

UMWELTÖKONOMISCHE ANALYSEN IM BEREICH DER ENERGIE UND ZU KOHLENDIOXID- EMISSIONEN



2015

Statistisches Bundesamt

Herausgeber: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

Internet: www.destatis.de

Autor: Helmut Mayer

Ihr Kontakt zu uns:

www.destatis.de/kontakt

Zum Thema „Umweltökonomische Gesamtrechnungen im Bereich der Energie
und zu Kohlendioxid-Emissionen“

Tel.: +49 (0) 611 / 75 27 64

Statistischer Informationsservice

Tel.: +49 (0) 611 / 75 24 05

Erscheinungsfolge: einmalig

Erschienen am 16. Januar 2015

Artikelnummer: 5851001-15900-4 [PDF]

© Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2015

Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet.

Inhalt

Vorbemerkung	4
1 Analyse der Umweltnutzung in der Produktion – institutionelle versus funktionale Abgrenzung der Akteure.....	5
2 Umweltökonomische Analysen zum Energieverbrauch und zu den CO ₂ -Emissionen	7

Vorbemerkung

In den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) wird die Nutzung von Umweltfaktoren in Zusammenhang mit den ökonomischen Aktivitäten der Produktionsbereiche und privaten Haushalte dargestellt. Die Umweltfaktoren werden einerseits bei der Produktion von Waren und Dienstleistungen, andererseits durch private Haushalte in Zusammenhang mit deren Konsumaktivitäten genutzt.

Die Darstellung der Nutzung der Umweltfaktoren erfolgt vorzugsweise im Rahmen von Gesamtrechnungsdaten. Zu den Gesamtrechnungsdaten zählen die Darstellungen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) einschließlich der Input-Output-Rechnung (IOR) und der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR)¹. In den UGR wird eine systematische Verknüpfung von Basisdaten bezüglich der Nutzung von Umweltfaktoren, wie beispielsweise zur Nutzung von Energieträgern, Rohstoffen, Wasser und Fläche und zu den Emissionen wie den Luftschadstoffen und Treibhausgasen, mit den Angaben aus den VGR zu den ökonomischen Aktivitäten der Wirtschaftsbeziehungsweise Produktionsbereiche und der privaten Haushalte durchgeführt.

Diese Verknüpfung bezweckt zum einen die Berechnung und Darstellung höher aggregierter Angaben – von Umweltindikatoren – zum Ausmaß und zur zeitlichen Entwicklung der Umweltnutzung auf gesamtwirtschaftlicher Ebene oder auf der Ebene der Darstellungseinheiten der VGR. Zum anderen werden auf der Grundlage von UGR-Daten weiterführende Analysen durchgeführt, die insbesondere Aufschluss über die verursachenden wirtschaftlichen Aktivitäten der Umweltbelastung ermöglichen und Ansatzpunkte für die Formulierung und Simulation umweltpolitischer Maßnahmen bieten sollen.

Im Folgenden soll nicht näher auf die Kennziffern und Analysen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene – wie beispielsweise die Berechnung und Beobachtungen der Umweltindikatoren im Rahmen der Nachhaltigkeitspolitik der Bundesregierung – eingegangen werden. Es wird vielmehr ein Teilbereich der UGR – der Umweltbereich Energie – ausgewählt und die hierzu durchgeführten Analysen der UGR vorgestellt. In Abschnitt 2 wird zunächst die grundsätzlich zu treffende Entscheidung hinsichtlich der Darstellungseinheiten bei der Analyse der Umweltnutzung in der Produktion erörtert. In Abschnitt 3 wird insbesondere auf die energetische Input-Output-Analyse eingegangen, Probleme bei deren Anwendung aufgezeigt und Anforderungen in Hinblick auf die Analyseziele beschrieben.

