

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)
(Hrsg.)

HGF-Projekt:
„Untersuchung zu einem integrativen Konzept nachhaltiger Entwicklung: Bestandsaufnahme, Problemanalyse, Weiterentwicklung“

Abschlußbericht

Band 5

„Verursacherbezogene, konsistente Erfassung von Belastungsbeiträgen und Integration in ein gesamtwirtschaftliches Modell“

U. Klann, J. Nitsch

(mit einem Beitrag von H. Keimel, DLR-Hauptabteilung Verkehr, Köln)

Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Technische Thermodynamik, Systemanalyse und Bewertung

*Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung
FKZ 07OWI 12/8*

Dezember 1999



FZK, DLR, FZJ, GMD, UFZ

Dieser Band liegt bereits als STB-Bericht Nr. 23 des Instituts für Technische Thermodynamik, Systemanalyse und Bewertung der DLR vor.

Inhaltsverzeichnis

1.	Anforderungen an den Ansatz.....	1
2.	Der Aktivitätsfelderansatz.....	3
2.1	Das Konzept.....	4
2.2	Zur Datenstruktur.....	9
2.3	Zur Zurechnung.....	14
2.4	Abgrenzung der Aktivitätsfelder.....	18
2.5	Anmerkungen zu speziellen Bereichen.....	24
3.	Gesamtwirtschaftliche umweltökonomische Simulationsmodelle.....	28
3.1	Begründung des Einsatzes von USM.....	29
3.2	Anforderungen an das USM.....	30
3.3	Anbindung an die Aktivitätsfelderanalyse.....	32
3.4	Grenzen der USM.....	34
3.5	Überblick über die USM.....	37
3.6	Wahl eines Simulationsmodells.....	41
4.	Nationale Ebene - Aktivitätsfelder - Schlüsseltechnologien.....	44
5.	Anforderungen an die Bearbeitung der Aktivitätsfelder.....	51
6.	Schlußfolgerungen.....	54
7.	Das Aktivitätsfeld „Mobilität“.....	56
7.1	Indikatoren im Aktivitätsfeld Mobilität (von H. Keimel).....	56
7.1.2	Bestimmungsgründe für Mobilität.....	56
7.1.3	Ökologische Nachhaltigkeit im Verkehr.....	57
7.1.3.1	Ressourcenverbrauch.....	57
7.1.3.2	Aufnahmekapazität der Umwelt.....	58
7.1.3.3	Menschliche Gesundheit.....	58
7.1.4	Soziale Nachhaltigkeit im Verkehr.....	59
7.1.4.1	Sicherung der Grundversorgung und einer selbständigen Existenz.....	60
7.1.4.2	Chancengleichheit.....	60
7.1.5	Ökonomische Nachhaltigkeit im Verkehr.....	61
7.1.5.1	Spezifische Funktionen des Verkehrs.....	61
7.1.5.2	Effizienz.....	61
7.1.5.3	Kostenwahrheit.....	62
7.1.5.4	Angemessene Diskontierung.....	62
7.1.5.5	Zusätzliche ökonomische Indikatoren.....	63
7.1.6	Zusammenfassung.....	64
7.2	Der Aktivitätsfelderansatz am Beispiel „Mobilität“.....	64
7.2.1	Beschreibung der Abgrenzung.....	66
7.2.2	Zurechnungsergebnisse.....	69
7.2.3	Daten- und Ergebnisdiskussion.....	75
7.2.4	Zusammenfassung.....	78
Anhang.....		80
Anhang 1:	Beispiel zur zeitlichen Zuordnung.....	80
Anhang 2:	Produktionstechnologie und technischer Fortschritt.....	84
Anhang 3:	Übersicht über die Produktionsbereiche.....	88
Literaturverzeichnis.....		89

1. Anforderungen an den Ansatz

Der zu entwickelnde Ansatz soll ein integratives Konzept nachhaltiger Entwicklung unterstützen, d. h. er soll die Verknüpfung und gleichrangige Behandlung ökonomischer, sozialer und ökologischer Größen fördern. Das integrative Konzept erfordert zum ersten ein Bewertungsschema, das Zielgrößen der verschiedenen Dimensionen abwägend zusammenführt. Zum zweiten müssen die dem Bewertungsschema zugrundeliegenden Indikatoren gewonnen werden. Dazu ist eine Bestandsaufnahme notwendig, in der die interessierenden Größen nicht nur erhoben, sondern auch den mit ihnen verknüpften gesellschaftlichen Aktivitäten zugerechnet werden. Das Bewertungsschema muß aber auch auf Trends und Szenariorechnungen angewandt werden können, um die Entwicklung von Handlungsstrategien zu unterstützen.

Da alle gesellschaftlichen Aktivitäten berücksichtigt werden sollen, muß der Ansatz auf einer Grundlage aufbauen, die flächendeckend ist, und die einen Überblick über eventuell fehlende Bestandteile oder vorhandene Überlappungen ermöglicht. Die Grundlage muß gleichzeitig als Ausgangspunkt für eine Untergliederung des HGF-Projekts in einzelne Teilbereiche („Aktivitätsfelder“) fungieren, die parallel und relativ unabhängig voneinander bearbeitet werden können. Die einzelnen Teilbereiche sollen möglichst homogen und funktionell zusammengehörig sein. Die Unterteilung sollte sich dabei an in bisherigen Untersuchungen zur nachhaltigen Entwicklung gängige Bereiche orientieren, um eine Vergleichbarkeit sowie eine schnelle Einbindung in gesellschaftliche Diskurse zu gewährleisten und um sicherzustellen, daß auf vorhandene Ergebnisse anderer Arbeiten, auf relativ leicht verfügbare Daten und bewährte Methoden zurückgegriffen werden kann. Die einzelnen Bereiche dürfen allerdings nicht isoliert nebeneinander stehen, sie müssen vielmehr wieder zu einer Gesamtdarstellung integriert werden. Dafür benötigt man ein Verfahren, das eine weitgehend konsistente Aggregation zuläßt und einen für alle Teilbereiche geltenden Rahmendatensatz liefert¹.

Im HGF-Projekt sollen sowohl Effizienz-, als auch Suffizienz- und Konsistenzstrategien berücksichtigt werden. Dabei soll das Augenmerk besonders Effizienzpotentialen gelten. Insbesondere soll die Bedeutung von Schlüsseltechnologien vertieft untersucht werden. Der Ansatz muß also zur

¹ „Aggregation“ besteht aus zwei Komponenten: 1. Die Zusammenfassung von Daten; 2. Die Verbindung der Wirkungszusammenhänge, die auf verschiedenen Ebenen (z.B. Mikro-, Meso- und Makroebene) relevant sind. Die erste Komponente ist ein datentechnisches Problem, dessen Lösung eine notwendige Bedingung für die Lösung von zweitens ist. Bei zweitens handelt es sich um ein verbreitetes analytisches Problem (anschaulich hierzu die Abbildung 3.1 in Verbindung mit Abbildung 4.4 in Wieser (1998) für die Evolutionsbiologie), das über eine iterative Abstimmung angegangen werden kann. Die beiden Komponenten werden im weiteren nicht unterschieden. Der jeweilige Gehalt des Begriffs Aggregation kann kontextabhängig erschlossen werden.

Aufnahme technologischer Entwicklungen fähig sein. Hierfür ist eine relativ detaillierte Abbildung von Produktionsprozessen erforderlich sowie eine Identifikation von unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten besonders kritisch zu beurteilender Produktionsverfahren. Die gleichzeitige Berücksichtigung von Suffizienzpotentialen erfordert die Aufnahme von Konsumstrukturen, die mit Bedürfnissen verbunden werden müssen und hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitsdimension zu beurteilen sind. Der Ansatz muß sowohl die Produktions- als auch die Bedürfnisse Seite hinreichend tief abbilden und das Zusammenspiel der beiden Seiten einer Analyse zugänglich machen.

Als Gebietsstand für das HGF-Projekt wurde die Bundesrepublik Deutschland gewählt. Die internationale wirtschaftliche und politische Einbindung Deutschlands und die supranationale Dimension vor allem vieler ökologischer Problembereiche sollen gleichwohl berücksichtigt werden. Aufgrund dieser globalen Dimension ist ein Ansatz wünschenswert, der auf andere Staaten ausgedehnt werden kann². Der hier vorgestellte Ansatz bezieht sich auf quantitative Aspekte. Andere Aspekte sind daneben in den Teilbereichen zu behandeln. Die Abgrenzung der Teilbereiche sollte dann die mitunter unterschiedlichen Methoden und Bezugsrahmen der einzelnen Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung berücksichtigen. Die damit verbundenen Probleme können über eine relativ flexible und offene Einteilung entschärft werden, die einen Pluralismus der Untersuchungsmethoden in den einzelnen Teilbereichen zuläßt und eine mögliche Überschneidung einzelner Teilbereiche als notwendige Voraussetzung für eine inhaltlich sehr breit angelegte Untersuchung akzeptiert, gleichwohl aber eine weitgehend konsistente Aggregation erlaubt. Da nicht die gesamte potentielle Datenbasis vorab untersucht werden kann, ist ein geeigneter Rahmen zu entwerfen, der sich mit Daten vielfältiger Art verknüpfen läßt. Es geht also um eine zentrale Struktur des HGF-Projekts, die

- einen integrativen Ansatz unterstützt,
- die Gewähr für eine flächendeckende Erfassung liefert,
- die gleichzeitige und zusammenhängende Diskussion von Effizienz-, Suffizienz- und Konsistenzpotentialen ermöglicht,
- eine Aufteilung in einzelne Teilbereiche erlaubt, die Berücksichtigung ihrer Verbindungen unterstützt und eine konsistente Untersuchung ermöglicht,
- auf das Territorium der Bundesrepublik Deutschland anwendbar ist, ohne die internationale Einbindung zu vernachlässigen, und prinzipiell auf andere Länder übertragbar ist.

² Eine räumliche und zeitliche Ausdehnung kann beispielsweise über eine Verknüpfung mit globalen Integrated Assessment Modellen erfolgen, was z.B. die Untersuchung von klimapolitischen und ressourcenökonomischen Aspekten unterstützen könnte. Einige derartige Modelle werden in Schmidt (1999, S.80ff.) vorgestellt.

Zuerst wird das entwickelte Konzept vorgestellt und begründet („Aktivitätsfelderansatz“, Abschnitt 2). Das Konzept kann auch in Szenariorechnungen durchgehalten werden, wie in Abschnitt 3 im Zusammenhang mit der Diskussion der vorhandenen umweltökonomischen gesamtwirtschaftlichen Simulationsmodelle (USM) gezeigt wird. Die Verknüpfung der verschiedenen Arbeitsteile wird in Abschnitt 4 näher besprochen. Auf Basis der vorhergehenden Diskussion werden in Abschnitt 5 Instruktionen an die Bearbeiter der einzelnen Teile entworfen, die als Voraussetzung für eine Verknüpfung der verschiedenen Teile zu sehen sind. In Kapitel 6 wird der konzeptionelle und methodische Teil zusammengefaßt, und es werden Schlußfolgerungen für das HGF-Projekt gezogen. In Abschnitt 7 werden einige wichtige Aspekte des Konzepts anhand des Aktivitätsfeldes „Mobilität“ exemplarisch dargestellt.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR) und ihre Neben- und Satellitenrechnungen. Die VGR der Deutschlands wird seit Beginn der 90er Jahre sukzessive auf das revidierte Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen umgestellt, die endgültige Umstellung wird in 1999 vollzogen sein. Rückrechnungen bis 1970 sind geplant, Daten werden für die Bundesrepublik Deutschland vorläufig jedoch nur ab 1991 vorliegen³. Gleichzeitig ist fraglich, ob für das HGF-Projekt entscheidende Teile aus Nebenrechnungen (z.B. Input-Output(IO)-Tabellen, Umweltökonomische Gesamtrechnungen (UGR)) rückgerechnet und wann neue Daten vorliegen werden. Da alte und neue Gliederungen teilweise nicht vergleichbar sind, muß ein Gliederungsschema gewählt werden. Die Entscheidung fiel zugunsten des alten Gliederungsschemas aus, für das ein kompletter Datensatz vorhanden ist (Basisjahr 1993).

2. Der Aktivitätsfelderansatz

Essentiell für jede Untersuchung einer nachhaltigen Entwicklung ist die Berücksichtigung der Interdependenzen von Anthro- und Ökosphäre sowie innerhalb dieser Sphären. Offensichtlich wird mit jeder Arbeitsteilung das Wirkungsgefüge zerschnitten. Es sind nahezu beliebig viele verschiedene Schnitte denkbar, und jede Ausrichtung wird besonders gut geeignet sein, Vorgänge in der Schnittebene zu untersuchen. Die im folgenden gewählte Schnittebene erlaubt eine integrierte Untersuchung von Effizienz- und Suffizienzpotentialen. Wie weitere Untersuchungsinstrumente angefügt werden können, die weitere Interdependenzen berücksichtigen, wird nur gelegentlich skizziert, da deren Wahl von den sich im Zuge des HGF-Projekts entwickelnden Prioritäten abhängt.

³ Eine kurze Übersicht über wesentliche Änderungen bietet: Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, 1998, S.148f., Kasten 5.

Das Konzept soll drei Fragestellungen beantworten:

- Wer macht was? (Arbeitsteilung; Frage der organisatorischen Abgrenzung)
- Welche Aktivitäten gehören zu welchem Aktivitätsfeld? (Zuordnung; Frage der inhaltlichen Abgrenzung)
- Wie kann man Belastungsbeiträge errechnen und zuweisen? (Zurechnung; methodische, technische Frage)⁴.

Zuerst werden in gestraffter Form die konzeptionellen Überlegungen dargestellt (Abschnitt 2.1). Danach werden die zentrale Datenbasis (Abschnitt 2.2) und die Zurechnungsmethodik (Abschnitt 2.3) beschrieben, schließlich wird der Ansatz in einer operationalisierbaren Form konkretisiert (Abschnitt 2.4). Bedeutendere Problembereiche und wichtigere Details werden in Abschnitt 2.5 besprochen.

