

Großflächige Ökobilanzen[°]

Anwendungen der umweltbezogenen Input-Output-Analyse

U. Klann* / V. Schulz**

Stuttgart/Karlsruhe, den 25.06.2001

* Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Thermodynamik, Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung

** Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), Technik und Umwelt, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

[°] Der Artikel beruht auf Arbeiten im laufenden Verbundprojekt der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“.

1. Überblick zur umweltbezogenen Input-Output-Analyse – Daten, Methoden, Einordnung

Inzwischen ist es üblich, eine Bewertung alternativer Produkte oder Technologien durch die Betrachtung der Vorleistungskette von der Rohstoffentnahme bis zur Fertigware bzw. zur letztendlichen Nutzung zu fundieren. Derartige auf Prozesskettenanalysen aufbauende Ökobilanzen liefern die erforderlichen detaillierten Informationen für sehr genau vorstrukturierte und spezifizierte Entscheidungsprobleme. Die Methodik ist jedoch aufgrund der naturgemäß erforderlichen sehr detaillierten Eingangsdaten wenig geeignet, einen Überblick über größere Bereiche (z.B. über sämtliche Güterkäufe der privaten Haushalte) oder gar die gesamte Volkswirtschaft zu geben. Hierfür geeignet sind Methoden der Input-Output-Analyse.

Als grundlegende Daten dienen Input-Output-Tabellen und die konzeptionell hierauf abgestimmte Material- und Energieflussrechnungen, die als Teil der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen bzw. der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht werden (z.B. Statistisches Bundesamt, 1997; Statistisches Bundesamt a, 2000). Gesamtrechnungen sind stets als geschlossenes Bilanzsystem konzipiert, in dem sämtliche Ströme und die dazugehörigen Bestandsänderungen konsistent und vollständig erfasst werden können. Hierzu gibt es internationale Vereinbarungen (z.B. UN u.a., 1993), in denen auch die Schnittstellen zwischen den Staaten definiert sind. In den Input-Output-Tabellen ist eine solche Aufteilung - u.a. nach Produktionsbereichen und Haushalten – abgebildet. Die vollständige Verbuchung der Ströme impliziert dann, dass für alle Produktionsbereiche sämtliche Inputs nach Herkunft und sämtliche Outputs nach Nutzern abgebildet sind, was einer Spezifikation sämtlicher Produktionsprozesse entspricht. In Verbindung mit entsprechend gegliederten Daten zu Entnahmen aus und Abgaben an die Natur hat man alle Daten, die man auch für Ökobilanzen benötigt, und kann mit verwandten Verfahren – hier: Input-Output-Analysen – für ganz Deutschland flächendeckend bzw. für großflächige Teilbereiche entsprechende Werte errechnen¹.

Allerdings ist großflächig aufgrund der Datenbasis auch mit großmaßstäblich verbunden. Obwohl das Statistische Bundesamt eine Vielzahl von Quellen verwendet - z.B. allein für den Energiebereich mehr als zwanzig verschiedene Statistiken (Statistisches Bundesamt, 2000, S.56f.) –, um nach einer Konsistenzprüfung das gesamte Bilanzsystem zu schätzen, kann in einer starken Detaillierung keine ausreichende Genauigkeit der Einzeldaten erzielt werden. In den Ausweisungen werden deshalb 58 Gütergruppen und Produktionsbereiche unterschieden und die Umweltdaten beschränken sich auf quantitativ bedeutsame Größen. Aufgrund dieser vollständigen aber großmaßstäblichen Erfassung ist die Input-Output-Analyse besonders gut geeignet, relative Größenordnungen und auffällige Muster zu identifizieren. Auch die entsprechenden zeitlichen Entwicklungen können gut analysiert werden, da

¹ In Bezug auf den Umweltzustand können die ökonomischen Aktivitäten als driving forces und die Entnahmen von Stoffen aus der Biosphäre und die Abgaben von Stoffen an die Biosphäre als pressure-Indikatoren eingeord-

die meisten Daten zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung seit Anfang der achtziger Jahre in einer vergleichbaren Systematik erhoben werden, was eine in üblichen Ökobilanzen (Prozesskettenanalysen) normalerweise nicht vorhandene zeitliche Konsistenz sichert .

Aufgrund der verschiedenen Charakteristika ist es naheliegend, Input-Output-Analysen komplementär zu Prozesskettenanalysen einzusetzen: Zum einen kann man Werte für in Prozesskettenanalysen nicht beachteten Vorleistungen – insbesondere Dienstleistungen – abschätzen (s. z.B. Engelenburg u.a., 1994; Marheineke u.a. 1999). Zum anderen kann man großmaßstäbliche Ökobilanzen verwenden, um Bereiche für Detailanalysen zu identifizieren oder die Ergebnisse von Prozesskettenanalysen in einen größeren Zusammenhang einzubetten. Diese Verbindung verschiedener Aggregationsniveaus wird im laufenden HGF-Verbundprojekt „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ genutzt, um z.B. detaillierte technische Analysen in vielen verschiedenen Bereichen konsistent zusammenzufassen (s. Klann/Nitsch, 1999). In diesem Projekt errechnete Ergebnisse werden im folgenden vorgestellt.