¹ Siehe S. Seibel: Nutzung von Daten der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen für die Berichterstattung und Analyse im Rahmen der Nachhaltigkeits-Strategie; UGR-Online-Publikation, Wiesbaden, August 2005. www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/NachhaltigkeitsStrategie.pdf

1 Analyse der Umweltnutzung in der Produktion – institutionelle versus funktionale Abgrenzung der Akteure

Bei den Berechnungen und Darstellungen der Umweltnutzung auf sektoraler Ebene – das ist die Ebene der produzierenden Bereiche und der Haushalte – kann zwischen der Berechnung von sektoralen Indikatoren und weitergehenden Analysen unterschieden werden:²

- Branchenspezifische (gemischte) Indikatoren, z. B. spezifischer Energieverbrauch, Effizienzindikatoren (Umweltintensitäten, Produktivitäten)
- Dekompositionsanalyse: Erklärung der zeitlichen Entwicklung eines Indikators aus der Entwicklung seiner Einflussfaktoren, z. B. Rückführung der Veränderung des Energieverbrauchs auf Effizienzsteigerung, Wirtschaftsstrukturentwicklung, allgemeine Nachfrageentwicklung usw.
- Input-Output-Analyse: Verknüpfung der in physischen Einheiten vorliegenden Daten zur Umweltbelastung mit monetären oder physischen Input-Output-Tabellen aus den VGR zur Berechnung sogenannter kumulierter Effekte. Dies bedeutet, dass neben der direkten Umweltbelastung (z. B. direkter Energieverbrauch einer Branche) auch die indirekte Belastung (Berücksichtigung z. B. der Energieeinsätze in allen vorgelagerten Produktionsstufen) mit einbezogen wird
- Nutzung der Daten in multi-sektoralen ökonomischen Modellierungsansätzen zur Aufstellung von Szenarien mit einer integrierten Betrachtung der Entwicklung von Umweltvariablen und der Variablen zur wirtschaftlichen Entwicklung

Bei der Analyse der Nutzung der Umwelt im Rahmen der Produktion ist eine grundsätzliche Entscheidung zu treffen, ob diese Analyse für die funktional abgegrenzten Produktionsbereiche – den Darstellungseinheiten in den Input-Output-Tabellen (IOT) – oder für die institutionell abgegrenzten, d. h. auf Unternehmensangaben basierenden, Wirtschaftsbereiche durchgeführt werden soll. Bei dieser Entscheidung sind sowohl Aspekte der Analyseziele als auch Fragen der Datenverfügbarkeit zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sollte die Nutzung der Umweltfaktoren in engem Zusammenhang mit bestimmten wirtschaftlichen Aktivitäten, d. h. mit der Produktion bestimmter Waren und Dienstleistungen gezeigt werden, insbesondere um spezifische Umweltbelastungen, die in Zusammenhang mit der Produktion bestimmter Güter oder mit bestimmten Produktionsprozessen stehen, genauer untersuchen und explizit darstellen zu können. Beispielsweise ist die Stromerzeugung durch eine hohe Nutzungsintensität von Umweltfaktoren, wie den Einsatz von Wasser und Rohstoffen (Primärenergieträger) und die Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen, gekennzeichnet und die Umweltnutzung sollte unabhängig von der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Unternehmen explizit dargestellt werden.

Die maßgebliche Klassifikation der Produktionsprozesse bzw. der wirtschaftlichen Tätigkeiten ist die Statistische Güterklassifikation in Verbindung mit den Wirtschaftszweigen in der Europäischen Gemeinschaft (CPA)³. Diese fachliche Abgrenzung und Klassifikation liegt auch der Abgrenzung der Produktionsbereiche in den IOT des Statistischen Bundesamtes zugrunde. Die IOT enthalten neben der Darstellung des

² S.S. Seibel a.a.O., S.10.

³ CPA: Classification of Products by Activity (Ausgabe 2008).

Einsatzes von Gütern im Produktionsprozess und der Verwendung der Güter in der Endverwendung auch die benötigten ökonomischen Bezugsgrößen wie den Produktionswert und die Bruttowertschöpfung der Produktionsbereiche. Im Folgenden wird darauf eingegangen, ob die verfügbare Gliederungstiefe der IOT für die Analyse der Umweltnutzung ausreichend ist beziehungsweise welche Probleme eine unzureichende Gliederungstiefe bei den durchgeführten Analysen aufwirft.