2.1 Das Konzept

Bisherige Studien zur nachhaltigen Entwicklung sind entweder auf bestimmte Problembereiche oder Produktionssektoren beschränkt oder bleiben auf einer übergeordneten, nationalen Ebene mit vereinzelten Vertiefungen, deren Auswahl stets eine gewisse Willkür anhaftet. Die erste Art von Studien vermag zwar technische Entwicklungen konkret aufzunehmen, erfaßt aber die Interaktion zwischen verschiedenen Bereichen nicht. Die zweite Art von Studien bleibt auf aggregiertem Niveau, auf dem die Bedeutung konkreter technologischer Entwicklungen kaum abgeschätzt werden kann, da hierzu eine Analyse einzelner Verfahren notwendig wäre. Dort wird die Bedeutung des Effizienzpotentials deshalb regelmäßig nur summarisch diskutiert. Um die Effizienzpotentiale tatsächlich genau zu diskutieren, werden neben den zu bildenden Teilbereichen Schlüsseltechnologien eigens untersucht und in das Konzept integriert. Da dem Einsatz bestimmter Technologien und der Produktion kein Eigenwert zukommt, ist die Untersuchung von Effizienzpotentialen auf ihren Beitrag zur Befriedigung der Wünsche der Individuen auszurichten. Jedoch dürfen die Wünsche nicht als gegeben gesetzt, sie müssen vielmehr in ihrer Bedeutung für das Individuum und die Gesellschaft gewürdigt werden. Die Würdigung beinhaltet eine Diskussion von Suffizienzpotentialen, denen häufig ein großes Gewicht beigemessen wird (s. z.B. UNDP, 1998; Umweltbundesamt, 1997, Kapitel VI). Hierdurch entsteht nicht nur eine Verbindung von Suffizienz- und Effizienzpotentialen, gleichzeitig wird die in der Ökonomie häufig verwendete „black box Mensch“ durch soziologische, sozial- und wahrnehmungspsychologi-

⁴ Im weiteren werden beispielhaft Belastungsbeiträgen als zuzurechnende Größen verwendet. Das Entsprechende gilt überwiegend auch für eine Zurechnung von Größen wie Beschäftigung oder Wertschöpfung.

sche Erklärungen ersetzt⁵. Ansonsten würde auch der zentrale aber sehr problematische Begriff in der Definition einer nachhaltigen Entwicklung: „Bedürfnis“, einer Analyse entzogen⁶. Neben dieser methodischen und normativen Bedeutung der Verbindung ist der positive Gehalt nicht zu vergessen: Nachfragemuster und Produktion sind interdependent, da die Produktion das Einkommen bestimmt, das Einkommen wiederum die effektive Nachfrage; auf längere Sicht bestimmen die Erwartungen über zukünftige Nachfragemuster die Veränderung der Produktionsstruktur (z.B. über die Allokation von F&E-Aufwendungen). Um dieser methodischen, normativen und positiven Bedeutung gerecht zu werden, und den für nachhaltige Entwicklung essentiellen Begriff „Bedürfnis“ in den Mittelpunkt zu stellen, setzt das Konzept an der Bedürfnisse Seite an und integriert jeweils die Produktion über alle Vorprodukte, was *innerhalb* der einzelnen Teilbereiche einen Schwenk von technischen Aspekten zu Verhaltensaspekten erlaubt. Gleichzeitig wird damit gesichert, daß bereits in jedem Teilbereich ein integrativer Ansatz verwendet wird. Die Teilbereiche sind als Beschreibung einer gesellschaftlichen Aktivität auf Basis einer **bedürfnisorientierten Kategorisierung des gesamtgesellschaftlichen Konsummusters unter Einbeziehung der ökonomisch-technischen Zusammenhänge** aufzufassen. Sie werden im weiteren „**Aktivitätsfelder**“ genannt⁷.

Die Aufteilung wird auf einer mittleren Ebene konstituiert, um eine Verbindung zwischen dem Mikro- und Makrogeschehen zu schaffen. Die zugrunde liegende Datenstruktur bietet bereits inhärent eine Aggregation des Gütermarktes zur Makroebene und gibt den Rahmen für die Ergebnisausweisung auf der Mikroebene vor. Gleichzeitig wird die Struktur auf der mittleren Ebene für Analysen verwendet, die einzelnen Bedürfnissen oder Produktionsprozessen unter Berücksichtigung sämtlicher Vorprodukte Belastungsbeiträge zurechnen („Zurechnungsmodelle“). Dies erlaubt eine akteursspezifische Diagnose von „Nachhaltigkeitslücken“ und gibt unmittelbar Hinweise auf neuralgische Produktions-

⁵ Aus ökonomischer Sicht ist dies als ein Ansatz „eingeschränkter Rationalität“ (bounded rationality) zu charakterisieren (s. z.B. Richter/Furubotn, 1996, S.477). Die Verbindung zur Ökonomie ist dann auf der Mikroebene vornehmlich in der „Neuen Institutionenökonomik“ zu suchen. Wissenschaftlicher Ausgangspunkt wäre demnach ein methodologischer Individualismus; d.h. insbesondere, daß Organisationen wie Unternehmen, staatliche Behörden *nicht* als Kollektiv zu verstehen sind, die sich so verhalten, als ob sie Einzelpersonen wären. ... Vielmehr muß eine Theorie sozialer Erscheinungen bei den Ansichten und Verhaltensformen der Einzelpersonen ansetzen, deren Handlungen die zu untersuchenden Erscheinungen erst entstehen lassen.“ (Richter/Furubotn, 1996, S.3).

⁶ Die wissenschaftliche Erfolge und die gesamte Wohlfahrtsökonomie der Volkswirtschaftslehre beruhen nicht zuletzt darauf, daß es gelang, einer Bestimmung von Bedürfnissen und deren sozialen Determinanten zu umgehen und durch die sich aus den Handlungsweisen der Individuen ableitbaren Präferenzen zu ersetzen, die eine für viele ökonomische Fragestellungen ausreichend gut geeignete Grundlage bilden („Wie jedoch alle Ökonomen erkannt haben, hat der Nutzen ... keine unabhängige objektive Existenz; es ist nur ein Begriff mit der Bedeutung „das, was maximiert wird“, ohne jeglichen operationalen Inhalt.“ (Buchanan, 1999, S.193)).

⁷ Die Struktur kann als einer Erkundung der gesamtgesellschaftlichen Lebensweise im Sinne Boguns (1997) dienlich aufgefaßt werden.

prozesse oder Konsummuster. Über einen iterativen Prozeß können dann die in den Aktivitätsfeldern entwickelten konkreten „Teilstrategien“ auf Konsistenz überprüft und ihre Interdependenzen analysiert werden.

Als Grundstruktur wird die Input-Output(IO)-Tabelle des Statistischen Bundesamtes (1997) verwendet, die die am stärksten disaggregierte, technisch ausgerichtete und vollständige Erfassung der Volkswirtschaft liefert. Der private Konsum ist in eine größere Anzahl von Verwendungskategorien unterteilt, was eine Analyse von Konsummustern ermöglicht. Die IO-Tabelle ist als Nebenrechnung zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) auch mit aus der VGR ableitbaren sozialen Indikatoren verbunden. Gleichzeitig setzt die Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR) an der Struktur der VGR und insbesondere der IO-Tabelle an, womit eine Verbindung zu ökologischen Fragestellungen geschaffen ist. Die gesamte IO-Tabelle sowie größere Teile der VGR und UGR werden in gesamtwirtschaftlichen umweltökonomischen Simulationsmodellen (USM) endogenisiert und interdependent und konsistent abgebildet. Wesentliche Teile der VGR und UGR um das Zentrum der IO-Tabelle sind damit Szenariorechnungen zugänglich. Die UGR, VGR und IO-Tabellen werden aufgrund von Vereinbarungen international von staatlichen Behörden nach den gleichen Prinzipien erstellt, was eine langfristige, internationale Verfügbarkeit der Daten und auf diesen Daten aufbauender USM sichert.

Eine Zuordnung der Konsum- und Produktionsstruktur der IO-Tabelle auf Aktivitätsfelder liefert damit ein Untersuchungskonzept, das mit einer Ausnahme sämtlichen oben genannten Anforderungen gerecht wird. Diese Ausnahme betrifft die Analyse von Konsistenzstrategien. Hierfür ist eine feste Integration ökologischer - im eigentlichen Sinn - Abläufe (z.B. in zusätzlichen Modellen) erforderlich. Diese Lücke wird durch einen problemgeleiteten Ausbau des Untersuchungsinstrumentariums und vor allem durch die explizite Aufnahme von regionalen und ökosystemaren Arbeitsbereichen verringert. Letztere werden wichtige Anhaltspunkte für die konzeptionelle Weiterentwicklung des Ansatzes liefern⁸.

Die Aktivitätsfelder werden in der IO-Tabelle so abgegrenzt, daß möglichst sämtliche wirtschaftliche Aktivitäten erfaßt werden und gut zu analysierende, funktional zusammenhängende Einzelbereiche

⁸ Mit einem intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebiet und der Fischerei werden Bereiche gewählt, in denen seit längerer Zeit starke Verbindungen zur Ökonomie bestehen. Dadurch sollten besonders schnell Konzepte für eine Weiterentwicklung des Aktivitätsfelderansatzes ableitbar sein. Zur Landwirtschaft sei summarisch auf die Agrarökonomie und den Nobelpreis für T. W. Schulz im Jahre 1979 verwiesen; zur Fischerei s. z.B. Wacker/Blank (1998, Teil II).

entstehen, die wiederum aggregiert und mit USM verknüpft werden können. Das Konzept impliziert, daß die Untersuchung auf mehreren Ebenen vor sich geht:

- Die aggregierte („nationale“) Ebene,
- die Aktivitätsfelderebene mit ihren vertieften Untersuchungen,
- die Ebene der „Schlüsseltechnologien“ (Energietechnologien, Bio- und Gentechnologien, Informations- und Kommunikationstechnologien, Neue Materialien, Nanotechnologien und Mikro(verfahrens)technologien⁹),
- die ökosystemare und regionale Ebene.

Die Aktivitätsfelder werden detailliert behandelt. Auf sie werden die derzeitigen Belastungsbeiträge abgebildet, um Nachhaltigkeitsprobleme in ihren spezifischen und funktionalen Ausprägungen zu diskutieren. Dort werden die Kriterien angewandt, Indikatoren zum Einsatz gelangen und Nachhaltigkeitsziele und Umsetzungsstrategien abgeleitet werden. Als wichtig erkannte Bereiche können punktuell vertieft werden, wobei die Akzente flexibel auf verschiedene Nachhaltigkeitsdimensionen gesetzt werden können. Eine Aggregation der Ergebnisse aus den Aktivitätsfeldern wird über die IO-Tabelle erfolgen, in Zurechnungsmodellen und USM werden Interdependenzen analysiert, deren Ergebnisse an die Aktivitätsfelder weitergeleitet werden. Über ein iteratives Vorgehen werden weitgehend konsistente Gesamtstrategien entwickelt. Die zusätzlich erfolgende eigenständige Behandlung von Schlüsseltechnologien und deren Integration in die Aktivitätsfelder und auf der „nationalen Ebene“ sichert die genaue Untersuchung von Effizienzpotentialen. Die regionale und ökosystemare Ebene sind für die Schließung der Lücken, die aufgrund des zieladäquat gelegten Schnitts durch das Wirkungsgefüge entstanden sind, unerlässlich.

Die Aktivitätsfelder werden so gewählt, daß eine Anknüpfung an bereits vorhandene Untersuchungen möglich ist. Dadurch wird Doppelarbeit vermieden, eine relativ schnelle Vertiefung der Erkenntnisse ermöglicht und eine Einordnung in die laufende Diskussion erleichtert. Die Aktivitätsfelder umfassen jeweils die entsprechenden Aktivitäten in sämtlichen Bereichen; insbesondere: die Aktivität der privaten Haushalte (diese stehen Bedürfnissen am nächsten), den Gebrauch von Gütern und Dienstleistungen für diese Aktivität, die mit ihr verbundene Güternachfrage, die evtl. Benutzung von Infrastruktur sowie die Produktion von Gütern und Dienstleistungen und die Bereitstellung von Infrastruktur unter Berücksichtigung sämtlicher Vorprodukte. Die gesellschaftlichen bzw. volkswirtschaftlichen Aktivitäten werden auf folgende Aktivitätsfelder aufgeteilt:

⁹ Diese Technologien wurden nach einer Einschätzung im Vorfeld als besonders bedeutend beurteilt.

- Bauen und Wohnen,
- Mobilität,
- Ernährung und Landwirtschaft,
- Information und Kommunikation,
- Freizeit und Tourismus
- Textilien und Bekleidung,
- Gesundheit,
- Sonstige gesellschaftliche Aktivitäten¹⁰.

Auf der Aktivitätsfelderebene werden sehr konkrete Analysen durchgeführt, die sich an den strukturellen Gegebenheiten und den dafür vorhandenen Daten ausrichten. Sie können je nach Charakter des Aktivitätsfeldes eher technologisch ausgerichtet sein, z. B. hinsichtlich der Produktionstechniken, der Infrastruktur, der spezifischen Umweltbelastung (etwa Aktivitätsfeld „Mobilität“), oder sich stark auf institutionelle oder soziale Aspekte konzentrieren (z.B. individuelles Verhalten bzw. dessen Veränderung etwa in „Freizeit und Tourismus“). Ein Wechsel der Ausrichtung während der Bearbeitung ist möglich. Die Arbeiten in den Aktivitätsfeldern umfassen sowohl Bestandsaufnahmen als auch die Entwicklung von Teilszenarien mit frei wählbaren Instrumenten und Simulationsmodellen.

Sowohl Zuordnung als auch Arbeitsteilung sind näher zu klären (Abschnitt 2.4). Zuerst werden knapp die zugrundeliegende Datenstruktur (Abschnitt 2.2) und die Zurechnungsmethodik (Abschnitt 2.3) erläutert. Wesentliche Problembereiche werden in Abschnitt 2.5 behandelt.

¹⁰ Dieses Aktivitätsfeld enthält überwiegend staatliche Aktivitäten, z.B. innere und äußere Sicherheit, Bildung, Wissenschaft und Forschung, sowie Aktivitäten von Organisationen ohne Erwerbszweck.

