsprechend erfolgt die Abschätzung des indirekten Exportes von Düngemitteln auch basierend auf den Durchschnittswerten für die landwirtschaftlichen Produkte insgesamt.

116 Die Berechnung erfolgt auf Basis des Zuckers. Da der Zuckeranteil des Rohrs in etwa dem der Rübe entspricht, ist eine gesonderte Betrachtung des Zuckerrohres nicht erforderlich.

117 Die Berechnung erfolgt auf Basis des Weins. Vereinfacht wird dabei davon ausgegangen, dass für einen Liter Wein 1,6 kg Trauben benötigt werden.

118 Es wird eine Verwendung im Produktionsbereich Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse angenommen.

119 Es wird eine Verwendung im Produktionsbereich Pharmazeutische Erzeugnisse angenommen.

120 Eine Aufteilung auf die Verwendungen in dem Produktionsbereich Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse sowie zur energetischen Verwendung findet nach Angaben des DMK statt.

121 Im Gegensatz zum nationalen Materialkonto ohne Mais, da dieser bereits in den Angaben zu Silomais beziehungsweise Körnermais enthalten ist.

122 Siehe Abschnitt 13.1.3.8.

13.1.5.3 Biomasse aus der Forstwirtschaft

Datengrundlage zur Abschätzung der Rohstoffäquivalente bei forstwirtschaftlichen Produkten ist die Waldgesamtrechnung, die im Auftrag des Statistischen Bundesamtes vom Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, durchgeführt wird. Neben dem für die Rohstoffäquivalente-Abschätzung nicht relevanten stehenden Holz bildet diese die Materialströme für

- Stammholz,
- Brennholz,
- Faserholz,
- Schnittholz und Holzwerkstoffe,
- andere Holzprodukte,
- Zellstoff,
- Papier,
- Holzabfall als Produkt sowie
- Altpapier als Produkt

auf die Verwendungen in

- Forstwirtschaft,
- Holzgewerbe,
- Zellstoffherstellung,
- Papierherstellung,
- Druckindustrie,
- Recycling,
- andern Produktionsbereichen sowie in
- Endverbrauch,
- Vermögensbildung und
- Export

ab.

Eine detailliertere Aufteilung dieser Verwendungen erfolgt unter Zuhilfenahme der monetären Verwendungstabelle der Input-Output-Rechnung. Die weitere Bestimmung der Rohstoffäquivalente erfolgt mittels Input-Output-Analyse wie unter 13.1.1 beschrieben.

13.1.5.4 Biomasse aus Fischerei und Jagd

Fischerei

Grundlage für die Abschätzung der Rohstoffäquivalente für Fische und sonstige Meerestiere (und -pflanzen)¹²³ bilden Daten der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO), der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) und der Außenhandelsstatistik. Anders als im nationalen und europäischen Materialkonto basiert die inländische Entnahme nicht auf den Anlandeergebnissen der BLE¹²⁴ sondern auf dem so genannten Anlandegewicht in Lebend-

¹²³ Krebstiere, Weichtiere, Amphibien, Reptilien, wirbellose Wassertiere, Wasserpflanzen.

¹²⁴ Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. (jährlich). Die Hochsee- und Küstenfischerei in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht über die Anlandungen von Fischereierzeugnissen im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland durch deutsche und ausländische Fischereifahrzeuge.

äquivalent¹²⁵ der FAO¹²⁶. Hierdurch wird gewährleistet, dass Gewichtsverluste durch erste Verarbeitungsschritte auf See mit berücksichtigt werden.

Grundsätzlich gibt es im Bereich des Rohstoffes „Fisch und sonstige Meerestiere“ definitorische Abweichungen gegenüber anderen Rohstoffen: Der Begriff der inländischen Entnahme wird bei Fisch nicht als geographische Bestimmung sondern als Entnahme durch deutsche Fischereifahrzeuge definiert. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass Seefische im Regelfall nicht innerhalb der Hoheitsgebiete einzelner Staaten gefangen (=aus der Umwelt entnommen) werden. Diese Abgrenzung der Fischereiwirtschaft ist konform mit der Betrachtungsweise im Europäischen System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG).