Bezüglich der ökonomischen Bezugsgrößen wären alternativ zu den Angaben für Produktionsbereiche auch Angaben aus der „Entstehungsrechnung“ des BIP (Bruttoinlandsprodukt) für Wirtschaftsbereiche verfügbar. Allerdings wäre aus den genannten Gründen die Aussagefähigkeit der Indikatoren wegen der fehlenden Homogenität der Bereiche eingeschränkt und insbesondere weitere Analysemöglichkeiten beispielsweise im Rahmen der Input-Output-Analyse verschlossen, da in den IOT des Statistischen Bundesamt ein funktionales Konzept – basierend auf den Angaben für Produktionsbereiche – verfolgt wird.

Bei der Berechnung gemischter Indikatoren und für weitergehende Analysen sind jedoch nicht nur die Verfügbarkeit der ökonomischen Bezugsgrößen von Bedeutung, sondern auch, für welche Darstellungseinheiten die Erfassung der Umweltfaktoren – in den amtlichen und anderen Erhebungen – erfolgt. Die amtlichen Energie-, Wasser- und Umweltstatistiken im Produzierenden Gewerbe basieren auf den Angaben von Betrieben. Die Betriebe sind durch ein unterschiedliches Ausmaß an Haupt- und Nebentätigkeiten gekennzeichnet. Idealerweise wären die Umweltfaktoren entsprechend der tatsächlichen Nutzung der Umweltfaktoren den verschiedenen Aktivitäten des Betriebs, d. h. den verschiedenen Haupt- und Nebentätigkeiten, zuzuordnen. In den amtlichen Statistiken werden die Betriebe allerdings hinsichtlich ihrer Umweltnutzung nicht in fachliche Einheiten zerlegt, sondern in ihrer Gesamtheit – entsprechend dem Schwerpunkt der wirtschaftssystematischen Tätigkeiten – einem bestimmten Wirtschaftsbereich zugeordnet. Dadurch wird eine rein fachliche Zuordnung der Umweltnutzung nicht vollständig erreicht.

Die Betriebe üben neben den Haupt- und Nebentätigkeiten auch Hilfstätigkeiten aus. Bei diesen Tätigkeiten handelt es sich um Dienstleistungen, die in der Regel die Haupttätigkeiten unterstützen und nicht getrennt fakturiert werden. Diese Tätigkeiten werden in den Primärstatistiken und den VGR nicht getrennt dargestellt. Von besonderer Bedeutung hinsichtlich der Umweltnutzung – beispielsweise in Hinblick auf den Energieverbrauch und die Luftschadstoffe – sind insbesondere die Gütertransportleistungen im Werksverkehr der Industrie und des Handels. Bei der Darstellung und Analyse der verkehrsbedingten Umweltnutzung ist es erforderlich, diese Aktivitäten getrennt zu erfassen und diese dem Verkehrssektor zuzuordnen. Eine umweltökonomische Analyse des Sektors Verkehrs erfordert eine Betrachtung der verkehrsverursachenden Faktoren⁴. Dabei werden neben Angaben zu den transportierenden Bereichen zusätzliche Angaben über die Art der transportierten Güter benötigt.

⁴ Ein Methodenbericht zu den Berechnungen zum Energieverbrauch des Straßenverkehrs – „Weiterentwicklung der Berechnungen zum Energieverbrauch und zu den CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs“ – liegt online vor:
www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/VerkehrundUmwelt/UGRWeiterentwicklungEmission.pdf

2 Umweltökonomische Analysen zum Energieverbrauch und zu den CO₂-Emissionen

Deskriptive Kennziffern zum Energieverbrauch

Eine Vielzahl deskriptiver Analysen kann bereits anhand der nationalen Energiebilanz durchgeführt werden. Die Energiebilanz enthält umfassende und detaillierte Angaben zu Aufkommen und Verwendung von Energieträgern. Auf Basis dieser Angaben können wichtige Informationen zur Entwicklung und Zusammensetzung des Primärenergieverbrauchs im Inland nach Energieträgern, zur Nutzung von Endenergie in den einzelnen Verbrauchsbereichen (Sektoren) und zur Bedeutung der einzelnen Energieträger in den einzelnen Verbrauchsbereichen gewonnen werden. Die Energiebilanz ermöglicht darüber hinaus die Berechnung wichtiger Kennziffern beispielsweise zur Energieintensität der gesamten Volkswirtschaft und einzelner Sektoren, zur Importabhängigkeit der Energieversorgung und zu den Umwandlungsverlusten und Wirkungsgraden bei der Energieumwandlung. Sie ist darüber hinaus Basis für weiterführende Analysen, beispielsweise zur Verwendung von Energie als Nutzenergie in den einzelnen Anwendungsbereichen (Raumwärme, mechanischer Antrieb, Prozesswärme, Beleuchtung u. a.). Eine weitere wichtige Anwendung stellt die Berechnung von energiebedingten Emissionen, wie z. B. von Kohlendioxidemissionen, im Rahmen der Erstellung von Inventaren zu den Treibhausgasen dar.