2.2 Zur Datenstruktur

Der Ansatz basiert auf der IO-Tabelle als Nebenrechnung zur VGR und der UGR als Satellitenrechnung zur VGR. Die Systematik der UGR ist an die der VGR angelehnt. Die Ausgestaltung wird international empfohlen oder vereinbart (Grundlage: UN u.a., 1993; zur UGR z.B. S.508ff.). Da der Aktivitätsfelderansatz auf diesem Konzept basiert, ist er international übertragbar. Die genaue Ausgestaltung und die Art der Datenerhebung kann allerdings die unmittelbare Vergleichbarkeit beeinträchtigen¹¹. Gesamtrechnungssysteme basieren auf einer – auch bei weltweiter Betrachtung – vollständigen Aufteilung der einem Staat zugerechneten Personen und Organisationen. Gleichzeitig werden sämtliche Herkunfts- und Verwendungsmöglichkeiten verschiedenen Kategorien zugeordnet. Dadurch erhält man für jede Einheit ein Konto, das ausgeglichen sein muß. Jeder Vorgang muß innerhalb einer Einheit oder aber zwischen zwei Einheiten ablaufen. Im zweiten Fall entspricht die Herkunft von Mitteln einer Einheit der Verwendung von Mitteln einer anderen. Durch eine diesen Strömen folgende Verbuchung erhält man ein geschlossenes und vollständiges System¹². In **Abbildung 2.1** wird das Kontensystem der VGR als Kreislauf skizziert, der nur die wichtigsten Ströme enthält. Die Bezeichnungen der Ströme sind für ein intuitives Verständnis gewählt, die Richtung gibt Wertströme an. Private Investitionen sind hier nicht erkennbar, da sie innerhalb des Unternehmenssektors anfallen. Die Ströme von und zu „Kredit“ geben eine für Deutschland in den 80er Jahren typische Situation an: Die Haushalte haben einen Finanzierungsüberschuß, Staat und Unternehmen ein Finanzierungsdefizit, netto wird Kapital ins Ausland transferiert. Über das Kontos „übrige Welt“ können beliebig viele derartige Systeme verknüpft werden. „Übrige Welt“ produziert nicht im Inland, sämtliche Im- und Exporte laufen über „Unternehmen“.

¹¹ Zur UGR, s. Keuning, Steenge (1999), Keuning u.a. (1999) für die Niederlande, Ike (1999) für Japan, Tjahjadi (1999) für Deutschland, Vaze (1999) für das Vereinigte Königreich, Hellsten u.a. (1999) für Schweden; Haan (1999) liefert einen Vergleich. Steenge (1999) kommt zu dem Schluß, daß IO-Tabellen in der UGR ihre zentrale Stellung behalten werden.

¹² Zum Unterschied des „einseitigen (offenen) Buchungssystems“ in der Betriebswirtschaft und dem „zweiseitigen (geschlossenen) Buchungssystem“ in der Volkswirtschaft s. Stobbe (1994, S.106). Für jede der drei inländischen Einheiten sind auf aggregierter Ebene sieben verschiedene Konten vorhanden; dort ist dann auch die Vermögensbildung erkennbar. In **Abbildung 2.1** wurden die Vermögensänderungskonten integriert. „Übrige Welt“ („rest of world“) ist eine international vereinbarte Bezeichnung. Eine relativ detaillierte Darstellung in einem Kreislaufschema findet sich in Richter u.a. (1980, S.60). Einen Überblick über die konzeptionellen Grundlagen und eine Beschreibung der VGR liefern z.B. Stobbe (1994) und Frenkel/John (1996). Die VGR ist nicht nur ein Daten-system, ihr kommt vielmehr auch eine gewisse definitorische Bedeutung zu, und sie bringt in ihrem geschlossenen und interdependenten Kontensystem das fundamentale ökonomische Problem - Knappheit - zum Ausdruck. Jede gesamtwirtschaftliche Analyse muß mit einem derartigen System arbeiten. Beispielsweise ist das Konto „übrige Welt“ nichts anderes als die summierte und um Inlandsvorgänge saldierte Darstellung der Budgetrestriktionen aller inländischen Wirtschaftseinheiten.

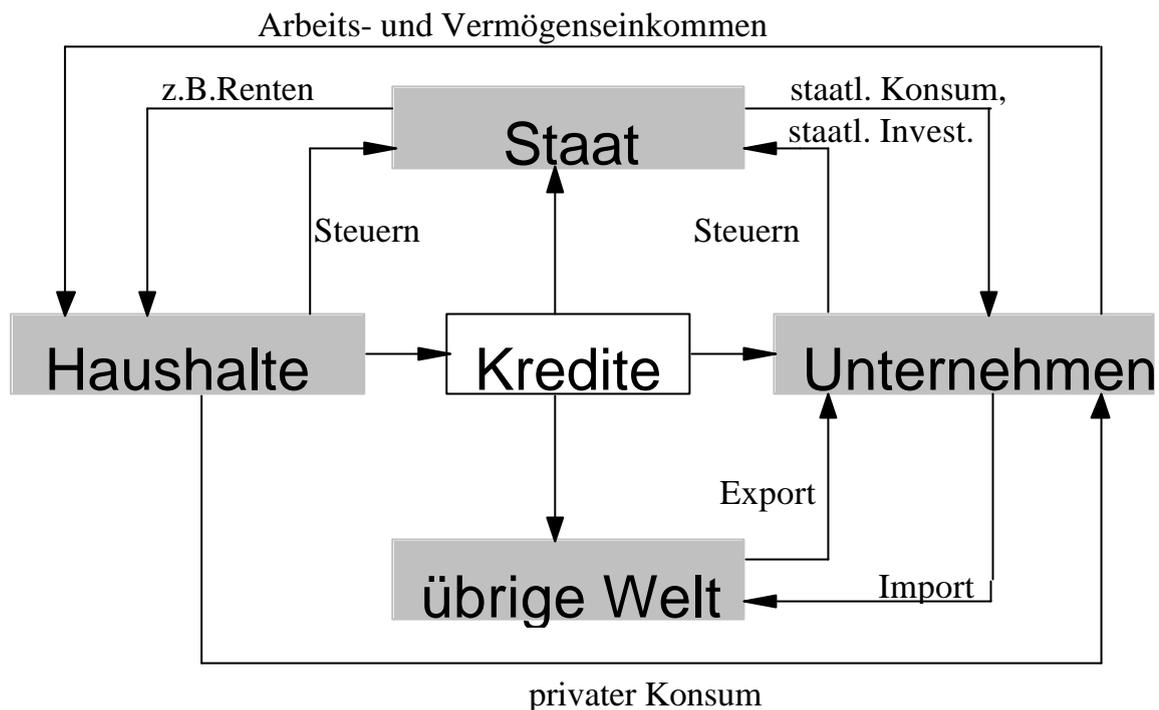


Abbildung 2.1: Schematisch Darstellung der VGR

Die IO-Tabelle ist eine nähere Betrachtung der produzierenden Einheiten, also insbesondere der Unternehmen. Da nur produzierende Einheiten zur Wertschöpfung beitragen, erhält man immer noch die gesamte Wirtschaft. Das geschlossene System wird allerdings aufgebrochen, und teilweise sind nur Eckwerte erkennbar. Die Vorgehensweise wird aus **Abbildung 2.2** deutlich. Zur Illustration wird eine Aufspaltung in die drei (fiktiven) Kategorien „Landwirtschaft, Bergbau“, „Verarbeitendes Gewerbe“ und „Dienstleistungen“ skizziert. In den IO-Tabellen des Statistischen Bundesamtes (1997) werden 58 derartiger Kategorien verwendet, die über die produzierten Güter definiert und abgegrenzt werden. Wenn z.B. ein Unternehmen Bergbaugüter und Güter des verarbeitenden Gewerbe erzeugt, so wird der Bergbauteil zu „Landwirtschaft, Bergbau“ gezählt, der verarbeitende Teil zu „verarbeitendes Gewerbe“. Man erhält eine *funktionale* Gliederung nach „Produktionsbereichen“. In den meisten Statistiken – z.B. im Kontensystem der VGR – wird für ein solches Unternehmen das Hauptgewicht der Tätigkeit bestimmt. Wenn es im verarbeitenden Gewerbe liegt, wird es komplett – inklusive Bergbauteil – dem „Verarbeitenden Gewerbe“ zugeordnet. Man erhält eine *institutionelle* Gliederung nach „Wirtschaftszweigen“. Offensichtlich ist eine funktionale Gliederung, wie sie in den IO-Tabellen des Statistischen Bundesamtes vorliegt, besser für technologische Fragestellungen geeignet als eine institutionelle Gliederung.

a) Produktionsbereichskonten

Landwirtschaft, Bergbau (LB)

Vorleistungen von LB	I.1	Vorleistungen an LB	I.1
Vorleistungen von VG	I.2	Vorleistungen an VG	I.6
Vorleistungen von DL	I.3	Vorleistungen an DL	I.7
Bruttowertschöpfung von LB	I.4	Lieferung an letzte Inlandsverwendung	I.8
Import von zu LB gehörenden Gütern	I.5	Export von zu LB gehörenden Gütern	I.9
Aufkommen LB	I.A	Verwendung LB	I.A

Verarbeitendes Gewerbe (VG)

Vorleistungen von LB	I.6	Vorleistungen an LB	I.2
Vorleistungen von VG	II.2	Vorleistungen an VG	II.2
Vorleistungen von DL	II.3	Vorleistungen an DL	II.7
Bruttowertschöpfung von VG	II.4	Lieferung an letzte Inlandsverwendung	II.8
Import von zu VG gehörenden Gütern	II.5	Export von zu VG gehörenden Gütern	II.9
Aufkommen VG	II.A	Verwendung VG	II.A

Dienstleistungen (DL)

Vorleistungen von LB	I.7	Vorleistungen an LB	I.3
Vorleistungen von VG	II.7	Vorleistungen an VG	II.3
Vorleistungen von DL	III.3	Vorleistungen an DL	III.3
Bruttowertschöpfung von DL	III.4	Lieferung an letzte Inlandsverwendung	III.8
Import von Dienstleistungen	III.5	Export von Dienstleistungen	III.9
Aufkommen DL	III.A	Verwendung DL	III.A

b) IO-Tabelle aus Drehung der Verwendungsseite

	Input LB	Input VG	Input DL	Letzte Ver- wendung im Inland	Export	Verwendung
Output LB	I.1	I.6	I.7	I.8	I.9	I.A
Output VG	I.2	II.2	II.7	II.8	II.9	II.A
Output DL	I.3	II.3	III.3	III.8	III.9	III.A
Bruttowert- schöpfung	I.4	II.4	III.4			
Import	I.5	II.5	III.5			
Aufkommen	I.A	II.A	III.A			

Abbildung 2.2: Von Produktionsbereichskonten zu IO-Tabellen

Abbildung 2.2 a) enthält laufende Konten (keine Vermögensänderungskonten) für die drei Produktionsbereiche. Einzelne Kategorien sind zusammengefaßt, um die Darstellung übersichtlich zu halten; z.B. enthält die „letzte Verwendung“ u.a. staatlichen und privaten Konsum, in der Bruttowertschöpfung sind Unternehmenssteuern und -subventionen, Bruttoentlohnung des Vermögens, Entlohnung unselbständiger Arbeit und von Unternehmenstätigkeit zusammengefaßt. Den einzelnen Positionen sind Gliederungsziffern zugeordnet, die so gewählt sind, daß eine in diesen drei Konten enthaltene Gegenbuchung die gleiche Ziffer trägt. Da die gesamte Produktion aufgeteilt wurde, ergibt die Summe der Bruttowertschöpfungen der drei Bereiche die volkswirtschaftliche Bruttowertschöpfung. Aus den drei Konten erhält man eine IO-Tabelle, indem man die Aufkommenseiten nebeneinander anordnet, die Verwendungsseiten um 90° gegen den Uhrzeigersinn dreht und in die Aufkommenseiten schiebt (Abbildung 2.2 b)).

Die Inputspalten sind eine Darstellung der Produktionsprozesse: Man sieht, wieviel von welchem Input verwendet wurde, um den jeweiligen Output (z.B. I.A) zu erzeugen. In den Zeilen „Output“ wird dargestellt, wohin geliefert wird. Der Teil „Output x Input“ stellt also die Lieferbeziehungen und Produktionsprozesse übersichtlich dar. Da die Summe der Vorleistungskäufe der Summe der Vorleistungsverkäufe über alle Produktionsbereiche entspricht, muß die Summe über Bruttowertschöpfung und Importe über alle Produktionsbereiche auch der Summe über letzte Inlandsverwendung und Export entsprechen. Dies sind Eckwerte für das Geschehen innerhalb der und zwischen den Nichtunternehmensbereichen in Abbildung 2.1. Diese Vorgänge sind saldiert aus der Sicht des Unternehmensbereichs dargestellt. IO-Tabellen sind also intelligente Schreibweisen der Konten zu den laufenden Vorgängen in der gesamten Volkswirtschaft aus Sicht des Unternehmensbereichs. Bei jeder Veränderung einer IO-Tabelle ist darauf zu achten, wie Veränderungen das Buchungssystem im „blinden Fleck“ der IO-Tabellen - den Vorgängen zwischen „Haushalt“, Staat“ und „übrige Welt“ - beeinflussen, und ob sie aus dieser Perspektive zu ökonomisch sinnvollen Größen führen. Alle später auftauchenden Modifikationen wurden auch aus dieser Perspektive für tragfähig erachtet, die jeweiligen Erwägungen werden nicht eigens aufgeführt.