Hierbei gilt das Augenmerk den in den letzten Jahren intensiv diskutierten CO₂-Emissionen. Entsprechend der Eignung der Input-Output-Analyse werden großflächige Bereiche gewählt: Die im genannten HGF-Projekt zentralen „Aktivitätsfelder“ und deren Teilkomponenten, die „Bedarfsfelder“. Zuerst werden diese Bereiche in Abschnitt 2 erläutert, um die folgenden Ergebnisse zu den Bedarfsfeldern (Abschnitt 3) und zur zeitlichen Entwicklung in Aktivitätsfeldern (Abschnitt 4) verständlich zu machen. Ein Ausblick schließt den Beitrag ab.

net werden. Im Datensatz (und der Input-Output-Analyse) steht damit der Zusammenhang zwischen driving forces und pressures im Vordergrund (Statistisches Bundesamt a, 1995, S. 8).

2. Beschreibung von Bedarfs- und Aktivitätsfeldern

Die gesellschaftlichen bzw. volkswirtschaftlichen Aktivitäten werden im HGF-Projekt „Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland“ auf folgende „**Aktivitätsfelder**“ unterteilt (zu Details s. Klann/Nitsch, 1999):

- Bauen und Wohnen,
- Mobilität,
- Ernährung und Landwirtschaft,
- Information und Kommunikation,
- Freizeit und Tourismus,
- Textilien und Bekleidung,
- Gesundheit sowie
- sonstige gesellschaftliche Aktivitäten, die überwiegend aus staatlichen Aktivitäten bestehen.

Diese Untergliederung hat zum Ziel, dass Nachhaltigkeitsdefizite und daraus ableitbare Nachhaltigkeitsstrategien innerhalb sinnvoll eingrenzbarer und konkretisierbarer Untersuchungsräume analysiert werden können.

Die zugrundeliegende Vorstellung über Inhalt und Abgrenzung eines Aktivitätsfeldes kann anhand des Beispiels „Mobilität“ im Hinblick auf die Erfassung und Zuordnung von Luftschadstoffemissionen erläutert werden. Der Anspruch besteht darin, möglichst alle mit Mobilität zusammenhängende Aktivitäten innerhalb der Volkswirtschaft sowie deren Schadstoffemissionen zu erfassen. Folgendes Beiträge sind demnach inklusive sämtlicher Vorleistungen enthalten:

1. Verkehrsbewegungen; dabei werden im wesentlichen der Verbrauch und die Bereitstellung von Kraftstoffen und die dadurch verursachten Luftschadstoffemissionen erfasst;
2. Produktion von Verkehrsmitteln; hier werden insbesondere die im Straßenfahrzeugbau und bei der Produktion der Vorprodukte (Abbau von Erzen, Eisen- und Stahlindustrie) emittierten Luftschadstoffe erfasst;
3. Weiter Güterkäufe und Nutzung dieser Güter durch private Haushalte zur Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse, wiederum unter Berücksichtigung aller Vorprodukte. Hier sind dann beispielsweise auch alle mit dem Bau von Garagen verbundenen Luftschadstoffemissionen erfasst, also etwa aus der entsprechenden Zementherstellung.
4. Verkehrsinfrastruktur und staatlichen Dienstleistungen für den Verkehr.

In dem so strukturierten Aktivitätsfeld „Mobilität“ können alle Aspekte der Mobilität dargestellt und diskutiert werden. Die Aktivitäten und Güterkäufe der privaten Haushalte und die staatlichen Dienstleistungen werden als **Bedarfsfelder** bezeichnet (vgl. z.B. Bund, Misereor 1997, S.102 ff.). Bedarfsfelder sind also jeweils Teile der entsprechenden Aktivitätsfelder.

Durch äquivalente Überlegungen gelangt man für sämtliche Aktivitätsfelder zu entsprechenden Zuordnungen. Überlappungen werden bewusst zugelassen: Beispielsweise ist der Transport von Baumaterial inklusive aller Vorleistungen sowohl Bestandteil von „Mobilität“ als auch von „Bauen und Wohnen“. Ein anderer derartiger Bereich sind Freizeitfahrten, die einen wesentlichen Einfluss auf das Aktivitätsfeld „Mobilität“ haben und gleichzeitig zentraler Bestandteil des Aktivitätsfeldes „Freizeit und Tourismus“ sind. Durch die Überlappungen können wichtige gesellschaftliche bzw. volkswirtschaftliche Bereiche aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Nach einer Abgrenzung dieser Aktivitätsfelder in den Input-Output-Tabellen werden mittels teilweise eigens entwickelter Methoden Bilanzsysteme errechnet, aus denen die Stellung der einzelnen Aktivitätsfelder in Deutschland sowie die innere Struktur der Aktivitätsfelder entnommen werden kann (zur Einordnung und zu Methoden s. Klann/Schulz, 2001).