Die Angaben aus der Energiebilanz stellen für die Berechnungen und Darstellungen der Energienutzung im Rahmen der UGR eine wichtige Datengrundlage dar. Die Nutzung von Energie wird in den UGR auf folgende Art und Weise dargestellt und analysiert:

- Verwendung von Energie nach Produktionsbereichen und Energieträgern (einschl. Energie zur Umwandlung)
- Verwendung von Primärenergie nach Produktionsbereichen und privaten Haushalten
- Emissionsrelevanter Energieverbrauch nach Produktionsbereichen und privaten Haushalten
- Berechnung von gesamtwirtschaftlichen Angaben zur Energieproduktivität und der Energieproduktivität/-intensität der Produktionsbereiche
- Verwendung von Energie (temperaturbereinigt) in den privaten Haushalten nach Anwendungsbereichen
- Energieverbrauch der Haushalte im Bereich „Wohnen“ nach Haushaltsgrößen
- Komponentenzerlegung im Bereich „Energieverbrauch für Raumwärme“
- Kraftstoffverbrauch im Bereich „Verkehr“ (nach Kfz-Typen und Haltern)
- Energetische I/O-Analysen: Berechnung des kumulierten Energieaufwands nach Produktionsbereichen und Gütergruppen und nach den Kategorien der Endverwendung von Gütern einschl. Berechnung einer erweiterten Außenhandelsbilanz für Energie

Ein wesentliches Analyseziel der UGR liegt in der Darstellung des Energieverbrauchs nach einzelnen Bereichen – den Produktionsbereichen und den privaten Haushalten – und der Berechnung von Energieproduktivitäten und ihrer Änderung im Zeitablauf.

Darüber hinaus wird im Rahmen der energetischen I/O-Analyse neben dem Energieverbrauch im Inland auch der Energieeinsatz geschätzt, der zur Herstellung von importierten Gütern benötigt wird. Beide Größen – der tatsächliche inländische Energieeinsatz in der Produktion und der geschätzte zusätzliche Energieeinsatz bei der Herstellung von Importgütern – werden bei dieser Analyse den Endnachfragegütern

und Kategorien (Konsum, Investition, Export) zugerechnet. Die Einbeziehung der importierten Güter in die Analyse ermöglicht die Berechnung von Energieintensitäten in Bezug auf die Endnachfrage, z. B. auf die gesamte Energieintensität der Konsumnachfrage und ihre Veränderung im Zeitablauf. Sie ermöglicht auch wichtige Erkenntnisse über die Bestimmungsfaktoren der Energienachfrage im Inland. Beispielsweise kann die Substitution von im Inland hergestellten Konsumgütern, z. B. von Kraftfahrzeugen, durch importierte Güter die Energienachfrage im Inland – und damit die Umwelt im Inland – entlasten. Auch der entgegengesetzt wirkende Effekt, eines erhöhten Ressourcenverbrauchs im Inland aufgrund wachsender Exporte und einer damit verbundenen erhöhten Umweltbelastung im Inland kann analysiert werden. Mit Hilfe der ermittelten Größen bezüglich des Energieverbrauchs bei der Herstellung von Import- und Exportgütern kann eine erweiterte Außenhandelsbilanz für Energie erstellt werden, die neben den Angaben zu den direkten Importen und Exporten von Energieträgern, vergleichbar gemessen anhand ihres Energiegehalts (Joule), auch den geschätzten – indirekten – Energiegehalt der Import- und Exportgüter enthält.