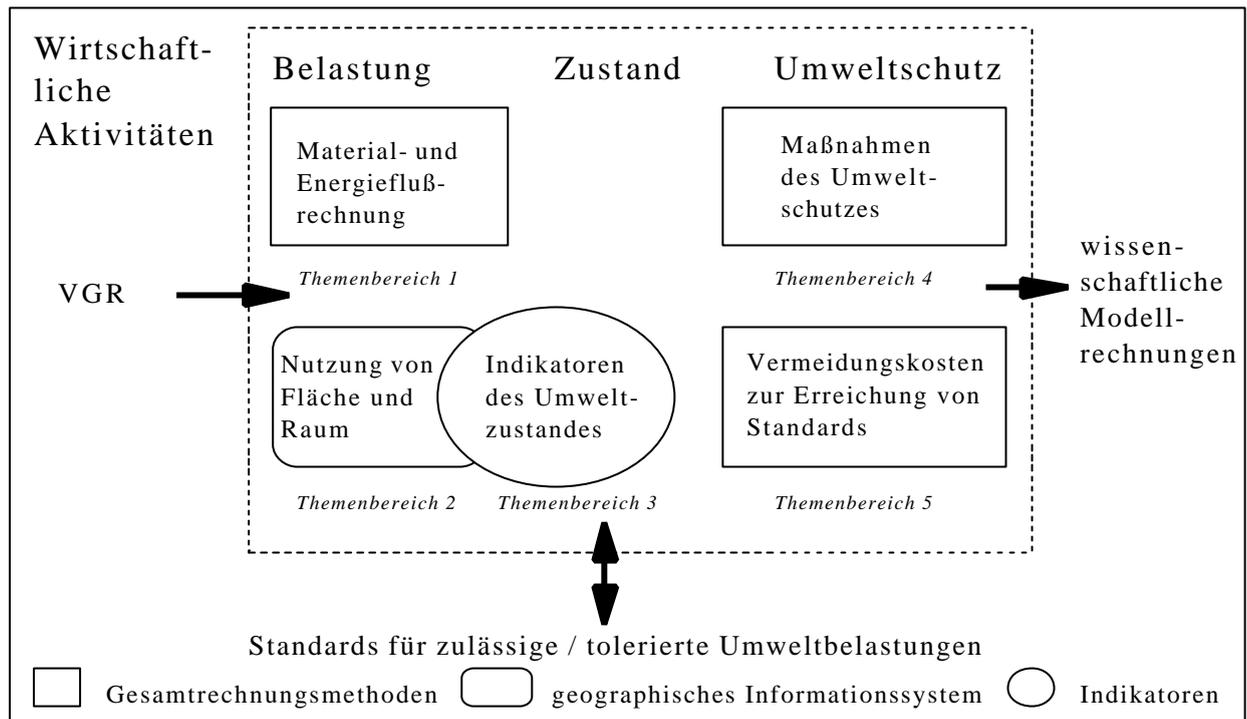
Die im Ausbau befindliche UGR ist am Konzept der VGR orientiert und richtet sich nach dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung. Eine Übersicht bietet **Abbildung 2.3**. Der Bereich der UGR ist

durch das gestrichelte Rechteck gekennzeichnet¹³. Die dargestellten Verbindungen verdeutlichen, daß die UGR dem Konzept der VGR folgt, die inhaltliche Ausrichtung sich an normativen Aspekten orientiert sowie an Erfordernissen wissenschaftlicher Modellrechnungen¹⁴. Die Rechtecke sind nach Gesamtrechnungsmethoden ausgewiesen und an die VGR, insbesondere IO-Tabellen, koppelbar. Gemeinhin erfolgt eine Zuordnung von Entnahmen aus der Umwelt oder Emissionen zu den Produktionsbereichen der IO-Tabelle sowie zu privaten Haushalten¹⁵ (s. Statistisches Bundesamt, 1998). Emissionen und Entnahmen können als Kuppelprodukt bzw. zusätzlicher Input der jeweiligen Aktivität aufgefaßt werden. Zur Verdeutlichung wird in **Tabelle 2.1** das Ausweisungsformat in der fiktiven Gliederung aus Abbildung 2.2 skizziert. Das Statistische Bundesamt verwendet i. allg. die 58 Produktionsbereiche seiner IO-Tabellen. Die Ausweisung der Belastungsbeiträge verknüpft die Umweltbelastungen direkt mit ökonomischen Aktivitäten. Die Verknüpfung bietet die Grundlage für genauere Zustandsanalysen, die im folgenden Abschnitt dargestellt werden. Da die IO-Tabellen sowohl mit Technik als auch mit Umweltbelastungen sowie als spezielles Kontensystem mit der VGR verknüpft sind, bilden sie einen ausgezeichneten Ausgangspunkt für den Entwurf einer Untersuchungsstruktur. **Der Verbund von UGR und VGR um das Zentrum der IO-Tabellen dient als Referenzstruktur für das HGF-Projekt.** USM, die auch in den IO-Tabellen fehlende Teile der VGR und Teile der UGR endogenisieren, ermöglichen die Beibehaltung der Referenzstruktur in Szenarien.

¹³ Zum genaueren Aufbau der UGR s. Radermacher (1992), Bolleyer u.a. (1993) und Beirat „UGR“ (1998). Zum Themenbereich 1 s. z.B. Radermacher/Höh (1993), Thomas (1993), Ragaly/Heinze (1998), Heinze (1998). Zum Themenbereich 2/3 s. Hoffmann-Kroll u.a. (1997, 1998), eine erste Arbeit zur Verbindung mit IO-Tabellen liegt mit Krack-Rohberger/Schäfer (1997) vor.

¹⁴ Letzteres zeigt sich z.B. an der Studie Frohn u.a. (1998a) zu USM, die im Auftrag des wissenschaftlichen Beirats „UGR“ erfolgte, sowie an der Mitgliedschaft von Prof. Meyer, der das USM „PANTA RHEI“ entwickelt hat, in diesem Beirat.

¹⁵ Haushalte sind in der IO-Tabelle als Bereich „Verbrauch privater Haushalte im Inland“ ausgewiesen, der in Abbildung 2.2 unter „Letzte Verwendung im Inland“ subsumiert wurde.



Quelle: nach Statistisches Bundesamt, 1998, S.10

Abbildung 2.3: Übersicht über die UGR

Tabelle 2.1: Format der Ausweisung von Belastungsbeiträgen in der UGR

	CO ₂ -Emissionen in Mt	Aufkommen von Abfall in t	Verwendung von Wasser in Mio m ³
Produktionsbereich I			
Produktionsbereich II			
Produktionsbereich III			
private Haushalte			
Gesamte Belastungsbeiträge (Summe)			

2.3 Zur Zurechnung

Die Bestandsaufnahme und – fallweise – Analyse der vergangenen Entwicklung mit Hilfe der IO-Analyse (top-down-Ansatz) bietet den Vorteil einer flächendeckenden Erfassung von Belastungsbeiträgen und die Möglichkeit einer flexiblen Zurechnung auf Endnachfrage und Produktionsprozesse. Als Basis werden verschiedene Zurechnungsmodelle verwendet werden (s. z.B. Holub/Schnabl, 1994, S.299ff.). Zusätzlich können bei Bedarf andere IO-Analysetechniken, wie eine Komponentenzerlegung, zum Einsatz kommen. Im Projekt werden die Ergebnisse der Zurechnungsmodelle

kompatibel mit der Aktivitätsfeldgliederung ausgewiesen werden. Durch eine parallele Verwendung verschiedener Strukturen wird eine Identifikation neuralgischer Produktionsprozesse, Lieferbeziehungen und Nachfragemuster ermöglicht. Dadurch erhalten die Bearbeiter von Aktivitätsfeldern klare Hinweise auf vertieft zu untersuchende Teilbereiche und auf Auswirkungen von Nachfrageverlagerungen. Die Zurechnungsmodelle werden zentral gehandhabt, um Inkonsistenzen zu vermeiden, die aus unterschiedlichen Bearbeitungen der ursprünglichen IO-Tabellen entstehen können.

In umweltökonomischen Untersuchungen werden Zurechnungsmodelle seit geraumer Zeit verwendet. Da Daten aus der UGR verwendet werden können, sind eine Vielzahl von Belastungsbeiträgen (z. B. Luftschadstoffemissionen, Energieverbrauch, Abfallentstehung und -beseitigung, Wasserentnahme, -verwendung und -entsorgung, Flächenverbrauch) einer IO-Analyse zugänglich¹⁶. Die Aufnahme ökonomischer oder sozialer Größen (z.B. Beschäftigung, funktionelle Einkommensverteilung, F&E-Aufwendungen) ist prinzipiell möglich. Die Auswahl der Größen, die mittels IO-Analyse verarbeitet werden, erfolgt auf Grundlage des Indikatorensystems.

Im Vergleich zu bottom-up Analysen ergeben sich Nachteile aus der aggregierten Darstellung, die unter Abschnitt 2.5 erläutert werden. Dem stehen gewichtige Vorteile gegenüber, aufgrund derer eine top-down Analyse unverzichtbar ist:

- Sämtliche Daten der IO-Analysen basieren (im Normalfall) auf dem gleichen Basisjahr, was bei bottom-up Ansätzen gewöhnlich nicht der Fall ist.
- Daten sind über eine längere Zeitreihe verfügbar, was bei Ökobilanzen häufig nicht der Fall ist.
- Das System ist vollständig. Systemgrenzen müssen also nicht vereinbart werden.
- Gesamtwirtschaftliche Struktureffekte und Nachfrageänderungen können unmittelbar in ihrer Gesamtheit erfaßt und analysiert werden. Ökobilanzen werden dies aus Datengründen noch auf lange Zeit nicht leisten können.
- Die Ergebnisse von Zurechnungsmodellen sind in einem Gesamtrechnungsschema, d.h. in einem konsistenten und geschlossenen System, darstellbar.

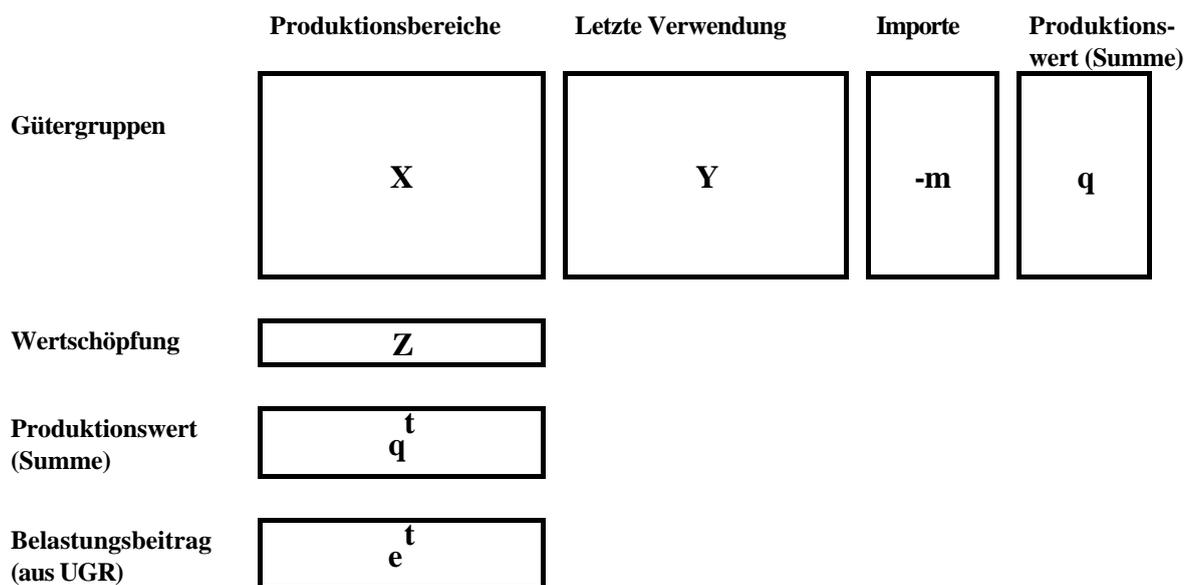
Die Unterschiede zwischen Ökobilanzen und IO-Analysen sind nicht methodisch sondern datenbedingt (s. Schulz, 02.11.1998). Die Frage für das HGF-Projekt ist daher nicht, ob man Ökobilanzen oder IO-Analysen verwendet, vielmehr sind die spezifischen Vorteile beider Analysen zu nutzen¹⁷.

Da hier die Konzeption des HGF-Projekts behandelt wird, stehen IO-Analysen im Vordergrund.

¹⁶ An den Daten wird gegenwärtig im Statistischen Bundesamt gearbeitet. Sie liegen in unterschiedlicher Güte und tlw. noch nicht in der erforderlichen Struktur vor. Im HGF-Projekt dürften die genannten Größen jedoch bearbeitbar sein.

¹⁷ Es werden auch Hybridmethoden angewandt (s. Engelenburg u.a., 1994; Marheineke u. a., 1998).

Im folgenden wird kurz die grundlegende IO-Analyse (das grundlegende Zurechnungsmodell auf die letzte Verwendung), die sämtliche Vorprodukte berücksichtigt, dargestellt. In **Abbildung 2.4** werden die verwendeten Variablen definiert¹⁸. Dabei sind Matrizen und Vektoren durch fette große bzw. kleine Buchstaben dargestellt, Vektoren werden stets als Spaltenvektoren definiert, die aus einem Vektor **a** gebildete Diagonalmatrix wird mit $\langle \mathbf{a} \rangle$ bezeichnet, ein hochgestelltes „t“ bezeichnet transponierte Matrizen oder Vektoren.



mit:

X: Vorleistungsverflechtung; x_{ij} : Lieferung der Gütergruppe *i* an Produktionsbereich *j* (**X** enthält Importe)

Y: letzte Verwendung; y_{ik} : Lieferung der Gütergruppe *i* an letzte Verwendung *k*; die letzte Verwendung ist aufgeteilt in privater Verbrauch im Inland (in 13 Verwendungszwecke + Eigenverbrauch der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck), Staatsverbrauch, Bruttoanlage- und Bruttobauinvestitionen, Vorratsveränderung, Exporte.

m: Importe; m_i : Importe der Gütergruppe *i* (**Y** und $-\mathbf{m}$: etwa Verwendungsseite des BIP)

q: (Brutto-)Produktionswert; $q_i = \sum_j x_{ij} + \sum_k y_{ik} - m_i$ oder $q_j = \sum_i x_{ij} + \sum_l z_{lj}$

Z: Primäraufwandsmatrix; enthält als Zeilen l u.a. Abschreibungen, Einkommen aus Untermehmertätigkeit und Vermögen, Einkommen aus unselbständiger Arbeit; entspricht etwa der Entstehungs- und Verteilungsseite des BIP.

\mathbf{e}^t : direkte Belastungsbeiträge der Produktionsbereiche pro Werteinheit (aus UGR)¹⁹

Abbildung 2.4: IO-Tabelle zur Definition der Zurechnungsvariablen

¹⁸ Es handelt sich um eine Modifikation der IO-Tabelle aus Abbildung 2.2.