Ein Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass aufgrund der flächendeckenden Erfassung und der umfassenden Abgrenzung auch solche Effekte sichtbar werden, die bei den üblicherweise gewählten relativ engen Systemgrenzen (z.B. Einschränkung der Mobilität auf den Kraftstoffverbrauch) außerhalb des Blickfeldes liegen. Die Aktivitätsfelder sind dabei so strukturiert, dass sowohl eine technologische Perspektive als auch eine Konsumentenperspektive eingenommen werden kann. Die technologische Perspektive ist vor allem in den nach obigen Punkten 1 und 2 abgegrenzten Bereichen oder allgemeiner in der Matrix der In- und Outputs aller Produktionsbereiche zu erkennen, während die Bedarfssfelder die Konsumentenperspektive wiedergeben. Denn ein einzelnes Bedarfssfelder enthält sämtliche, teils in komplementären, teils in substitutionaler Beziehung stehenden Güterkäufe der Haushalte für einen bestimmten Zweck. So enthält das Bedarfssfeld Mobilität sämtliche Güter, die die Haushalte im Zusammenhang mit ihren Autofahrten benutzen – Kraftstoffe, Autos, Garagen usw. –, sowie auch Ausgaben für weitere Verkehrsdienstleistungen (Busse, Bahnen, Flugverkehr). Damit verbindet man nicht nur die Güterkäufe mit den dahinterliegenden Zielen der Haushalte, sondern man kann auch die verschiedenen Möglichkeiten der Zielerreichung erfassen. In Verbindung mit der technologischen Perspektive erlaubt diese Sichtweise, die relative Bedeutung von Verhaltensänderungen der Konsumenten und von technologischen Entwicklungen einzuschätzen und deren Interdependenz offen zu legen. Dies ist nicht nur in Bestandsaufnahmen möglich, sondern auch in Szenarien, die in diesem Artikel aber nicht behandelt werden. Mithin erlaubt der Aktivitätsfeldansatz eine analytische Integration von Suffizienz- (Verhaltensänderungen betreffend) und Effizienzstrategien (technologische Änderungen betreffend).

3. Anwendungsbeispiel: Luftschadstoffemissionen in Bedarfsfeldern mit spezieller Fokussierung auf die CO₂-Emissionen

Die Bedarfsfelder – als Teil der Aktivitätsfelder - umfassen jeweils die Güterkäufe durch die privaten Haushalte, die Nutzung dieser Güter und staatliche Dienstleistungen für die entsprechenden Verwendungszwecke sowie sämtliche Vorproduktketten. Die in **Tab. 1** aufgeführten Emissionen für die Bedarfsfelder zeigen mithin, welche letztendlichen Verwendungszwecke für die einzelnen Schadstoffe und welche Luftschadstoffe für einzelne Bedarfsfelder besonders bedeutend sind. Von relativ geringer Bedeutung sind die Bedarfsfelder Information & Kommunikation, Textilien & Bekleidung sowie Gesundheit. Das Bedarfsfeld sonstige gesellschaftliche Aktivitäten zeigt für einzelne Positionen größere Beiträge, was insbesondere für Methan daher rührt, dass hier Emissionen aus Mülldeponien enthalten sind. Generell von großer Bedeutung sind Bauen & Wohnen, Mobilität und Ernährung & Landwirtschaft sowie Freizeit & Tourismus. Im letztgenannten Bedarfsfeld sind vor allem der Freizeit- und Urlaubsverkehr sowie die Übernachtungen inklusive Verzehr auf Reisen die wesentlichen Emissionsursachen, also insbesondere die Überlappungsbereiche mit Mobilität und Ernährung & Landwirtschaft. Dies zeigt sich auch an den hohen Anteilen für NO_x, CO und NMVOC, für die das Bedarfsfeld Mobilität von größter Bedeutung ist, sowie den im Vergleich zu „Mobilität“ höheren, stark durch Ernährung & Landwirtschaft bestimmten Methan- und Staubemissionen. Im Bedarfsfeld Bauen & Wohnen sind für NO_x, CO und NMVOC keine derart ausgeprägt hohen Anteile erkennbar; vergleichsweise bedeutend sind jedoch die CO₂-, SO₂- und Staubemissionen. Wodurch in den einzelnen Bedarfsfeldern die verschiedenen Emissionen ausgelöst werden, kann näher beschrieben werden. Beispielhaft zeigt **Abb. 1** eine Aufteilung der in **Tab. 1** durch den Rahmen hervorgehobenen Werte für CO₂-Emissionen.

Luftschadstoffe	Emissionen in Deutschland	B&W	Mob	E&L	F&T	I&K	T&B	Ges.	s.g.A.
CO₂	929 Mt	25,8	20,1	18,5	16,7	3,9	5,5	8,1	10,4
CH₄	4915 kt	16,0	10,7	56,2	17,9	2,8	3,8	9,2	33,2
SO₂	3201 kt	24,7	13,6	23,0	13,4	5,0	7,2	10,0	12,4
NO_x	2828 kt	14,0	38,8	21,0	28,8	3,5	5,0	6,4	8,6
CO	8407 kt	17,4	58,1	10,2	39,0	2,0	2,8	3,5	4,4
NMVOC	2049 kt	13,1	45,8	14,0	32,1	2,8	3,6	5,3	7,0
Staub	864 kt	20,8	11,5	36,9	14,2	4,1	5,7	7,8	10,7