Bei der Darstellung des Energieverbrauchs nach einzelnen Bereichen und der Berechnung von Energieintensitäten/-produktivitäten nach Produktionsbereichen als auch bei der weiteren energetischen I/O-Analyse sind bestimmte Anforderungen zu beachten.

Hinsichtlich des Energieverbrauchs der Produktionsbereiche ist auf eine vollständige, jedoch doppelzählungsfreie Berechnung zu achten. Der gesamte Energieverbrauch im Inland ist durch den Verbrauch an „Primärenergie“ charakterisiert. Dieser enthält den gesamten Inlandsverbrauch von Primärenergieträgern als auch den Verbrauch von eingeführten Sekundärenergieträgern. Dies bedeutet, dass der Energieverbrauch von im Inland hergestellten Sekundärenergieträgern, wie z. B. von Elektrizität, nicht zusätzlich zu den bei ihrer Erzeugung eingesetzten Primärenergieträgern verbucht wird. Auch der Aufwand an Primärenergie bei der Herstellung von eingeführten Sekundärenergieträgern bleibt außer Betracht.

Bei der Berechnung des Energieverbrauchs nach Produktionsbereichen und privaten Haushalten (Inlandsverbrauch) wird der Primärenergieverbrauch nach einzelnen Bereichen ermittelt. Dies erfolgt durch Abzug des Umwandlungsausstoßes vom gesamten Energieverbrauch – also sowohl des Verbrauchs von Primär- als auch von Sekundärenergieträgern – der Bereiche. Diese Saldierung wird bei den Umwandlungsbereichen – den Kraftwerken, Raffinerien, Brikettfabriken, Kokereien – vorgenommen. Die so ermittelte Verbrauchsgröße ist hinsichtlich der Bereiche außerhalb der Umwandlungsbereiche identisch mit dem – in den Energiebilanzen für die einzelnen Sektoren nachgewiesenen – Endenergieverbrauch dieser Bereiche.

Bei den Umwandlungsbereichen enthält die Verbrauchsgröße den Eigenverbrauch der Bereiche und die Umwandlungsverluste bei der Umwandlung. Die so ermittelte Verbrauchsgröße ist sowohl für die Ermittlung von Verbrauchsanteilen als auch bei der Berechnung von Produktivitäten für die Umwandlungsbereiche ungeeignet, da sie keinen Energieverbrauch im Sinne von Energienutzung darstellt. Bei der Berechnung von Produktivitäten für Umwandlungsbereiche ist daher die Bezugnahme auf technische Umwandlungsrelationen, wie z. B. dem Wirkungsgrad der Energieumwandlung, sinnvoller.

Wegen der skizzierten Unzulänglichkeiten wird in den UGR der Primärenergieverbrauch nach Bereichen zusätzlich zu dem oben beschriebenen Konzept auch nach einem alternativen Konzept berechnet und nachgewiesen. Dabei werden die Umwandlungsverluste und der Eigenverbrauch der Kraftwerke und der Heizwerke – das sind die mit Abstand bedeutendsten Umwandlungsbereiche mit hohen Umwandlungsverlusten – verursachergerecht anteilig den Endverbrauchern von Elektrizität und Fernwärme zugerechnet. Die so ermittelten Verbrauchsanteile ermöglichen einen besseren Einblick in den tatsächlich verursachten Verbrauch von Primärenergie durch die Endverbraucher.

Energetische I/O-Analyse und Analyse der indirekten CO₂-Emissionen⁵

Durch Kombination der Angaben zum Primärenergieverbrauch und zu den direkten CO₂-Emissionen der Produktionsbereiche mit den Input-Output-Tabellen kann eine Zurechnung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen der inländischen Produktion zur Endnachfrage vorgenommen werden und zwar in der Unterteilung nach Gütergruppen und nach den Endnachfragekategorien (Konsum, Investition, Export). Außerdem kann der gesamte Energieverbrauch (die gesamten CO₂-Emissionen) berechnet werden. Dieser enthält neben dem Energieverbrauch bei der Herstellung der im Inland gefertigten Güter auch den Energieverbrauch bei der Herstellung der Importgüter. Mit diesen Angaben können die Bestimmungsfaktoren für den Energieverbrauch (die CO₂-Emissionen im In- und Ausland) umfassend analysiert werden. Beispielsweise ermöglichen diese Analysen Abschätzungen darüber, inwieweit eine Substitution von inländischen Erzeugnissen durch Importe den Ressourceneinsatz im Inland reduzieren und damit die Umwelt im Inland entlasten.