Ein weiterer Sonderfall sind Muscheln aus Aquakultur. Diese werden, obwohl sie gattungsmäßig Tiere sind, wie pflanzliche Biomasse aus der Landwirtschaft behandelt. Ihre „Ernte“ wird als Umweltentnahme angesehen. Im Gegenzug wird auf die Erfassung des durch sie auch in Aquakultur als Nahrung aufgenommen Planktons verzichtet.

Im- und Exportangaben zu Fisch und sonstigen Meerestieren entstammen der Außenhandelsstatistik. Mit Hilfe eines Quotienten aus Anlandeergebnissen sowie dem Lebendäquivalent (siehe oben) werden die aus der Außenhandelsstatistik stammenden Im- und Exportangaben auf Lebendäquivalente hochgerechnet. Materialstrommäßig wird die Verwendung von Fischen dem Produktionsbereich „Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakerzeugnisse“ zugerechnet. Exporte unverarbeiteter Fische werden dabei über die Materialstromtabelle erfasst, verarbeitete Fische über die Input-Output-Analyse abgebildet. Die weitere Schätzung der Rohstoffäquivalente erfolgt wie in 13.1.1 beschrieben.

Biomasse aus der Jagd

Massenmäßig ist dieser Rohstoffbereich mit einer inländischen Entnahme von 30 000 bis 60 000 Tonnen pro Jahr im Gesamtsystem relativ unbedeutend. Auch die Importe von Fleisch der betreffenden Tierarten sind im Verhältnis zu den anderen hier betrachteten Rohstoffen mit rund 20 000 Tonnen pro Jahr relativ gering. Zudem werden die Tiere in den Hauptexportländern zumeist in Gehegen gehalten. Aus Vereinfachungsgründen wird bei Importen daher davon ausgegangen, dass es sich hierbei ausschließlich um so genanntes Gatterwild handelt. Somit werden die entsprechenden Rohstoffäquivalente nicht als Biomasse aus der Jagd, sondern indirekt über das Futter beziehungsweise über die geweidete Biomasse erfasst. Eine Schätzung für Rohstoffäquivalente von Biomasse aus der Jagd wird beim Import entsprechend nicht vorgenommen. Die Exporte werden über die Input-Output-Analyse erfasst. Insgesamt ist der Einfluss der Biomasse aus der Jagd auf das Ergebnis für die Rohstoffgruppe „Biomasse aus Fischerei und Jagd“ nahezu vernachlässigbar.

13.1.6 Zusammenfassung Sekundärrohstoffe

Grundsätzlich werden die Auswirkungen der Nutzung von Sekundärrohstoffen über die Input-Output-Analyse erfasst. Dabei wird bei der Schätzung der Importäquivalente von nationalen Gegebenheiten bei der Nutzung von Sekundärrohstoffen ausgegangen. Die nationale Situation ist allerdings nicht repräsentativ für das Ausland. So würde ein geringerer Einsatz von (Primär-)Rohstoffen im Inland demnach auch zu geringeren Rohstoffäquivalenten der Importe sowie der Exporte führen. Dieser Ansatz erfolgt implizit im Rahmen der Input-Output-Analyse, wenn keine anderweitigen Annahmen getroffen und in die Berechnung mit einbezogen werden.

Für bestimmte massenmäßig bedeutendere Sekundärrohstoffe werden im Rahmen der Schätzung der Rohstoffäquivalente allerdings gesonderte Rechnungen vorgenommen. Dabei wird nicht der inländische Einsatz im Produktionsprozess, sondern das inländische Aufkommen als Grundlage für die Schätzung der Rohstoffäquivalente heran-

¹²⁵ Nominal catch.