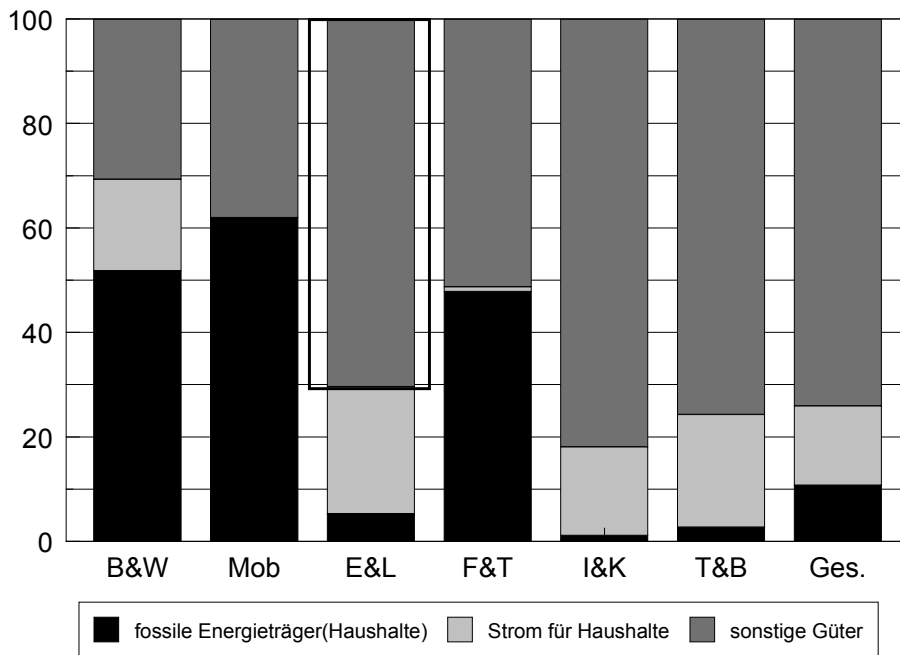
Anmerkungen: Aufgrund von Überlappungen sind die Anteile *nicht* additiv, aufgrund des Bezugsrahmens auf die privaten Haushalte aber auch nicht vollständig.

Abkürzungen: B&W: Bauen und Wohnen; Mob: Mobilität; E&L: Ernährung und Landwirtschaft; I&K: Information und Kommunikation; F&T: Freizeit und Tourismus; T&B: Textilien und Bekleidung; Ges: Gesundheit; s.g.A.: sonstige gesellschaftliche Aktivitäten; NMVOC: flüchtige Kohlenwasserstoffe außer Methan.

Fett gerahmt: Details s. Abb. 1.

Quelle: Statistisches Bundesamt 1998, Eigene Berechnung.

Tab. 1: Kumulierte Luftschadstoffemissionen nach Bedarfsfeldern (Emissionen in Deutschland 1993 = 100)

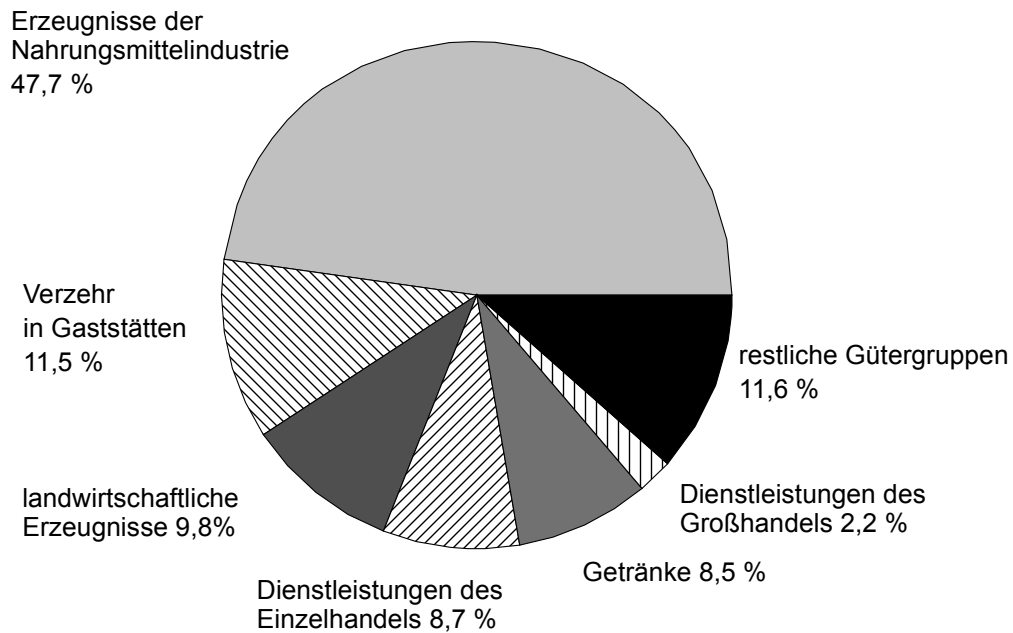


Abkürzungen:siehe Tabelle 1. Fett gerahmt: Details s. Abb. 2. Quelle: Eigene Berechnung

Abb. 1: Anteile (in %) des Energieverbrauchs privater Haushalte und der Verwendung sonstiger Güter an den CO₂-Emissionen der Bedarfsfelder

In **Abb. 1** sind (mit Ausnahme der teilweise als Restgröße aufzufassenden sonstigen gesellschaftlichen Aktivitäten) für alle Bedarfsfelder die auf fossile Energieträger, Strom und sonstige Güter (sonstige Waren und Dienstleistungen) entfallende Anteile der CO₂-Emissionen aufgetragen. Ausschlaggebend für diese Dreiteilung sind die unmittelbaren Käufe der privaten Haushalte. Die Anteile enthalten jeweils die gesamte Vorleistungskette. Die für Strom ausgewiesenen Anteile beziehen sich also auf den am Zählerstand der Haushalte ablesbaren Stromverbrauch und enthalten die hierfür emittierten CO₂-Mengen bei der Stromerzeugung. Der jeweilige Stromverbrauch für die Güterproduktion wird in **Abb. 1** den sonstigen Gütern zugerechnet.