Bei der energetischen I/O-Analyse können zwei Modelltypen verwendet werden:

- Modelle auf Basis der rein monetären IOT mit Ankopplung der Umweltnutzung, z. B. der Energieinputs und
- gemischte („hybride“) I/O-Modelle: monetäre IOT mit partieller Ersetzung von monetären Angaben durch physische Angaben zur Energieverwendung und Energieaufkommen.⁶

Die Modelle können auf Basis von Input- oder Output-Koeffizienten spezifiziert werden. In den UGR wurde ein gemischtes Berechnungsmodell auf Basis der monetären IOT mit Input-Koeffizienten implementiert, in dem der Energieeinsatz und die Kohlendioxid-Emissionen mit der IOT verknüpft und kumulierte Angaben für die Endnachfragekategorien berechnet werden können. Die Berechnungen erfolgen in einer speziellen Gliederung nach 67 Produktionsbereichen.

Die Modelle gehen im Allgemeinen von der Annahme der Homogenität der Produktionsbereiche in Bezug auf deren Produktionsverhältnisse aus. Die Homogenität der Produktionsbereiche kann durch die von den Produktionsbereichen hergestellten Güter oder den Produktionstechniken bestimmt werden. Die Homogenität der Produktionsbereiche in Bezug auf ein Güterspektrum wird durch die Gliederungstiefe beein-

⁵ Ergebnisse von I/O-Analysen liegen für die privaten Konsumausgaben und die Importe/Exporte von Gütern als Online-Publikation vor:
www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/CO2Emissionen.pdf

www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/ImExErgebnisse.pdf

⁶ Eine ausführliche Methodenbeschreibung des I/O-Modells liegt als Online-Publikation vor:
www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomisheGesamtrechnungen/InputOutputTreibhausgase.pdf

flusst: je enger das vorgegebene Güterspektrum, desto größer die Anzahl der Produktionsbereiche und desto homogener die Produktionsbereiche. Allerdings können selbst Produktionsbereiche mit einem ganz begrenzten Güterspektrum sehr unterschiedliche Produktionstechniken aufweisen, wie z. B. bei der Herstellung von Elektrizität, bei der Kraftwerke mit sehr unterschiedlicher Kostenstruktur und unter Einsatz sehr verschiedener Energieträger eingesetzt werden.

Unterschiedliche Kostenstrukturen spiegeln sich verwendungsseitig in unterschiedlichen Absatzstrukturen und Preisen der Güter wieder. Beispielsweise ist davon auszugehen, dass der Produktionsbereich „Herstellung von Kokereierzeugnissen, Mineralölerzeugnissen“ sehr unterschiedliche Absatzstrukturen für die einzelnen Erzeugnisse und auch sehr unterschiedliche Preise bei den Teilbereichen aufweist. Dies kontrastiert mit der Annahme homogener Produktionsbereiche. Bezogen auf die implizierten Durchschnittspreise für die Abnehmer bedeutet die Homogenitätsannahme, dass die Abnehmer die gleichen Durchschnittspreise für die entsprechende Gütergruppe haben. Weichen diese Durchschnittspreise voneinander ab – wovon beim Bezug der verschiedenen Energieträger ausgegangen werden kann – kommt es bei der Umrechnung von Wertrelationen zu Mengengrößen, wie dem Energiegehalt, zu Verzerrungen. Bei Verwendung von physischen Angaben zu den Energieströmen – in einem hybriden Modell – wird diese Ungenauigkeit vermieden. Deshalb wird in dem Analysemodell der UGR ein hybrider Modellansatz gewählt.