¹⁹ Die direkten Emissionen privater Haushalte werden mit Null angenommen, da ihre Behandlung nichts zum Verständnis der Zurechnung von Belastungsbeiträgen aus der Produktion auf die letzte Verwendung beiträgt.

Die IO-Tabellen des Statistischen Bundesamtes unterscheiden 58 Produktionsbereiche, die Matrix \mathbf{X} ist dann eine 58X58 Matrix. Durch Division jeder Spalte in \mathbf{X} durch den dazugehörigen Produktionswert erhält man die Matrix der Inputkoeffizienten \mathbf{A} , die angibt, wie viele Einheiten einer Gütergruppe benötigt werden, um eine Einheit des Outputs der jeweiligen Gütergruppe zu erzeugen²⁰. Also: $\mathbf{A} = \mathbf{X} \langle \mathbf{q} \rangle^{-1}$. Da auch Arbeitskräfte und Kapitalgüter in der Produktion verwendet werden, sind i.allg. alle Summen über die Spalten von \mathbf{A} kleiner als 1. Falls nun sämtliche Vorleistungen interessieren, muß berücksichtigt werden, daß die Vorprodukte wiederum Vorprodukte benötigen, und diese wiederum Vorprodukte ... Die Vorprodukte, die für die direkten Vorprodukte benötigt werden, erhält man aus \mathbf{A}^2 , die nächste Stufe aus \mathbf{A}^3 ... Die benötigten Inputs pro produzierte Einheit jedes Produktionsbereichs ergibt sich als $\mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \mathbf{A}^4 + \mathbf{A}^5 + \dots$. Eine Zurechnung auf die letzte Verwendung muß die zusätzliche Einheit berücksichtigen, die dann an die letzte Verwendung geliefert wird, also $\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \mathbf{A}^4 + \mathbf{A}^5 + \dots$. Da alle Elemente in \mathbf{A} positiv und kleiner als 1 sind und die Summe jeder Spalte i. allg. kleiner als 1 ist, konvergiert die Reihe. Wie man unschwer erkennt, gilt $(\mathbf{I} - \mathbf{A})(\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \mathbf{A}^4 + \mathbf{A}^5 + \dots) = \mathbf{I}$, was bedeutet²¹: $\mathbf{C} \equiv (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \mathbf{A}^4 + \mathbf{A}^5 + \dots$

\mathbf{C} , die Leontief-Inverse, kann nun verwendet werden, um sog. „kumulierte“ Belastungsbeiträge zu ermitteln; also Belastungsbeiträge, die mit einer Kategorie der Letzten Verwendung unter Berücksichtigung sämtlicher Vorprodukte verbunden sind. Hierzu benötigt man den Vektor von Belastungsbeiträgen, die in den Produktionsbereichen direkt durch die Produktion entstehen. Die UGR liefert diese Vektoren für eine größere Zahl von Belastungsbeiträgen. Den Vektor teilt man durch den Produktionswert des jeweiligen Produktionsbereichs. Der resultierende Vektor \mathbf{e} gibt die z.B. Emissionskoeffizienten (z.B. kgCO₂/DM Output Gütergruppe n) an. Die mit den verschiedenen Kategorie der letzten Verwendung verbundenen indirekten Belastungsbeiträge erhält man dann als Vektor $\mathbf{b}^t = \mathbf{e}^t \mathbf{C} \mathbf{Y}$. Das ist die grundlegende Zurechnung, die auf vielerlei Art verfeinert werden kann. Z.B. kann man die Herkunft der einzelnen direkten und indirekten Belastungsbeiträge in der Produktion näher untersuchen (z.B. in $\langle \mathbf{e} \rangle \mathbf{C}$) oder man kann die Belastungsbeiträge als Matrix nach Gütergruppen und Kategorien der letzten Verwendung errechnen ($\langle \mathbf{e} \rangle \mathbf{C} \mathbf{Y}$). Viele Arbeiten, die mit Modifikationen dieses Zurechnungsmodells arbeiten, sind in den letzten Jahre veröffentlicht worden (z.B.

²⁰ Es handelt sich um sog. technische Koeffizienten, die auf der IO-Tabelle A1 in der Nomenklatur der UN basieren (s. Holub/Schnabl, 1994, S.24ff.; Fleissner u.a., 1993, S.43ff.).

²¹ Die Bedeutung von \mathbf{C} , der Leontief-Inversen, kann auch direkt aus der Lösung eines Gleichungssystem hergeleitet werden (s. z.B. Weber u.a., 1996a, S.124f.).

Behrensmeier/Bringezu, 1995, 1995a; Weber/Fahl, 1993; Weber u.a., 1996, 1996a, 1998; Bräutigam u.a., 1995). Die Methode ist hinreichend flexibel, um für unterschiedliche Abgrenzungen, die aus der Datenstruktur der IO-Tabelle hervorgehen, Abschätzungen von Belastungsbeiträgen zu liefern²².

2.4 Abgrenzung der Aktivitätsfelder

Zu der im folgenden dargestellten Abgrenzung liegen Detailüberlegungen auf Basis der IO-Tabellen und VGR vor. Diese werden nicht aufgeführt, da inhaltliche Anforderungen aus den Aktivitätsfeldern im Vorfeld nur grob berücksichtigt werden können. Die genauere Zuordnung und Arbeitsteilung ist zu Beginn des HGF-Projekts von den Bearbeitern der einzelnen Aktivitätsfelder und der nationalen Ebene zu präzisieren. Die vorliegenden Detailüberlegungen werden dann herangezogen, um datentechnische Aspekte schnell überblicken zu können.

Für eine Arbeitsteilung sind kompakte Einheit zu bilden, die möglichst wenig Schnittstellen aufweisen. Schnittstellen sind jeweils durch Lieferungen definiert, Produktionsprozesse sind eindeutig zugewiesen. Die Anzahl der Schnittstellen ist durch eine Beschränkung auf wesentliche Zusammenhänge zu reduzieren. Die Bedarfsseite wird nicht sonderlich scharf abgegrenzt werden, da dies den Spielraum in den Aktivitätsfeldern, insbesondere was soziale und institutionelle Erwägungen betrifft, stark einschränken würde. Die Arbeitsteilung in Bezug auf Produktionsbereiche kann im laufenden HGF-Projekt geändert werden. Importe sind jeweils Bestandteil des Sektors, der ähnliche Produkte herstellt, Exporte sind in der Produktion, Investitionen als Produktion von Investitionsgütern beim Liefersektor und als Produktionsmittel beim Nutzersektor enthalten.

Um zu einer praktikablen Einteilung zu gelangen, ist neben der vorhandenen Datenbasis auch zu berücksichtigen, daß für die verschiedenen Nachhaltigkeitsdimensionen unterschiedliche Abgrenzungen wünschenswert sein können. Die Aktivitätsfeldergliederung muß hier abwägend erfolgen. Eine scharfe Trennung ohne jede Überschneidung ist unzweckmäßig; Überschneidungen bringen zum Ausdruck, daß ähnliche Sachverhalte, dieselbe Infrastruktur oder Produktionstechnologie auf der Aktivitätsfelderebene unter verschiedenen Blickwinkeln oder mit anderen Gewichtungen betrachtet werden. Gleichzeitig kann durch Überschneidungen berücksichtigt werden, daß die funktionale Gliederung der offiziellen IO-Tabelle für bestimmte Untersuchungen weniger gut geeignet ist als eine institutionelle, wohingegen eine institutionelle für technologische Überlegungen und Zurechnungen von

²² In Abschnitt 7.2 werden einige Zurechnungsergebnisse dargestellt und erläutert.

Belastungsbeiträgen eher ungeeignet ist²³. Die Aggregierbarkeit wird durch Überschneidungen nicht beeinträchtigt.

Zuerst wird nun ein Überblick über die Abgrenzung der Aktivitätsfelder gegeben. Zur Veranschaulichung werden für jedes Aktivitätsfeld beispielhaft einige dazugehörige Teile genannt; die Vorprodukte und Tätigkeiten sind jeweils mitzudenken. Die Aktivitätsfelder umfassen jeweils die entsprechenden Aktivitäten in sämtlichen Bereichen; insbesondere: die Aktivität der privaten Haushalte, den Gebrauch von Gütern und Dienstleistungen für diese Aktivität, die mit ihr verbundene Güternachfrage, die evtl. Benutzung von Infrastruktur sowie die Produktion von Gütern und Dienstleistungen und die Bereitstellung von Infrastruktur²⁴:

Bauen und Wohnen (B&W): Errichtung, Renovierung und Abriß von Gebäuden; ihre Einrichtung sowie Nutzung

Mobilität (M): Bereitstellung von Verkehrsmitteln und Kraftstoffen, Errichtung und Unterhalt von Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsnachfrage und -abwicklung

Ernährung und Landwirtschaft (E&L): Herstellung von Nahrungsmitteln, Getränken und Genussmitteln; Güter zur Zubereitung, Aufnahme und Reinigung; Beseitigung von Reststoffen

Information und Kommunikation (I&K): Bereitstellung der I&K-Techniken, wie Computer, Telekommunikationstechniken, Bücher und Zeitungen. Ihr Einsatz und entsprechende Dienstleistungen (Medien, Internet)

Freizeit und Tourismus (F&T): Spiele, Sport, Haustiere, Gartengeräte, Bereitstellung von Infrastruktur, Gütern und Freizeitdienstleistungen

Textilien und Bekleidung (T&B): Herstellung von Textilien, Bekleidung und Schuhen; ihre Pflege, Reinigung und Beseitigung bzw. Weiterverwendung

Gesundheit (G): Gesundheitsdienstleistungen und ihre Infrastruktur, Herstellung von Medikamenten und Körperpflegemitteln u.ä.

²³ s. Statistisches Bundesamt (1998) auf S.23 und S.17, insbesondere Fußnote 7. In der Fußnote wird darauf hingewiesen, daß eine Einteilung in Wirtschaftsbereiche (institutionelle Gliederung) aufgrund von Änderungen der Unternehmensstruktur (z.B. Fusionen, Outsourcing) zu international und - über längere Zeiträume - auch national nicht vergleichbaren Daten führt. Die letzten drei Produktionsbereiche in der funktionalen IO-Tabelle sind allerdings nach institutionellen Kriterien abgegrenzt (die beiden staatlichen Produktionsbereiche und der Produktionsbereich „private Organisationen ohne Erwerbszweck“); dies führt besonders im Bereich Gesundheit zu einer etwas unübersichtlichen Datenstruktur.

²⁴ In den folgenden Tabellen werden die angegebenen Abkürzungen für die Aktivitätsfelder verwendet.

Sonstige gesellschaftliche Aktivitäten (SGA): im wesentlichen staatliche Aktivitäten, z.B. innere und äußere Sicherheit, Bildung, Wissenschaft und Forschung, sowie Aktivitäten von Organisationen ohne Erwerbszweck.

Die Abgrenzung auf der **Bedarfsseite der Aktivitätsfelder** setzt an der Matrix der letzten Verwendung (**Y**) an und modifiziert sie so, daß die Spalten jeweils ein sogenanntes Bedarfs- oder Bedürfnisfeld ergeben, dem diejenigen Güter zugeordnet werden, die der Befriedigung bestimmter Bedürfnisse dienen²⁵. Die Zuordnung folgt Komplementaritäten. Z.B. werden dem Bedarfsfeld Ernährung und Landwirtschaft sämtliche Güterkäufe zugeordnet, die im Zusammenhang mit der Lebensmittelzubereitung, der Nahrungsaufnahme etc. stehen, also Spülmittel, Geschirr, der Herd, der entsprechende Stromverbrauch... Die genauere Aufteilung des privaten und staatlichen Verbrauchs auf die Aktivitätsfelder ist in **Tabelle 2.2** und **Tabelle 2.3** (1. Zeile: Aktivitätsfelder; 1. Spalte: 13 Verwendungszwecke des privaten Verbrauchs (nach der IO-Tabelle) und die Aufgabenbereiche des Staates (aus der VGR)²⁶) skizziert. Graue Felder bedeuten eine Aufteilung des Verwendungszwecks, schwarze eine vollständige Zuordnung. Für die Aufteilung des Energieverbrauchs und Verkehrs wurden detaillierte Daten herangezogen. Der Verbrauch ist ohne Überlappung auf die ersten sieben Aktivitätsfelder aufgeteilt. Da „Mobilität“ sich besonders stark mit anderen Aktivitätsfeldern überschneidet, wurden alle Mobilitätsaspekte sowohl auf die anderen sieben Aktivitätsfelder verteilt, als auch unter Mobilität ausgewiesen. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da der Verkehrsbereich tlw. ein konstitutiver Bestandteil anderer Aktivitätsfelder ist (z.B. Urlaubsreisen in Freizeit und Tourismus). In „Mobilität“ werden insbesondere die technischen und strukturellen Fragen und Umweltbelastungen behandelt, die Ergebnisse werden an die anderen Aktivitätsfelder weitergereicht. Umgekehrt werden die „Mobilitätsbedürfnisse“ weitgehend in den anderen Aktivitätsfeldern erkundet. Da in der letzten Verwendung Teile des Güterverkehrs verbucht sind, enthält „Mobilität“ von allen Verwendungszwecken einen Anteil²⁷.

Beispielhaft seien für Textilien und Bekleidung einige nicht unmittelbar einsichtige Felder erklärt: Das graue Feld in der Zeile „Energie ohne Kraftstoffe“ in der Spalte T&B enthält z.B. den Stromverbrauch von Waschmaschinen; in der Zeile „Haushaltsführung“ ist der Kauf von Waschmaschinen,

²⁵ S. hierzu z.B. Weber/Fahl (1993) und Behrensmeier/Bringezu (1995).

²⁶ S. z.B. Statistisches Bundesamt (1998a, Tabelle 24.9). In der VGR sind Tabellen nach den identischen Aufgabenbereichen auch für die Staatsausgaben, die staatlichen Bruttoinvestitionen und die geleisteten Übertragungen des Staates verfügbar (Statistisches Bundesamt, 1997a, Tabellen 3.4.9, 3.4.11 und 3.4.13). Die Aufteilung der staatlichen Investitionen ist für eine nähere Untersuchung der Kapitalakkumulation hilfreich.