Abb. 1 zeigt, dass der Stromverbrauch in den privaten Haushalten maximal ca. 25% - meist deutlich weniger - zu den CO₂-Emissionen in den einzelnen Bedarfsfeldern beiträgt und der Verbrauch fossiler Energieträger nur für Bauen & Wohnen (für Raumwärme), Mobilität (Kraftstoffe) und Freizeit & Tourismus (hauptsächlich Kraftstoffe) von großer Bedeutung ist. Für die anderen Bedarfsfelder überwiegen die im Zuge der Produktion der sonstigen Güter entstehenden Emissionen. Welche Gütergruppen hier im einzelnen eine besondere Rolle spielen, kann wiederum näher betrachtet werden. So zeigt **Abb. 2** eine Aufteilung für den in **Abb. 1** eingerahmten Anteil der sonstigen Güter in Ernährung & Landwirtschaft.



Quelle: Eigene Berechnung

Abb. 2: Anteil einzelner Gütergruppen an den „sonstigen Gütern“ zuzurechnenden CO₂-Emissionen im Bedarfsfeld Ernährung & Landwirtschaft („E&L, sonstige Güter“ in Abb. 1 = 100)

In **Abb. 2** sind unter den nichtenergetischen Gütergruppen die sechs mit den größten Anteilen einzeln aufgeführt. Mit Abstand der größte Beitrag (47,7%) ist den von Haushalten gekauften Erzeugnissen der Nahrungsmittelindustrie zuzurechnen. Noch vor unverarbeiteten Lebensmitteln wie Frischobst und -gemüse (unter landwirtschaftliche Erzeugnisse) und Getränken rangiert der Verzehr in Gaststätten, der allerdings auch die Emissionen enthält, die durch den Energieverbrauch in Gaststätten verursacht werden. Dieser Beitrag ist demnach nicht unmittelbar mit den übrigen Güteranteilen zu vergleichen. Die Einzelhandelsdienstleistungen auf der letzten Handelsstufe fallen mit beachtlichen 8,7 % in Gewicht. Offensichtlich kann mit den größten fünf Gütergruppen (bis einschließlich Getränke) bereits ein Großteil der Emissionen erfasst werden. Auffällig ist, dass hier weder Haushaltswaren noch -geräte auftauchen. Für sämtliche Haushaltsgeräte, die für Ernährungszwecke benötigt werden (Kühlschränke, Herde, Geschirrspüler usw.) erhält man den geringen Wert von ca. 1,6 Prozentpunkten, der in den 11,6 % für restliche Gütergruppen in **Abb. 2** enthalten ist. Die CO₂-Emissionen im Bedarfsfeld "Ernährung & Landwirtschaft" würden sich demnach selbst dann nur unmerklich verringern, wenn die Haushalte in ihrer Kaufentscheidung der CO₂-Intensität dieser Geräteproduktion eine hohe Priorität einräumen würden.

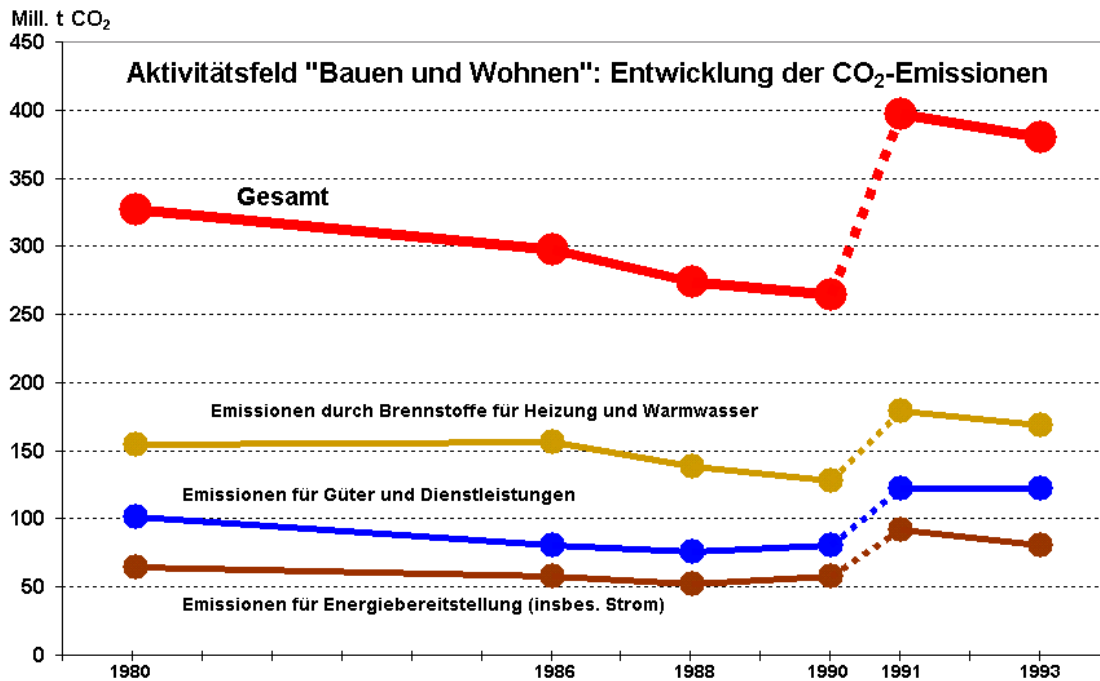
In diesem Abschnitt wurde angedeutet, wie ausgehend von Übersichtszahlen (wie in **Tab. 1**) je nach Interesse eine weitere Vertiefung erfolgen kann. Durch derartige Vertiefungen kann die Relevanz einzelner Teilbereiche, wie etwa spezieller Gütergruppen, eingeschätzt werden, was zu einer fundierten Auswahl für weitere Detailanalysen beiträgt. Die in **Abb. 2** einzeln aufgeführten Gütergruppen geben