Bei der energetischen I/O-Analyse wird die Genauigkeit der Berechnungsergebnisse auch von der Modellierung der Energiebereiche (Gewinnung, Umwandlung und Verteilung) und der bedeutenden Energieabnehmer – d. h. der energieintensiven Produktionsbereichen – beeinflusst. Die Energiegewinnungs- und -umwandlungsbereiche sollten ein hohes Maß an Homogenität aufweisen. Durch einen adäquaten Zuschnitt der Energiebereiche kann die modellmäßige Zuordnung der Energiegüter zu den verwendenden Produktionsbereichen und der Endnachfrage verbessert werden. Beispielsweise kann der Energiegehalt des Energieinputs „Koks, Mineralölerzeugnisse“ beim abnehmenden Produktionsbereich „Erzeugung und Verteilung von Elektrizität“ genauer anhand der Angaben für die beiden Teilbereiche bestimmt werden.

Im Analysemodell der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen sind die Energiegewinnungs- und -umwandlungsbereiche wie folgt gegliedert (in Klammern: Codes der Klassifikation der Wirtschaftszweige 2008):

- Steinkohlenbergbau (05.1)
- Braunkohlenbergbau (05.2)
- Gewinnung von Erdöl, Erdgas (06)
- Herstellung von Kokereierzeugnissen (19.1)
- Herstellung von Mineralölerzeugnissen, einschl. Torf und Briketts (19.2)
- Erzeugung und Verteilung von Elektrizität (35.1)
- Wärme und Kälteversorgung (Heizkraftwerke und Fernheizwerke) (35.3)
- Erzeugung und Verteilung von Gasen (35.2) – hergestellte Gase einschl. Biogas

In den energetischen I/O-Modellen sollten nach Möglichkeit, die angeführten Unterteilungen der Energieträger bzw. der Gewinnungs- und -umwandlungsbereiche implementiert werden. Hinsichtlich des Nachweises der mengenmäßigen Verwendung der Energieträger (zeilenweise Unterteilungen) kann auf die Angaben aus den Energieflussrechnungen der UGR zurückgegriffen werden, die – analog zur Darstellung in den

Energiebilanzen – einen detaillierten Nachweis von Aufkommen und Verwendung von Energie nach 34 Energieträgern beinhalten.

Beim Nachweis der Energiebereiche in den IOT können wiederum die Angaben aus den Energieflussrechnungen und zum Umwandlungseinsatz der Umwandlungsbereiche der Energiebilanz herangezogen werden. Insbesondere die Verfügbarkeit dieser detaillierten Angaben zur Verwendung der Energieträger in Mengeneinheiten (in Terajoule) ermöglichen die Erstellung einer gemischten IOT mit mengenmäßigen Angaben zu Aufkommen und Verwendung von Energie und monetären Angaben für die restlichen Güter. Bei den Unterteilungen der Energiebereiche sind allerdings Inputstrukturen für die übrigen – monetären – Inputs zu berechnen. Dabei ist von den Produktionswerten der Teilbereiche auszugehen und deren Kostenstruktur mit Hilfe von Unternehmensstatistiken zu bestimmen.

Für die Genauigkeit der Ergebnisse ist nicht nur eine adäquate Spezifizierung der Energiebereiche von entscheidender Bedeutung, sondern auch eine hinreichende Unterteilung bei den bedeutenden Abnehmern von Energie. Im Analysemodell der UGR werden folgende Produktionsbereiche stärker disaggregiert als in den IOT dargestellt:

- Erzeugnisse der Grundstoffchemie (20.1)
- Sonstige chemische Erzeugnisse (20 Rest)
- Glas und Glaswaren (23.1)
- Keramik, bearbeitete Steine und Erden (23.2-9)
- Roheisen, Stahl und Stahlerzeugnisse (24.1-3)
- Aluminium und Alu-Erzeugnisse (24.42)
- Sonstige NE-Metalle und Halbzeug (24.4 Rest)
- Giessereierzeugnisse (24.5)
- Schienenverkehr (49.1-2)
- Sonstiger Landverkehr (49.3-5)
- See- und Küstenschifffahrt (50.1-2)
- Binnenschifffahrt (50.3-4)

Regionalisierung der Importe

Die Importe in dem Analysemodell werden nach 17 Herkunftsländern unterschieden, die laut Außenhandelsstatistik die größte Bedeutung bei den Warenimporten haben beziehungsweise aus anderen Gründen – das trifft für drei Länder (Norwegen, Schweden, Brasilien) zu – explizit berücksichtigt werden. Unter den 17 Ländern befinden sich 10 Länder der Europäischen Union, zwei weitere europäische Länder (Schweiz, Norwegen) und fünf außereuropäische Länder (China, USA, Japan, Russland, Brasilien).