²⁷ Zur Aufteilung des privaten Verbrauchs nach Verwendungszwecken sind für nicht klar zuzuordnende Verwendungszwecke die einzelnen Positionen in Tabelle 5, Statistisches Bundesamt, 1997, durchgegangen worden.

in der Zeile „Güter für Verkehr“ ein Teil der Einkaufsfahrten und in den letzten zwei Zeilen ist z.B. Sportbekleidung T&B zugeordnet.

Tabelle 2.2: Zuordnung des privaten Verbrauchs zu den Aktivitätsfeldern

privater Verbrauch nach Verwendungszwecken (aus IO-Tabelle)	B&W	E&L	I&K	F&T	T&B	G	SGA	M
Nahrungsmittel/Getränke		■						■
Tabakwaren		■						■
Bekleidung					■			■
Schuhe					■			■
Wohnungsmieten	■							
Energie ohne Kraftstoffe	■	■	■	■	■	■		■
Haushaltsführung	■	■			■			■
Gesundheitspflege						■		■
Körperpflege						■		■
Güter für Verkehr (einschl. Kraftstoffe)	■	■	■	■	■	■	■	■
Nachrichtenübermittlung			■					
Güter für Bildung, Unterhaltung, Freizeit				■	■	■	■	■
Güter für die persönliche Ausstattung...			■	■	■	■	■	■

Tabelle 2.3: Zuordnung des Staatsverbrauchs zu den Aktivitätsfeldern

Staatsverbrauch nach Aufgabenbereichen (aus VGR)	B&W	E&L	I&K	F&T	T&B	G	SGA	M
Allgemeine Verwaltung							■	
Auswärtige Angelegenheiten							■	
Allgemeine Forschung							■	
Verteidigung							■	
Öffentliche Sicherheit und Ordnung							■	
Unterrichtswesen							■	
Gesundheitswesen						■		
Soziale Sicherung							■	
Wohnungswesen	■							
Stadt- und Landesplanung	■							
Gemeinschaftsdienste							■	
Erholung und Kultur				■				
Energiegewinnung und -versorgung	■	■	■	■	■	■	■	■
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei		■						
Produzierendes Gewerbe							■	
Verkehr und Nachrichtenübermittlung	■	■	■	■	■	■	■	■
Sonstige Wirtschaftsförderung...							■	

Legende zu Tabelle 2.2 und 2.3:



vollständige Zuordnung



anteilige Zuordnung (in Tabelle 2.2 werden aus den Vektoren *einzelne* Gütergruppen aufgeteilt)

Den Bedarfsfeldern sind nun **Produktionsbereiche** zuzuordnen, um zu einem Aktivitätsfeld zu gelangen. Die Abgrenzung erfolgt prinzipiell über Vorprodukts-„ketten“, in denen „Kernbereiche“ der Nachfrage in dem jeweiligen Aktivitätsfeld identifiziert werden (z.B. Ernährung: Nahrungsmittelin-
dustrie, Getränkeherstellung). Dabei werden auch technische und institutionelle Zusammenhänge berücksichtigt. Hinzu kommen inhaltliche Erwägungen: „Mobilität“ muß z.B. auch den Güterverkehr, der außer in den entsprechenden Gütergruppen als Werkverkehr über all Produktionsbereiche verstreut ist, enthalten; „Bauen und Wohnen“ sollte z.B. auch Industriebauten enthalten, die als Bauinvestitionen ausgewiesen sind. D. h. es gibt Überlappungen: Einerseits ist der Werkverkehr als Vorleistung über andere Aktivitätsfelder verstreut, andererseits ist er komplett in Mobilität enthalten²⁸. Die Überlappungen müssen bei einer Aggregation berücksichtigt werden. Eine Aufspaltung der in der IO-Tabelle gegebenen Produktionsbereiche ist vermieden worden, da dies eine Anbindung an andere Statistiken (z.B. UGR) und an USM erheblich erschweren würde. Die Verbindung der Abgrenzung der Produktionsbereiche (**Tabelle 2.4**)²⁹ mit den Bedarfsfeldern liefert die Aktivitätsfelder.

Tabelle 2.4: Zuordnung der „Kernbereiche“

Aktivitätsfelder	Produktionsbereiche/Gütergruppen („Kernbereiche“) ^{a)}
Bauen & Wohnen	5,13,14,15,30,31,41,42,51
Mobilität	12,23-25,45,46,48
Ernährung & Landwirtschaft	1,2,38-40,52
Information & Kommunikation	22,32,33,34,47,
Freizeit & Tourismus	29
Textilien & Bekleidung	35-37
Gesundheit	27,54
Sonstige gesellschaftliche Aktivitäten	53, 56-58

a) Die Numerierung der Produktionsbereiche entspricht den IO-Tabellen. Zur Numerierung s. Anhang.

Einige Produktionsbereiche, insbesondere der Grundstoff- und Investitionsgüterindustrie, entziehen sich einer vollständigen Einordnung, da ihre Leistungen sehr breit gestreut in anderen Produktionsbereichen Eingang finden. Es handelt sich dabei um folgende Gruppierungen: Energie, Metallherzeugung und -verarbeitung, bestimmte Dienstleistungen (Handel, Versicherungen, Kreditwesen, sonstige marktbestimmte Dienstleistungen), Chemie und Kunststoff, Maschinenbau, Elektrotechnik (**Tabelle 2.5**). Die unterlassene konkrete Zuordnung dieser Gruppierungen zu den Aktivitätsfeldern bedeutet nicht, daß ihre Vorleistungen unberücksichtigt bleiben. Über die IO-Analyse bzw. das USM sind

²⁸ In IO-Analysen kann der Werkverkehr anhand von quantitativen Inputs an Kraftstoffen (insbesondere Dieselloststoff) aus der energetischen IO-Tabelle abgeschätzt werden.

²⁹ Zur Unterstützung der Zuordnung von Produktionsbereichen wurden u.a. Ergebnisse aus qualitativen Analysen der Verflechtung (z.B. Holub/Schnabl, 1985; Schnabl, 1992) herangezogen, und z.B. die Korrelationskoeffizientenmatrix der In- sowie Outputvektoren errechnet.

diese Bereiche eingebunden. Lediglich in die vertiefte Behandlung des betreffenden Aktivitätsfelds werden sie im Gegensatz zu den in Tabelle 2.4 aufgeführten Produktionsbereichen nicht aufgenommen. Sie können jedoch auf zweierlei Arten vertieft untersucht werden:

- Ihre Bedeutung kann durch die Erstellung von Ökobilanzen für ausgewählte Vorprodukte charakterisiert werden (z.B. synthetische Fasern, pharmazeutische Produkte, spezielle Kunststoffe.)
- Auf der technologischen Ebene lassen sich Schlüsseltechnologien relativ konkret diesen übergeordneten Produktionsbereichen zuordnen (s. **Tabelle 2.6**). Wichtige Entwicklungslinien und -potentiale dieser Produktionsbereiche können also beispielhaft durch die Untersuchung der ausgewählten Schlüsseltechnologien beschrieben werden. Der Energiebereich wird komplett als Schlüsseltechnologie untersucht. Die Schlüsseltechnologien können in Bezug auf Potentialabschätzungen wesentliche Teile der restlichen Produktionsbereiche erfassen. Sie stehen über die Vorleistungen in engem Zusammenhang mit den Aktivitätsfeldern und sind für ihre zukünftige Ausgestaltung unmittelbar von Bedeutung. In **Tabelle 2.7** wird ein Überblick gegeben, in welchen Aktivitätsfeldern die Schlüsseltechnologien in näherer Zukunft vermutlich von besonders großer Bedeutung sein werden. Die „restlichen Dienstleistungen“ werden nicht vertieft untersucht werden, der mit dem Handel verbundene Verkehr ist in „Mobilität“ enthalten.

Die Schlüsseltechnologien werden nach einer Abschätzung des in absehbarer Zeit technologisch Erreichbaren und der potentiellen Anwendung in den einzelnen Aktivitätsfeldern über eine Untersuchung der sozialen, ökonomischen und ökologischen Potentiale und Wirkungen mit der nationale Ebene verbunden, wo die Gesamtwirkung ermittelt wird. Insgesamt kann eine Technologie durch diese Mehrfachbetrachtung und -einordnung in Bezug auf ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung konkret eingeschätzt werden, gleichzeitig können vielversprechende Einsatzgebiete und weitere Forschungsfelder angegeben werden.

Tabelle 2.5: Zusammenfassung der *restlichen* Produktionsbereiche/Gütergruppen

Zusammengefaßte restliche Produktionsbereiche	Produktionsbereiche/Gütergruppen ^{a)}
Energie (En)	3,4,6,8,10
Metalle(Met)	7,16-20,28
Chemie und Kunststoff (C&K)	9,11
Elektrotechnik (Et)	26
Maschinenbau (Mb)	21
restliche Dienstleistungen (Handel, Banken, Versich.) (DI)	43,44,49,50,55

a) zur Numerierung s. Anhang.

Tabelle 2.6: Zusammengefaßte restliche Produktionsbereiche & Schlüsseltechnologien

Schlüsseltechnologien	En	Met	C&K	Mb	Et	DI
Informations- u. Kommunikationstechnologien						
Bio- und Gentechnologien						
Neue Materialien						
Mikro- und Nanotechnologien						
Neue Energietechnologien						

Zu den Abkürzungen der zusammengefaßten restlichen Produktionsbereiche s. Tabelle 2.5

Tabelle 2.7: Hauptanwendungsbereiche von Schlüsseltechnologien

Schlüsseltechnologien	B&W	M	E&L	I&K	F&T	T&B	G	SGA
Informations- und Kommunikationstechnologien								
Bio- und Gentechnologien								
Neue Materialien								
Mikro- und Nanotechnologien								
Neue Energietechnologien								

Legende zu Tabelle 2.6 und 2.7:

	besonders enger Bezug
	von spezieller Bedeutung
	durchschnittliche Bedeutung

2.5 Anmerkungen zu speziellen Bereichen

Die zugrundeliegenden IO-Tabellen sind in Werteinheiten ausgewiesen, die Gütergruppen und Produktionsbereiche sind Aggregate höchst unterschiedlicher Güter und Betriebe. Die Zurechnung beruht jedoch produktionstheoretisch auf der Annahme eines homogenen Gutes pro Gütergruppe und identischer Betriebe, deren Technik als Leontief-Produktionsfunktion (konstante Inputkoeffizienten, Limitationalität) abgebildet wird. Wird die IO-Analyse nur für zeitlich punktuelle Untersuchungen verwendet, dann ist diese Annahme über die Produktionsfunktion nicht von Bedeutung: Die konstanten Inputkoeffizienten können als lokale Linearisierungen der die jeweiligen Aggregate beschreibenden Produktionsfunktionen aufgefaßt werden. Das eigentliche Problem ist die Heterogenität der Güter in einer Kategorie und die wertmäßige Erfassung.

Selbst bei Homogenität der Güter stellt die wertmäßige Erfassung ein Problem dar, falls Preisdifferenzierung vorliegt. Wenn der Preis systematisch nach Nachfragern in Gliederung der IO-Tabelle, z.B. nach Produktionsbereichen, differiert, dann ist die Lieferung in DM keine verlässliche Größe für die gelieferte Menge. Davon wird jedoch bei der Berechnung von Inputkoeffizienten ausgegangen. Bei Preisdifferenzierung entsteht also ein Fehler in der Zurechnung. Dieses Problem ist im Energie-

bereich am ausgeprägtesten und kann dort über die Verwendung eines Modells gemischter IO-Rechnung behoben werden (s. z.B. Weber, 1998).

Für andere Gütergruppen ist eher die Heterogenität der enthaltenen Güter von Bedeutung. Die Mengen der verschiedenen Güter in einer Gütergruppe werden mit ihrem Preis (DM/Mengeneinheit) gewichtet. Für eine Zurechnung eines Belastungsbeitrags ist allerdings eine Gewichtung mit Belastungsbeitrag/Mengeneinheit, also mit dem spezifischen Belastungsbeitrag, erforderlich (z.B. kg CO₂-Emissionen/Stück). Die Gewichtung verschiedener Güter würde sich dann i. allg. je nach Belastungsbeitrag unterscheiden, und damit auch die gesamte Verflechtungsmatrix. Wenn sich die verschiedenen unter eine Gütergruppe subsumierten Güter unterscheiden und nicht alle subsumierten Güter jeweils im konstanten Verhältnis an alle Nachfrager geliefert werden, entsteht wiederum ein Fehler, dessen Größe mit dem betrachteten Belastungsbeitrag variiert (ein Beispiel findet sich etwa in Bräutigam u.a., 1995). Diesen Fehler kann man prinzipiell durch eine Disaggregation einzelner Gütergruppen beheben, wobei das Ausmaß der Disaggregation vom jeweils relevanten Belastungsbeitrag abhängt. Bei einer Disaggregation muß der gesamte Input- und Outputvektor der neu gebildeten Gütergruppen konstruiert werden. Aufgrund des damit verbundenen Aufwandes und der erforderlichen Daten ist eine solche Aufspaltung nicht routinemäßig einzusetzen. Physische IO-Tabellen, die bisher nur in vorläufiger Form für das Jahr 1990 (Bezug: alte Bundesländer) vorliegen (Stahmer u.a., 1997), können wichtige Zusatzinformationen liefern.