dabei einen Hinweis auf den erreichbaren Detaillierungsgrad und damit auf Schnittstellen zwischen Prozesskettenanalyse und Input-Output-Analyse.

4. Anwendungsbeispiel: Zeitliche Entwicklung der CO₂-Emissionen in ausgewählten Aktivitätsfeldern

Die Betrachtung wird in diesem Abschnitt von den Bedarfsfeldern, also vom Konsumentenverhalten, auf die gesamten Aktivitätsfelder ausgeweitet. Damit sind sämtliche einer bestimmten Funktion dienende Tätigkeiten in der Gesellschaft erfasst. Die folgenden Größen geben also einen Überblick über die relative und absolute Bedeutung der verschiedenen Funktionen. Zusätzliche Aufteilungen innerhalb der Aktivitätsfelder zeigen, welche Bedeutung verschiedenen Inputkategorien für die einzelnen Aktivitätsfelder zukommt. Dies wurde für CO₂ in Abschn. 3 ausführlich dargestellt und wird hier nochmals in einer relativ groben Unterteilung aufgegriffen. Mit dem Fokus auf die zeitliche Entwicklung wird der zweite wichtige Einsatzbereich umweltbezogener Input-Output-Analysen vorgestellt.

Die Übersicht über die Entwicklung der CO₂-Emissionen beschränkt sich auf die Aktivitätsfelder "Bauen und Wohnen" (**Abb. 3**), "Mobilität" (**Abb. 4**) und "Ernährung und Landwirtschaft" (**Abb. 5**). Diese drei Aktivitätsfelder weisen die höchsten CO₂-Emissionen aller betrachteten Aktivitätsfelder auf. Da sich Aktivitätsfelder überlappen, dürfen die CO₂-Werte der Aktivitätsfelder für eine Gesamtbetrachtung nicht einfach addiert werden. Ohne diese Überlappungen erfolgte in diesen drei Aktivitätsfeldern etwa 80% der gesamten CO₂-Erzeugung im Inland (1993), was die Bedeutung dieser drei Aktivitätsfelder für CO₂ – Emissionen, aber auch für andere vorwiegend energiebedingte Luftschadstoffe sowie für den Energieverbrauch unterstreicht.

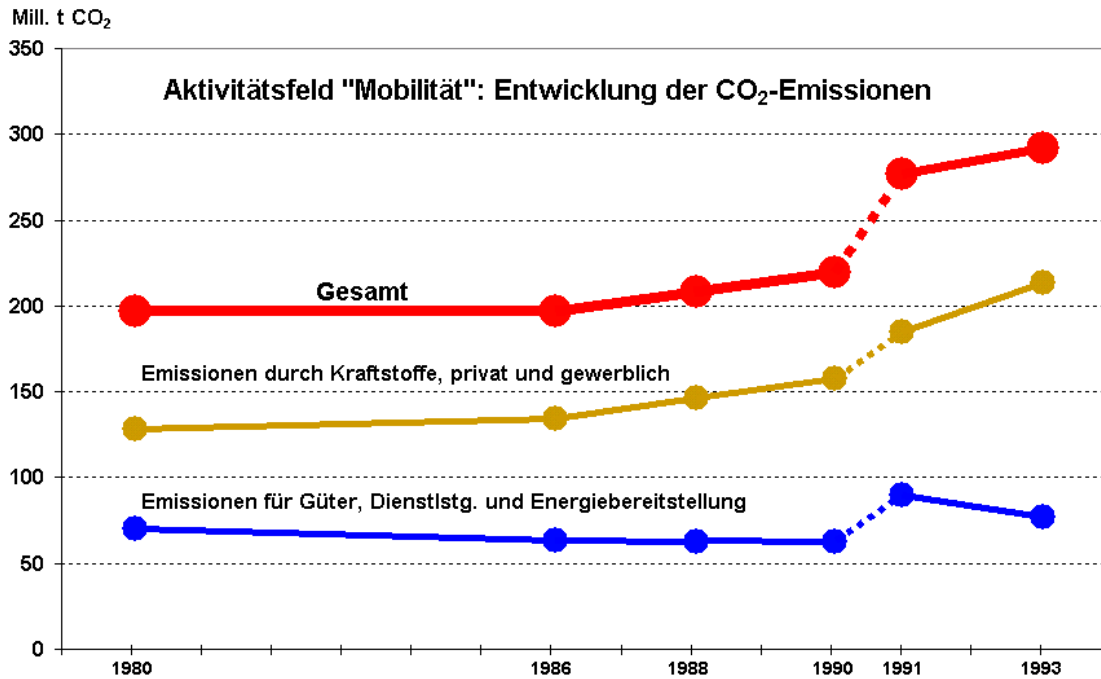


Quelle: Eigene Berechnung

Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der CO₂-Emissionen im Aktivitätsfeld „Bauen und Wohnen“ (nur Emissionen im Inland)