¹²⁶ FAO capture and aquaculture databases.

gezogen. Es wird davon ausgegangen, dass die erstellten Güter der letzten Verwendung grundsätzlich ursprünglich aus Primärrohstoffen bestehen. Da dies zu einer Überschätzung führen würde, werden im Gegenzug Einsparungen aus dem inländischen Aufkommen dieser Sekundärrohstoffe als inländische Vorratsveränderung gebucht. Weil nicht immer sicher ermittelt werden kann, woher diese Sekundärrohstoffe ursprünglich stammen (Konsum- oder Investitionsgüter, welche Gütergruppe etc.), wird diese Vorratsveränderung dem Produktionsbereich „Dienstleistungen der Abwasser-, Abfallentsorgung und Rückgewinnung“ zugerechnet. Dies betrifft folgende massenmäßig bedeutende Sekundärrohstoffe:

- Behälterglas (Rohstoff Quarzsande und Rohstoff Kalkstein),
- Brechsand (Rohstoff Sand, Kies, gebrochene Natursteine) – hier erfolgt die Zurechnung abweichend beim Produktionsbereich Bau,
- Metalle (Rohstoff Erz),
- Papier (Rohstoff Holz).

Eine detailliertere Beschreibung des Schätzverfahrens und der Zurechnung ist auch in den Abschnitten zu den jeweiligen Rohstoffen enthalten.

13.1.7 Zusammenfassung der Gliederung nach Rohstoffen/Rohstoffgruppen

In den vorhergehenden Abschnitten Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. bis 13.1.5 wurden die Schätzverfahren für die einzelnen Rohstoffe, die in die Schätzung der Rohstoffäquivalente einbezogen werden, ausführlich dargestellt. Die Ergebnisdarstellung orientiert sich an folgender Gliederung:

- Vier aggregierte Rohstoffgruppen unterteilt in 19 detaillierte Rohstoffgruppen
 1. Erze
 - Eisen- und Manganerze
 - Nichteisenerze, darunter
 - Kupfererze
 - Aluminiumerze (Bauxit)
 2. Fossile Energieträger
 - Braunkohle
 - Steinkohle
 - Erdöl
 - Erdgas
 3. Sonstige mineralische Rohstoffe
 - Düngemittelminerale
 - Chemische Mineralien
 - Natriumchlorid
 - Quarzsande
 - Kalkstein, Gips
 - Sand, Kies, gebrochene Natursteine
 - Naturwerksteine
 - Tone

4. Biomasse aus

- Landwirtschaft
- Forstwirtschaft
- Fischerei und Jagd

13.1.8 Untergliederung nach Produktionsbereichen resp. Gütergruppen

Wie bereits unter 13.1.1 dargestellt, wird für die Schätzung der indirekten Importe und indirekten Verwendungen die nationale IOT herangezogen. Diese matrixförmige Tabelle gliedert sich in 72 mal 72 Produktionsbereiche. Allerdings werden im Berechnungsverfahren auch weitere Datenquellen hinzugezogen, die teilweise unterschiedliche Gliederungen aufweisen oder Zuordnungen nicht überall in voller Tiefe zulassen. Bedingt durch diese Restriktionen im Rechenverfahren lässt sich bei einer Ergebnisdarstellung mit hinreichender Qualität diese Gliederungstiefe nach 72 Produktionsbereichen beziehungsweise Gütergruppen nicht aufrechterhalten. Daher werden die Ergebnisse etwas gröber nach den folgenden 24 Produktionsbereichen (aufkommensseitig) beziehungsweise Gütergruppen (verwendungsseitig)¹²⁷ unterteilt dargestellt:

1. Landwirtschaft, Fischerei, Nahrungs- und Futtermittel, Getränke, Tabakwaren
2. Forstwirtschaftliche Erzeugnisse und Dienstleistungen
3. Kohle, Erdöl, Erdgas, Kokerei- und Mineralölzeugnisse
4. Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse und Dienstleistungen
5. Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren
6. Holz, Papier, Druck
7. Chemische und pharmazeutische Erzeugnisse, Gummi- und Kunststoffwaren
8. Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden
9. Metallerzeugnisse
10. Elektrische, elektronische und optische Erzeugnisse
11. Maschinen
12. Fahrzeuge
13. Möbel und Waren anderweitig nicht genannt
14. Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen
15. Energieversorgung
16. Wasser, Dienstleistungen der Wasserversorgung
17. Dienstleistungen der Abwasser-, Abfallentsorgung und Rückgewinnung
18. Bau
19. Handel
20. Verkehr
21. Beherbergungs- und Gastronomiedienstleistungen
22. Unternehmensdienstleistungen
23. Telekommunikation, IT- und Informationsdienstleistungen
24. Persönliche Dienstleistungen.

¹²⁷ Die Gliederung orientiert sich an der CPA.

Dabei ist zu beachten, dass aufkommenseitig die Rohstoffäquivalente nur bei ihrem erstmaligen Aufkommen in der inländischen Wirtschaft erfasst werden – nämlich bei dem Produktionsbereich, der sie aus der Umwelt entnimmt beziehungsweise aus dem Ausland einführt (oder reimportiert). Obwohl eine derartige Darstellung erfolgen kann, ist ihr Aussagewert deutlich eingeschränkt.

Verwendungsseitig (also gegliedert nach Konsum- und Investitionsgütern sowie dem Export) erfolgt die Zuordnung der Rohstoffäquivalente anhand der Gütergruppen. Hierbei ist zu beachten, dass die Zuordnung sich ausschließlich an der letzten Verwendung orientiert. Dadurch kann auch diese Darstellung zu Fehlinterpretationen der Aussagen führen, da teilweise identische Güter der letzten Verwendung (beispielsweise dem Konsum) dienen oder auch als Vorleistung für die Produktion eines anderen Gutes verwendet werden können.

Daher sollte, soweit möglich, eine Gliederung nach Kategorien der letzten Verwendung (bzw. aufkommenseitig nach inländischer Entnahme und Importen), eventuell auch in Verbindung mit einer Gliederung nach Rohstoffgruppen, dieser Gliederung nach Produktionsbereichen beziehungsweise Gütergruppen vorgezogen werden.

13.2 Abweichungen vom Vorgängerprojekt

Resultat des Vorgänger-Projektes „Evaluierung des Ressourcenverbrauches“ waren Angaben zu Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten für die Berichtsjahre 2000, 2008 bis 2010 sowie vorläufige Angaben für 2011. Im Rahmen des nun vorliegenden Projektes „Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe“ wurden Angaben für die Berichtsjahre 2010 bis 2013 sowie vorläufige Ergebnisse für das Berichtsjahr 2014 berechnet. Mithin liegen aus den beiden aufeinander folgenden Projekten Ergebnisse für das Berichtsjahr 2010 vor.

Ein Vergleich zeigt, dass die Ergebnisse für die Indikatoren Raw Material Input (RMI) beziehungsweise Raw Material Consumption (RMC) um – 5 % beziehungsweise + 4 % abweichen. Auf Ebene einzelner Rohstoffgruppen, Wirtschaftsbereiche oder Kategorien der letzten Verwendung ergeben sich teils deutlich höhere Differenzen.

Dies ist zu einem großen Teil darauf zurückzuführen, dass die in den Rechnungen verwendeten Input-Output-Tabellen und Gütermatrizen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) aufgrund der VGR-Generalrevision 2014 von den entsprechenden VGR-Tabellen des Vorgängerprojektes abweichen, die noch auf der VGR-Generalrevision 2011 beruhten. Solche Generalrevisionen führen die VGR in mehrjährigen Abständen durch. Hauptanlass für die VGR-Generalrevision 2014 war die Implementierung des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG) 2010 auf nationaler Ebene. Darüber hinaus wurden bei dieser Gelegenheit in verschiedenen Bereichen Berechnungsmethoden modifiziert und neue Datengrundlagen eingearbeitet.¹²⁸