Für diese 17 Länder werden die Importwerte in einer Gliederung nach dem Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken (GP)⁷ anhand einer Sonderauswertung der Außenhandelsstatistik länderweise ermittelt. Bei dieser Sonderauswertung werden für Zwei- und Dreisteller – in Einzelfällen sogar für Viersteller – sowohl Mengenangaben (in kg) als auch Wertangaben (in Euro) ausgewertet.

⁷ Statistisches Bundesamt: Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken, Ausgabe 2009.

Umweltökonomische Analysen zum Energieverbrauch

Die Einfuhrangaben für Energieträger werden in Heizwerten (Terajoule) angegeben. Diese Angaben werden verschiedenen amtlichen Statistiken und Verbandsstatistiken entnommen.⁸

Im Analysemodell werden nur bei wichtigen Energieverbrauchern – wie bei den Energieproduzenten (Energiegewinnungs- und -umwandlungsbereiche), bei der Metallherzeugung, der Grundstoffchemie, der Papierherstellung, dem Ernährungsgewerbe und in der Landwirtschaft länderspezifische Produktionsverhältnisse berücksichtigt. Bei diesen Bereichen werden die Energieeinsätze länderspezifisch – in Mengeneinheiten – abgebildet. Die übrigen – monetär berücksichtigten – Inputs werden aus der IOT für Deutschland entnommen. Dieser Ansatz bedingt, dass die Energieeinsätze für die länderspezifisch abgebildeten Produktionsbereiche auf das inländische Produktionsniveau standardisiert werden.

In Bezug auf die Energie- und Emissionskoeffizienten (Energieverbrauch bzw. CO₂-Emissionen je Euro Produktionswert) werden länderspezifische Koeffizienten benutzt. Die Energiekoeffizienten werden an Hand der nationalen Energiebilanzen abgeleitet. Bei den Emissionskoeffizienten wird für die europäischen Länder auf eine europaweite Erhebung zu den Luftemissionen zurückgegriffen⁹. Bei den übrigen Ländern werden Angaben aus den Inventardaten der internationalen Berichterstattung zu den Treibhausgasen herangezogen und bei einigen Sektoren eigene Berechnungen auf Basis der Energiebilanzen der Länder durchgeführt.

Durch die beschriebene Methode wird eine Annäherung der modellmäßig ermittelten Emissionen an die tatsächlichen Emissionen in den Lieferländern bezweckt. Auf eine allgemeine Berücksichtigung der länderspezifischen Technologien und Vorleistungsverflechtung, d. h. auf den Einbau der IOT der Lieferländer, wird aus konzeptionellen Gründen verzichtet. Mit Ausnahme der erwähnten Produktionsbereiche wird also bei den Berechnungen von der inländischen Technologie ausgegangen.

Ein Hauptgrund für den Verzicht auf eine vollständige Berücksichtigung der Produktionsverhältnisse der Lieferländer ist, dass bei dem gewählten disaggregierten Berechnungsansatz keine hinreichend disaggregierten internationalen IOT zur Verfügung stehen. Außerdem ermöglicht der hybride Berechnungsansatz eine genauere und detailliertere Berücksichtigung von wichtigen Energieverbrauchern im Inland und bei den Lieferländern der Importe nach Deutschland.

⁸ Importiertes Erdgas: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Entwicklung der Erdgaseinfuhr in die Bundesrepublik Deutschland (in TJ). Importiertes Rohöl: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA): Amtliche Mineralölstatistik, Tabelle 2. Importiertes Mineralöl: Mineralölwirtschaftsverband e. V.: Mineralölzahlen, (Datei „mzxls.zip“, Datei MINVERS, Tabelle S26). Importierte Steinkohle: Statistik der Kohlenwirtschaft e. V.: Kohleneinfuhr nach Lieferländern.

⁹ Die Daten sind in der Datenbank von EUROSTAT verfügbar:
<http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/emissions-of-greenhouse-gases-and-air-pollutants/air-emission-accounts/database>