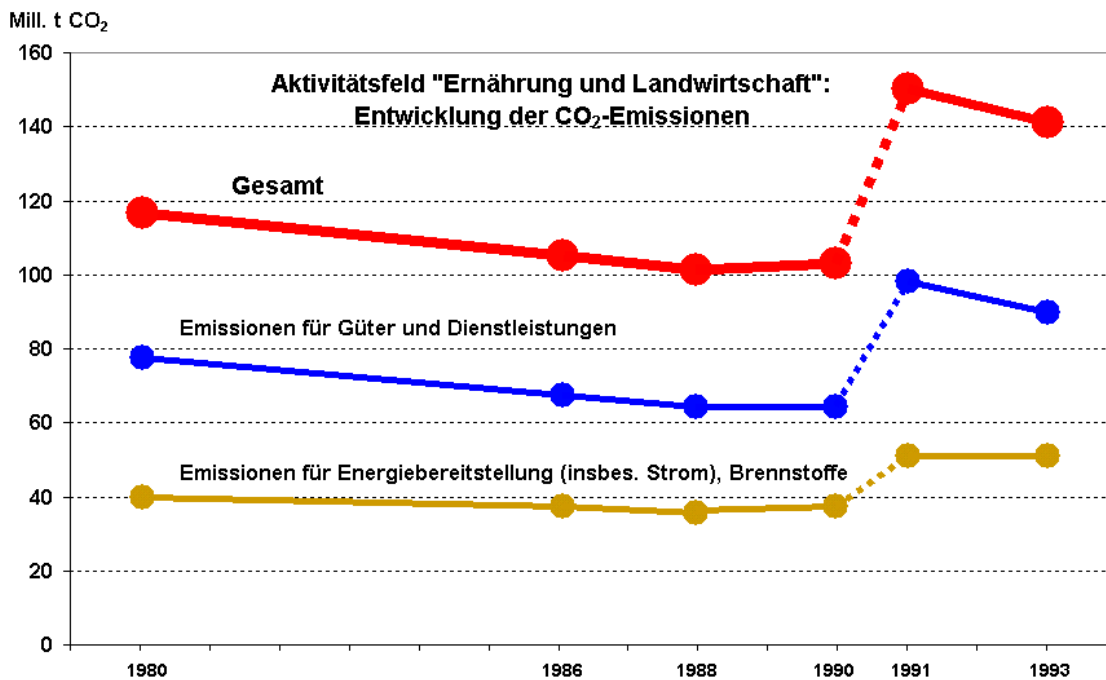
Die gestrichelten Linienteile in den Abbildungen stellen den Sprung durch die Erweiterung um die Neuen Bundesländer und die damit verbundene eingeschränkte Vergleichbarkeit vor und nach der Wiedervereinigung dar. Deutlich ist zu erkennen, dass die Emissionen für die Aktivitätsfelder "Bauen und Wohnen" und "Ernährung und Landwirtschaft" eine kontinuierlich fallende Tendenz aufweisen. Allerdings wurde dieser Trend durch die Wiedervereinigung unterbrochen, setzte sich danach aber offenbar von einem höheren Niveau aus weiter fort. Für das Aktivitätsfeld "Mobilität" ergibt sich hingegen ein stetiger Anstieg der Emissionen.

Zu diesen Abbildungen ist von besonderem Interesse, dass nicht nur die Gesamtbilanz für die einzelnen Jahre erstellt wurde, sondern dass diese Gesamtbilanz auf einer Vielzahl von Einzelgrößen basiert, die prinzipiell auch in ihrer zeitlichen Entwicklung darstellbar sind und somit die Voraussetzungen für Detailanalysen liefern, wie sie in Abschnitt 3 beispielhaft erläutert wurden. In den Grafiken sind hierfür als erster Schritt die Aufgliederungen auf die CO₂- Emissionen für die direkt verwendeten Energieträger (Strom, Brenn- und Kraftstoffe und den hierfür erforderlichen kumulierten Vorleistungen) einerseits und die kumulierten CO₂-Emissionen für die Verwendung von Gütern und Dienstleistungen andererseits eingetragen. Die jeweiligen Beiträge besitzen in den drei Aktivitätsfeldern erwartungsgemäß deutlich unterschiedliche Anteile.