Daneben wurden die Berechnungen an einzelnen Stellen angepasst und verbessert. Auch wenn die Datenquellen die gleichen geblieben sind, können dortige Revisionen ebenfalls zu Abweichungen im Ergebnis gegenüber dem Vorgängerprojekt führen. Ein Beispiel dafür sind die Daten des Thünen Instituts zur Forstwirtschaft. Für Biomasse aus der Forstwirtschaft erhalten wir einen um die Hälfte geringeren RMI und einen um drei Viertel geringeren RMC als im Vorgängerprojekt. Ein Hauptgrund für diese Abweichungen dürften Revisionen in der Datenquelle sein. Angepasst wurden insbesondere im Bereich Biomasse aus der Landwirtschaft die Input-Output-Analyse sowie einzelne Umrechnungskoeffizienten, im Bereich Fischerei die Zuordnungen einzelner Teilmengen zum Export sowie im Bereich der direkten Stromimporte und des direkten privaten Konsums von Energieträgern einzelne Umrechnungskoeffizienten.

¹²⁸ Eine ausführliche Beschreibung dieser Änderungen findet sich in Räth, Norbert/Braakmann, Albert. Generalrevision der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen 2014 für den Zeitraum 1991 bis 2014. In: WISTA Wirtschaft und Statistik. Ausgabe September 2014, S. 502 ff.

13.3 Betrachtung von Zeitreihen

Wie in Abschnitt 13.2 beschrieben, ergibt sich durch die methodischen Unterschiede, vorrangig aufgrund der verschiedenen VGR-Revisionsstände, beim Berichtsjahr 2010 ein Bruch in der Zeitreihe. Daher umfassen sowohl die Ergebnistabellen des Projektes „Evaluierung des Ressourcenverbrauches“ als auch diejenigen des Projektes „Globale Umweltinanspruchnahme durch Produktion, Konsum und Importe“ Angaben für 2010.

Bei der Darstellung von Zeitreihen über das Jahr 2010 hinweg in absoluten Werten wird dieses Jahr entsprechend doppelt ausgewiesen. Die Werte in diesen Tabellen sind über das Jahr 2010 nicht direkt vergleichbar.

Um Aufschluss über die Entwicklung der verschiedenen Größen in Rohstoffäquivalenten im Zeitverlauf zu erlangen, werden die Ergebnisse daher verkettet als Index mit Basisjahr 2000 dargestellt.¹²⁹ Dazu wird zunächst aus den absoluten Werten für 2000 bis 2010 basierend auf der VGR-Revision 2011 ein Index mit dem Basisjahr 2000 gebildet. Dann wird der Indexwert des Jahres 2010 mit Hilfe der Veränderungsraten, die sich aus den neu berechneten Werten für 2010 bis 2014 basierend auf der VGR-Revision 2014 ergeben, fortgeschrieben. Bezeichnet also, den Indexwert für das Jahr und die Veränderung des absoluten Werts im Vergleich zum Vorjahr in Prozent, so berechnet sich der Indexwert für das Jahr als:

$$X_{t+1} = X_t \cdot \left(1 + \left(\frac{V}{100}\right)\right)$$

Dadurch ist der Zeitraum 2000 bis 2014 konsistent dargestellt und die Indices ermöglichen eine Einschätzung der Entwicklung über den gesamten Zeitraum.

Die Angaben für das Jahr 2014 sind vorläufig, da zum Zeitpunkt ihrer Berechnung die Input-Output-Tabellen für 2014 noch nicht verfügbar waren. Entsprechend wurden für dieses Jahr Informationen in physischen Einheiten für das Jahr 2014 kombiniert mit Input-Output-Tabellen für das Jahr 2013.

129 Vgl. „Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Aufkommen und Verwendung in Rohstoffäquivalenten, Lange Reihen 2000 bis 2014“ (Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2018).