In bezug auf die räumliche und zeitliche Zurechnung sind neben der Datenverfügbarkeit auch konzeptionelle Aspekte zu berücksichtigen. Die beiden Aspekte hängen über die Änderungen des Nettoauslandsvermögens einer Volkswirtschaft – also der Differenz aus inländischer Ersparnis und Investitionen – unmittelbar zusammen, da Nettokapitalimporte (einer die Devisenbilanz umfassenden, erweiterten Kapitalverkehrsbilanz) mit dem Leistungsbilanzdefizit identisch sind³⁰. Die Problematik wird pointiert anhand zweier Zurechnungskonzepte beschrieben: Einer bedarfsorientierten, bei der die Belastungsbeiträge der jeweiligen konsumtiven inländischen Endnachfrage unabhängig von Ent-

³⁰ Die Verbindung zwischen räumlicher und zeitlicher Zuordnung kann man sich auch wie folgt verdeutlichen: Netto kann weltweit aggregiert eine Akkumulation von Vermögen nur durch eine Zunahme des Realvermögens erfolgen. Da ein Leistungsbilanzüberschuß impliziert, daß die gesamtwirtschaftlichen Ersparnisse die gesamtwirtschaftlichen Investitionen um den entsprechenden Betrag übersteigt, weltweit die Ersparnisse aber den Investitionen entsprechen muß, muß dem Leistungsbilanzüberschuß eines Landes rein buchhaltungstechnisch eine Realvermögensakkumulation in einem andere Land gegenüberstehen, und das auch dann, wenn die Änderung des Nettoauslandsvermögens sich in Form von Geldvermögensänderungen darstellt.

stehungsort und -zeit zugerechnet werden sollen³¹; einer entstehungsorientierten, bei der die direkten Emittenten entscheidend sind. Die gesamten Belastungsbeiträge nach dem zweiten Konzept entsprechen denen, die nach dem Territorialprinzip in internationalen Vereinbarungen entscheidend sind und überwiegend in Statistiken ausgewiesen werden³². Die Unterschiede werden im folgenden exemplarisch anhand von Sachkapital erläutert.

Das Problem der zeitlichen Zuordnung ergibt sich aus der Veränderung des Kapitalbestandes einer Volkswirtschaft, also aus Akkumulation oder Abbau von Realvermögen bzw. aus Änderungen der Zusammensetzung. Diese Bestandsgrößen verändern ihren Wert durch die Strom-Abschreibungen (Werteverzehr, -verschleiß) und Investitionen³³. „Produktion“ (Investitionen) und „Verbrauch“ (Verschleiß) von Kapital fallen zeitlich auseinander. Verbrauchsorientiert muß deshalb Kapital entsprechend der zeitlichen Abfolge der Entwertung (Verschleiß) dem Verbrauch zugerechnet, der Verschleiß also als Vorprodukt behandelt werden. Ausgehend von der Produktion (entstehungsorientiert) erfolgt die zeitliche Zuordnung entsprechend der Abfolge der Bruttoinvestitionen. Die zeitliche Zurechnung ist nur dann identisch, wenn die Höhe der Abschreibungen den Bruttoinvestitionen entspricht, die Nettoinvestitionen (Kapitalakkumulation) mithin null sind, und die Produktion und Zusammensetzung der Kapitalgüter über die Zeit konstant bleiben. Diese Bedingungen sind für keine Kapitalart erfüllt, sie würden den unrealistischen Fall einer stationären Wirtschaft voraussetzen (näheres s. Anhang 1).

³¹ Der Staatsverbrauch - der von den Staatsausgaben zu unterscheiden ist - wird wie in der VGR als konsumtiv betrachtet, wenngleich dort auch als Vorleistungen zu interpretierende Teile enthalten sind. Die staatlichen Investitionen werden - ebenfalls wie in der VGR - unter „Investitionen“ subsumiert (zur Problematik des Staatsverbrauchs s. z.B. Frenkel/John, 1996, S.154 u. S.189; Stobbe, 1994, S.393). Ab 1999 wird sich die Abgrenzung des Staatsverbrauchs, der dann „Kollektivkonsum“ genannt wird, ändern. Kleinere Teile betreffen nichtmonetäre Übertragungen, die auf der Verwendungsseite jetzt nicht mehr beim Staat, sondern bei den Haushalten erscheinen. Die staatlichen Investitionen werden insbesondere aufgrund von Änderungen bei der Verbuchung militärischer Güter nun voraussichtlich größer werden, der Staatsverbrauch (bzw. Kollektivkonsum) entsprechend kleiner. Die gesamte Vermögensrechnung für den staatlichen Sektor wird ausgedehnt. Die Änderungen beim staatlichen Verbrauch und den staatlichen Investitionen betreffen direkt die IO-Tabelle: Die Vorgänge werden nun nicht mehr über einen Input der Produktionsbereiche „Leistungen der Gebietskörperschaften“ und „Leistungen der Sozialversicherungen“ verbucht, sondern direkt an die Letzte Verwendung (dort insbesondere Bruttoausstattungsinvestitionen bzw. Privater Verbrauch). Insbesondere beim Fahrzeugbau dürften deutliche Veränderungen erkennbar werden. Die Matrix A aus Abschnitt 2.3 ändert sich also aufgrund der neuen Verbuchung.

³² In Statistisches Bundesamt (1998, S.17ff.) werden Unterschiede zwischen verwendungs- und produktionsorientierter Erfassung und Zurechnung erwähnt. Da die als verwendungsorientiert bezeichnete Vorgehensweise sich von der hier gewählten in einigen Punkten unterscheidet, wird der Begriff bedarfsorientiert eingeführt.

³³ „Abschreibung“ meint hier stets die in der Betriebswirtschaftslehre als nutzungsbedingte (kalkulatorische) Abschreibung bezeichnete Kategorie. Diese ist von steuerrechtlichen und von handelsrechtlichen Abschreibungen zu unterscheiden. Die nutzungsbedingten Abschreibungen werden in der VGR geschätzt; die Zahlen sind *nicht* mit denen aus dem externen Rechnungswesen der Unternehmen vergleichbar.

Auch aus den Außenwirtschaftsbeziehungen resultieren Unterschiede zwischen einer bedarfs- und einer entstehungsorientierten Zurechnung. Im ersten Fall sind die mit den Importen verbundenen Belastungsbeiträge zu berücksichtigen und die mit den Exporten verbundenen nicht, während es im zweiten Fall gerade umgekehrt ist. Die Erfassung der Exporte stellt kein Problem dar. Exporte sind einfach eine Möglichkeit der letzte Verwendung von Gütern. Problematisch ist dagegen die Erfassung der Importe. Wenn man einen Belastungsbeitrag über die Verflechtungsmatrix Aktivitätsfeldern zurechnen will, dann muß man zuerst jeder Importgütergruppe einen spezifischen „primären“ Belastungsbeitrag zuordnen. Man kann die Belastungsbeiträge aus unabhängig erhobenen Daten abschätzen (Behrensmeier/Bringezu, 1995, S.20f.) oder annehmen, daß Importgüter denselben Umweltverbrauch aufweisen wie im Inland produzierte Güter derselben Gruppe (Weber et al. 1996a, S.124ff., Weber/Fahl, 1993). Im HGF-Projekt (und in Kapitel 7) wird die letzte Möglichkeit verwendet. Sofern Daten über die tatsächlichen Belastungsbeiträge bestimmter Importgüter von den Bearbeitern der Aktivitätsfelder geliefert werden, können diese berücksichtigt werden. Insbesondere bei einer räumlichen Erweiterung des Ansatzes – z.B. auf europäische Ebene – sind die Überlegungen von Stäglin (1998) zu berücksichtigen. Da die Richtung des Außenhandels stark durch die relative Faktorreichlichkeit bestimmt ist (s. z.B. Markusen u.a., 1995, S.225ff.), und auch Umweltnutzung als Produktionsfaktor aufzufassen ist, wird die Abschätzung durch im Inland produzierte Güter zu *systematischen* Fehlern führen. Zum einen ist zu vermuten, daß innerhalb einer Gütergruppe für Importe abweichende Produktionstechniken – und damit z. B. Emissionen – charakteristisch sind (im Extremfall sind es Güter, die im Inland nicht erzeugt werden, z.B. Bananen). Zum anderen unterscheiden sich auch die Produktionstechniken innerhalb einer bestimmten Importgütergruppe je nach Herkunftsland (z.B. Erdölgewinnung)³⁴.

Eine bedarfsorientierte Betrachtung führt also zu anderen Belastungsbeiträgen als eine entstehungsorientierte, was kein Fehler ist, sondern aus einer angemessenen Berücksichtigung der zeitlichen und räumlichen Zuordnung resultiert. Im HGF-Projekt werden die Ergebnisse so ausgewiesen werden,

³⁴ In Statistiken zum internationalen Handel sind in besonderem Maße die verschiedenen Abgrenzungen Deutschlands und verschiedene Bewertungsverfahren zu beachten. Für „Freizeit und Tourismus“ ist von Bedeutung, ob man Zahlen nach dem Inländer- oder Inlandskonzept vor sich hat. In „Mobilität“ ist die Abgrenzung Deutschlands insbesondere für Luftverkehr und Schifffahrt von großer Bedeutung. Gleichzeitig ist das Preiskonzept wichtig: Die Folgen unterschiedlicher Bewertung sind z.B. in Rose/Sauernheimer (1992, S.6f.) dargestellt. Dort wird auch deutlich, daß für eine Erfassung sämtlicher mit deutschen Im- und Exporten verbundenen internationalen Transporttätigkeiten ein Vergleich von nach verschiedenen Bewertungsschemen erstellten Leistungsbilanzen notwendig ist. Die IO-Tabellen sind nicht direkt mit den üblichen Zahlungsbilanzdaten vergleichbar. Aus den Aktivitätsfeldern sollten Daten, die denen der IO-Tabelle möglichst nahe kommen, für eine Gesamtdarstellung verwendet werden. D.h.: Inlands-, Spezialhandelskonzept, Importe: cif-Preise; Exporte: ab Werk-Preise (letzteres ist kaum zu finden, das nächste Konzept sind fas-Preise, dann fob-Preise).

daß die Herkunft der Unterschiede nachvollziehbar wird. Die Verbindung der einzelnen Untersuchungsebenen und die hierbei evtl. auftreten Schwierigkeiten werden in Kapitel 4 genauer dargestellt. Zuvor ist jedoch das noch fehlende Bestandteil des Konzepts zu diskutieren: Das umweltökonomische Simulationsmodell.

3. Gesamtwirtschaftliche umweltökonomische Simulationsmodelle

Da gesamtwirtschaftlichen umweltökonomischen Simulationsmodellen (USM) mit hinreichender sektoraler Disaggregation bei der Integration der verschiedenen Ebenen und der Entwicklung von Handlungsstrategien eine große Bedeutung zukommt, werden sie im folgenden ausführlich diskutiert³⁵.

Folgende USM wurden in Betracht gezogen³⁶:

1. LEAN-TCM (Universität Oldenburg)
2. GEM-E3 (ZEW Mannheim)
3. NEWAGE (IER Universität Stuttgart, ZEW Mannheim)³⁷
4. MIS (Bremer Energie Institut)
5. PANTA RHEI (Universität Osnabrück)
6. DIW-Modellverbund
7. RWI-Modellverbund

³⁵ Auf die Begriffe „Applied general equilibrium model“ oder „computable general equilibrium model“ wird aus zwei Gründen verzichtet und USM verwandt: 1. Zur Verdeutlichung, daß die Modelle verschiedene Emissionen endogen bestimmen. 2. Handelt es sich nicht durchweg um Modelle, die theoretisch an der allgemeinen Gleichgewichtstheorie (s. z.B. Varian 1985, S.194ff., Kreps, 1990, S.187ff.) ansetzen. Die dort ansetzen verwenden mitunter in einzelnen Teilen Elemente, die man nicht unbedingt erwarten würde - z.B. kurzfristigen Phillipskurven verwandte Zusammenhänge - und verwenden mit temporären Gleichgewichten ein Gleichgewichtskonzept, das ebenfalls kaum mit AGE assoziiert wird. Außerdem wird mitunter auch von einem allgemeinen Gleichgewicht gesprochen, wenn das Gesetz von Walras ex post gilt, womit dann alle gesamtwirtschaftlichen Modelle allgemeine Gleichgewichtsmodell genannt werden könnten. Um Verwirrung zu vermeiden, wurde deshalb USM gewählt.

³⁶ Modelle wie RICE, GLOBAL 2100, MERGE, GREEN, WARM sind für den hier verfolgten Zweck ungeeignet, da die sektorale Gliederung nicht hinreichend tief ist, um technologische Entwicklungen in verschiedenen Produktionsbereichen konkreter diskutieren zu können. Derartige Modelle können bei gewünschter räumlicher und zeitlicher Ausdehnung der Analyse auf stärker aggregiertem Niveau über die hier betrachteten USM gelegt werden (zu den Modellen s. Schmidt, 1999, 80ff.). Das gleiche gilt für SUE (Wuppertalinstitut), das eine Materialflußrechnung enthält. Falls eine Materialflußrechnung erwünscht ist, ist darauf hinzuweisen, daß in PANTA RHEI eine an das Modell gekoppelte Materialflußrechnung gegenwärtig in der Testphase ist (zu SUE s. <http://www.wuperinst.org/Projekte/Sue>). Das Institut für Weltwirtschaft, Kiel, entwickelt ein USM, das wohl in etwa den gleichen Lösungsalgorithmus wie NEWAGE verwenden wird und dessen theoretischer Hintergrund den ersten drei genannten Modellen entsprechen dürfte.

³⁷ Das Modellsystem (es handelt sich um ein Welt-, ein Europa- und ein Deutschlandmodell) wurde nach Mitteilung von Frau Kemfert (IER) von Tom Rutherford (Universität Colorado) im Auftrag des IER entwickelt. Das IER erweitert das Modellsystem, das dann CLIMA genannt werden wird, insbesondere um teilweise ökonometrisch geschätzte Modelle, so daß das IER Modelle zur Verfügung haben wird, die konzeptionell die Vorteile von PANTA RHEI mit denen von NEWAGE zu vereinen versuchen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf NEWAGE, wie es Anfang 1999 vorlag. NEWAGE ist auch beim ZEW im Einsatz und wird dort gegenwärtig mit GEM-E3 abgeglichen.

Zu beachten ist, daß die USM überwiegend für die Verbindung von umwelt- und energieökonomischen Fragestellungen entwickelt wurden, und die folgende Beurteilung nichts mit der Eignung für diesen Zweck aussagt. Warum USM verwendet werden sollen, welche Anforderungen an sie zu stellen sind und wie die Anbindung an die Aktivitätsfeldanalyse erfolgt, wird zuerst dargelegt. Nach einer Darstellung der allgemeinen Grenzen der USM werden die USM diskutiert. Anschließend wird eine Modellwahl vorgeschlagen.

Grundlagen der Diskussion sind die Expertise von Frohn u.a. (1998) zur Modellwahl, der Endbericht zum Modellexperiment 1 des „Forums Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalyse“ (Forum, 1999), ein Gutachten für den wissenschaftlichen Beirat zur UGR (Frohn u.a., 1998 a) sowie eine Literatursichtung³⁸.