Quelle: Eigene Berechnung

Abb. 4: Zeitliche Entwicklung der CO₂-Emissionen im Aktivitätsfeld „Mobilität“ (nur Emissionen im Inland)



Quelle: Eigene Berechnung

Abb. 5: Zeitliche Entwicklung der CO₂-Emissionen im Aktivitätsfeld „Ernährung und Landwirtschaft“ (nur Emissionen im Inland)

Im Aktivitätsfeld "Bauen und Wohnen" wird der Abwärtstrend der CO₂-Emissionen seit 1986 vor allem durch die Brennstoffe für Raumwärme und Warmwasserbereitung verursacht. Die Emissionen für die anderen beiden dargestellten Teilbereiche (Güter und Dienstleistungen sowie Energiebereit-

stellung) zeigen seit 1986 deutlich geringere Minderungsraten auf, teilweise sind sogar Steigerungen der betreffenden CO₂-Emissionen zu vermerken. Für das Aktivitätsfeld "Mobilität" sind die Steigerungen der CO₂-Emissionen im betrachteten Zeitrahmen den Kraftstoffemissionen zuzurechnen, die Emissionen für Güter, Dienstleistungen und Energiebereitstellung weisen hingegen eine leicht fallende Tendenz auf. Für "Ernährung und Landwirtschaft" ergibt sich für die beiden eingetragenen Teilbereiche eine durchgängig sinkende Tendenz der CO₂- Emissionen, wobei die Emissionen für Güter und Dienstleistungen offensichtlich stärker abfallen als die Emissionen für die Energiebereitstellung. Derartige zeitliche Entwicklungen für großflächige Ökobilanzen und deren Ursachenanalysen werden im HGF-Projekt "Global zukunftsfähige Entwicklung - Perspektiven für Deutschland" für die quantitative Entwicklung von Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien verwendet.

5. Ausblick

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die umweltbezogene Input-Output-Analyse als ein wichtiges Instrument für die Berechnung von großflächigen Ökobilanzen und deren zeitlichen Entwicklungen einzuschätzen ist. Natürlich sind die Datensätze und die Analysemethoden je nach Untersuchungsziel und Indikatoren anzupassen. Als zielführendes Vorgehen erweist sich dabei ein Beginn mit relativ einfachen Methoden nahe am Standarddatensatz mit seinen 58 Produktionsbereichen und eine Anpassung auf Basis einer Ergebnisanalyse. Allerdings ist auch dann noch damit zu rechnen, dass in einzelnen Bereichen eine datentechnische Genauigkeit wünschenswert ist, die allein durch Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes nicht erzielt werden kann. In derartigen Fällen sind Verbindungen mit Prozesskettenanalysen anzustreben.

Aber auch die andere Richtung der Integration – die von Input-Output-Tabellen in Prozesskettenanalysen - ist wichtig. Denn typischerweise wird in Prozesskettenanalysen der überwiegende Teil der Dienstleistungen außer acht gelassen. Schätzungen der Transaktionskosten – der Kosten außer reinen Produktions-, Transport- und Lagerkosten – geben einen Anhaltspunkt für deren Größenordnung: Es handelt sich im Durchschnitt um mindestens 50 % der Einkaufspreise (Richter/Furubotn, 1996, S. 58ff.). Eine zukünftige Erhöhungen dieses Anteils ist zu erwarten. Dass es sich hierbei auch nicht um aus Umweltsicht geringfügige Tätigkeiten handelt, ist z.B. aus den 40,3 % der deutschen Verkehrsleistungen im Personenluftverkehr mit dem Verkehrszweck „Geschäft“ ersichtlich (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2000, S. 223).

Insbesondere für Analysen, in denen technologische Entwicklungen als Beitrag zur Nachhaltigkeit explizit betrachtet werden, ist die mit diesen Integrationen geschaffene Verbindung von ökologischen und ökonomischen Aspekten besonders geeignet. In diesem Kontext sind in Zukunft in besonderem Maße Ansätze zur Integration der sozialen Dimension in Input-Output-Analysen zu entwickeln.

Literatur

- BUND, Misereor (Hrsg.) (1997):** Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung, 4. Auflage, Basel, Birkhäuser.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.) (2000):** Verkehr in Zahlen 2000, Hamburg, Deutscher Verkehrs-Verlag,
- Engelenburg, B. C. W. van; u.a. (1994):** Calculating the energy requirement of household purchases, *Energy Policy* 22, S. 648-656.
- Klann, U./ J. Nitsch (1999):** Der Aktivitätsfelderansatz – Ein Ansatz für die Untersuchung eines integrativen Konzepts nachhaltiger Entwicklung. STB-Bericht 23; DLR, Stuttgart.
- Klann, U./ V. Schulz (2001):** Der Aktivitätsfeldansatz – Daten und Methodik, in: Grunwald, A. (Hrsg.): Konzeptioneller Ansatz, Methodik und erste Ergebnisse, Reihe: Global zukunftsfähige Entwicklung – Perspektiven für Deutschland Band 2. Berlin, Edition Sigma.
- Marheineke, T./R. Friedrich /W. Krewitt (1999):** Application of a Hybrid-Approach to the Life Cycle Inventory Analysis of a Freight Transport Task. In: SAE 1998 Transactions - Journal of Passenger Cars. Society of Automotive Engineers (SAE), Warrendale PA.
- Richter, R. / E. Furubotn (1996):** Neue Institutionenökonomik, Tübingen, Mohr.
- Statistisches Bundesamt (versch. Jahrgänge):** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Fachserie 18, Reihe 2: Input-Output-Tabellen. Stuttgart, Metzler-Poeschel.
- Statistisches Bundesamt a (versch. Jahrgänge):** Umweltökonomische Gesamtrechnungen, Fachserie 19, Reihe 5: Material- und Energieflußrechnungen. Stuttgart, Metzler-Poeschel.
- UN u.a. (Hrsg.) (1993):** System of National Accounts 1993. Brüssel u.a.