3.1 Begründung des Einsatzes von USM

Aus dem Ziel einer integrativen, flächendeckenden Untersuchung ergibt sich für den Aktivitätsfelderansatz unmittelbar die Begründung für den Einsatz von USM. Denn eine Vielzahl ökonomisch relevanter Größen ist nur unter Betrachtung der gesamten Volkswirtschaft sinnvoll analysierbar. Zu diesen Größen gehören beispielsweise Arbeitslosigkeit, Inflationsraten, Wachstum, Konsumausgaben, Investitionen, das staatliche Budgetdefizit und Außenhandelsströme. Eine Aggregation derartiger Größen aus *unabhängig* durchgeführten Untersuchungen in Teilsystemen (z.B. Aktivitätsfeldern) ist – wenn insgesamt flächendeckend vorgegangen wird – nahezu unmöglich; typischer Weise werden dabei Budgetrestriktionen zumindest einzelner Wirtschaftsakteure verletzt. D.h.: Knappheiten werden mißachtet, ökonomische Probleme werden dann nicht entschieden, sondern nicht berücksichtigt. Da das Ziel eine flächendeckende Untersuchung ist, muß ein *gesamtwirtschaftliches* Simulationsmodell verwendet werden. Zusätzlich sind quantitative Aussagen auf der aggregierten Ebene unverzichtbar, um die Umsetzbarkeit von Entwicklungsstrategien abzuschätzen. Denn ein Teil der Vorschläge könnte beispielsweise Investitionen oder Staatsausgaben implizieren, die in ihrer Summe unplausible Ausmaße erreichen könnten. Da die USM zusätzlich sowohl ökonomische Größen als auch Werte für Emissionen und evtl. einige soziale Indikatoren liefern, unterstützen sie als *umweltökonomische* Modelle auch eine integrative Vorgehensweise. Die Bezugnahme der

³⁸ Literatur zu den USM wird nur eigens aufgeführt, sofern es sich um hier besonders bedeutsame oder sehr aktuelle Veröffentlichungen handelt. Weitere Literatur ist auch nicht in das Literaturverzeichnis aufgenommen, sie ist z.B. in Frohn u.a. (1998, 1998a) zu finden.

USM auf die VGR, insbesondere auf IO-Tabellen, gewährleistet, daß der Aktivitätsfelderansatz prinzipiell auch in Szenarien durchgehalten werden kann. Zusätzlich strukturiert und fördert ein USM die Diskussion über grundlegende Trends. Sie gewährleisten damit auch in Szenarien den Zusammenhalt der einzelnen Aktivitätsfelder.

Das USM hat also die Aufgabe, Informationen über Interdependenzen zu liefern, mit deren Hilfe insbesondere die Konsistenz der Analysen aus einzelnen Aktivitätsfelder gesichert und die Entwicklung von Handlungsstrategien unterstützt wird. Aus Simulationsläufen der USM lassen sich noch keine Handlungsstrategien ableiten. Sie liefern jedoch konkrete Hinweise auf zu beachtende Interdependenzen und Vorstellungen über Größenordnungen bestimmter Effekte. Die wesentliche Arbeit besteht in einer sorgfältigen Interpretation der Ergebnisse. Für die Bewertung und die Entwicklung von Handlungsstrategien sind daneben regionale und andere nicht direkt ins USM integrierbare Aspekte zu beachten. Die USM sind deshalb als notwendiges aber nur unterstützendes Instrument anzusehen.

3.2 Anforderungen an das USM

Als Grundlage für die Bewertung der USM werden nun Anforderungen formuliert, die auf den konzeptionellen Überlegungen zum Aktivitätsfelderansatz und dem Zweck des Modelleinsatzes basieren. Die Anforderungen richten sich einerseits nach der angestrebten Zielsetzung, andererseits nach dem Realisierbaren.

Alle vorhandenen USM sind für Untersuchungen des Energiebereichs und der dort entstehenden Luftschadstoffemissionen entwickelt worden. Da in dem Projekt auch viele andere Emissionen und Umweltbeeinträchtigungen von Bedeutung sind, besteht hier ein Modifikationsbedarf. Ansatzpunkt für die Modifikation ist die UGR. Sowohl die UGR als auch die USM verwenden eine prinzipiell mit den Input-Output-Tabellen kompatible Datenstruktur. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, eine Vielzahl weiterer Umweltbeeinträchtigungen in diese Modelle zu integrieren oder an sie anzukoppeln. Die USM ermöglichen dann auch eine Zurechnung der entsprechenden Belastungsbeiträge auf die verschiedenen Nachfrager der Güter und Vorprodukte und die Verwendungszwecke des Konsums bzw. auf die einzelnen Aktivitätsfelder. Für die Erweiterung und Auswertung ist allerdings auch eine entsprechende Gliederung der letzten Verwendung und der Produktionsbereiche erforderlich. USM, die im Vergleich zur IO-Tabelle stark aggregierte oder umstrukturierte Produktionsbereiche verwenden, kommen kaum in Frage, da eine entsprechende Anpassung einen erheblichen Arbeitsaufwand bedeutet und diese USM in der vorhandenen Form keine hinreichend konkrete Verbindung zu den

Arbeiten in den einzelnen Aktivitätsfeldern liefern. Auf der Verbrauchsseite sollte aus dem gleichen Grund eine Gliederung nach Verwendungszwecken vorhanden sein.

Um den integrativen Ansatz zu unterstützen, sollten neben Umweltbeeinträchtigungen auch soziale Indikatoren im USM integriert sein. Selbstverständlich sind makroökonomische Größen, die auch sozial bedeutsam sind, z.B. Beschäftigtenzahl, enthalten. Um auch weitere soziale Größen erfassen zu können, insbesondere zur Verteilung, ist eine Unterscheidung verschiedener Haushaltstypen wünschenswert³⁹. Da die Beiträge von Technologien zu einer nachhaltigen Entwicklung abgeschätzt werden sollen, ist die Darstellung von „Technischem Fortschritt“ bzw. die Möglichkeit, technischen Fortschritt zu implementieren, wichtig.

Als Anforderung formuliert ergibt sich:

- die Produktionsbereiche/Gütergruppen sollten stark disaggregiert sein, die Einteilung sollte möglichst den IO-Tabellen des Statistischen Bundesamtes entsprechen;
- der private Verbrauch sollte Verwendungszwecken zugeordnet sein, die möglichst entsprechend der IO-Tabelle des Statistischen Bundesamtes gegliedert sein sollten;
- die Berücksichtigung verschiedener Haushaltstypen wäre wünschenswert, um Verteilungssichtspunkte aufnehmen zu können;
- „technologischer Fortschritt“ sollte angemessen implementierbar sein.

Weiterhin soll ein Modell-Tool erstellt werden, in das das USM einzubinden ist. Dies setzt voraus, daß zumindest einfache Szenarien im USM nach Beendigung des HGF-Projekts nahezu selbständig entworfen und interpretiert werden können⁴⁰. Das USM muß dann auch ständig aktualisiert und gepflegt werden. Die Ressourcen dafür sollten nicht allein von der HGF – sei es nun durch Auftragsvergabe oder eigene Arbeit bereitgestellt werden müssen. Die Modellentwickler sollten also unabhängig von der HGF einen Anreiz haben, das Modell zu aktualisieren. Dies ist am ehesten dadurch gewährleistet, daß das Modell in einem verlässlichen institutionellen Rahmen anderweitig genutzt wird⁴¹. Um verschiedene Möglichkeiten einer Einbindung in ein Modell-Tool offen zu halten, ist es sinnvoll, ein USM zu wählen, das vollendogenisiert ist – also ein geschlossenes ökonomisches System enthält – und auch mathematisch und programmierungstechnisch als geschlossenes System implementiert ist.

³⁹ Eine funktionelle Einkommensverteilung, also die Aufteilung des BIP auf Arbeits- und Vermögenseinkommen, ist enthalten.

⁴⁰ Man muß wohl eine mindestens ein Jahr lange intensive Beschäftigung mit einem USM voraussetzen, bevor die Modellstruktur verstanden wird. Kompliziertere Szenariorechnungen - z.B. zu konkreten technologischen Entwicklungen - werden erst nach längerer Einarbeitungszeit sinnvoll sein.

⁴¹ Um entsprechende Vorteile nutzen zu können, sollte eine über den Zeitplan des HGF-Projekts hinausgehende langfristige Kooperation erwogen werden.

Bei der Wahl eines USM ist auch zu beachten, daß das Untersuchungskonzept langfristig auch international ohne größere Adaptationen in vergleichbarer Form anwendbar sein sollte, um dann das globale Problem einer nachhaltigen Entwicklung auch international analysieren zu können. Dies läßt ökonomische Modelle vorteilhaft erscheinen, die in einen internationalen Verbund eingegliedert sind, der langfristig eine Aufrechterhaltung und einen Ausbau der Modelle sowie den zusätzlich Einbezug weiterer Länder erwarten läßt. Das USM sollte also

- vollendogenisiert,
- als geschlossenes mathematisches System implementiert und
- in eine internationale Modellgruppe integriert sein sowie
- autonom eine ständige Aktualisierung erwarten lassen.

3.3 Anbindung an die Aktivitätsfelderanalyse

Die Übernahme von Ergebnissen aus den einzelnen Aktivitätsfeldern wird notwendigerweise mit einem Informationsverlust einhergehen. Deshalb wird eine wesentliche Aufgabe der Bearbeiter der einzelnen Aktivitätsfelder in Selektion und Zusammenfassung der wichtigsten Trends und Szenarien bestehen. Die Zusammenfassung muß so erfolgen, daß sie in das USM aufgenommen werden kann. Für eine konkrete neue *Technologie* sind etwa folgende Informationen nötig:

1. Welche Vorprodukte und Produktionsfaktoren werden für die Produktion des neuen technologischen Gutes benötigt?
2. Handelt es sich um ein Substitut für andere Güter, sind andere Güter Komplementäre? Wie eng sind vermutlich die Beziehungen?
3. Wie schnell breitet sich die Technik (auf welche Bereiche) aus?
4. Wie ändern sich die relevanten Emissionskoeffizienten (Energie-, Ressourceneinsätze)?

Für Änderungen der *Präferenzen*:

1. Von welchen Gütern wird mehr/weniger konsumiert? Oder: Welche neuen Kriterien spielen bei der Konsumententscheidung eine Rolle?
2. Ändert sich die Spartenentscheidung?
3. Ändert sich die Arbeitsangebotsentscheidung?

Bei der Präferenzänderung ist zu beachten, daß in allen USM Reaktionen der Konsumenten auf Preisänderungen, Zins- und Lohnänderungen enthalten sind. Es geht also darum, inwieweit sich diese *Reaktionen* ändern. Ebenso gilt für technologische Neuerungen, daß Reaktionen auf Preisänderun-

gen bereits abgebildet sind. Man kann z.B. die Energieintensität (bezogen auf die Wertschöpfung) in einem Produktionsbereich oder der Gesamtwirtschaft also *nicht* einfach vorgeben⁴². Vielmehr muß man die zeitliche Entwicklung der Energieintensität eines Produktionsbereiches für den Fall vorgeben, daß sich die Preise nicht ändern (bzw. für bestimmte Preisänderungen, woraus die Entwicklung ohne Preisänderung zu bestimmen ist). Über diese Vorgabe errechnet das USM dann die Preisänderungen und die Anpassungsprozesse, aus denen die „tatsächliche“ Energieintensität resultiert. Den ökonomischen Teil der USM kann man sich als eine Reihe nichtlinearer Rückkopplungsprozesse vorstellen (Märkte), die nichtlinear miteinander verbunden sind (simultane Entscheidung jedes Akteurs über sämtliche wirtschaftliche Aktivitäten). Wenn man dort z.B. eine größere Zahl neuer Technologien über feste wertmäßige Inputkoeffizienten einfügt, untersucht man deren ökonomischen Wechselwirkung nicht, man schließt sie aus. Um Änderungen der Technologie und der Präferenzen in einem USM darzustellen, ist ein intensiver Austausch zwischen den Bearbeitern der Aktivitätsfelder und den Modellentwicklern notwendig. Dabei müssen die im USM zu ändernden Parameter identifiziert und zeitabhängig spezifiziert werden (näheres s. Anhang 2).

In einem Szenario liefert das USM für jedes Jahr eine IO-Tabelle in der verwendeten Gütergruppen- und Letzte-Verwendung-Gliederung. Zusätzlich ist für alle berücksichtigten Belastungsbeiträge ein Vektor enthalten, der die wirtschaftlichen Aktivitäten mit den direkt durch sie hervorgerufenen Emissionen verknüpft. Auch ein vollständiger Import- und Exportvektor ist erkennbar, eine Investitionsmatrix nach liefernden und verwendenden Produktionsbereichen zumindest konstruierbar. Damit kann man für alle derartigen Belastungsbeiträge das gleiche Zurechnungsmodell wie bei der Bestandsaufnahme benutzen, sofern man die Gliederung des USM verwendet. Das Zurechnungsmodell wird für bestimmte Anwendungsbereiche allerdings feiner untergliedert werden, so daß hier ein Aggregationsstufe zwischenschalten ist. Emissionskoeffizienten etc., die nicht im USM erfaßt sind, müssen in den Aktivitätsfeldern eigens abgeschätzt werden.

Die USM in Verbindung mit einem Zurechnungsmodell können ihre Funktionen nur erfüllen, wenn während des Arbeitsprozesses der Entwurf von Szenarien im Auge behalten wird. Die Einbindung des USM und der Zurechnungsmodelle wird um so besser gelingen, je frühzeitiger und konkreter die

⁴² In NEWAGE kann man mathematisch in *einem* Produktionsbereich *verschiedene* Produktionsprozesse vorgeben, was der Vorgehensweise in technisch orientierten linearen Optimierungs(LP-)modellen entspricht. Ein bestimmter Prozeß wird nicht gewählt, wenn andere Prozesse oder Importe des Gutes zur Verfügung stehen, die billiger sind. Will man die Technik in das USM zwingen, so muß man explizit angeben, wer die erhöhten Kosten wie bezahlt. Im Gegensatz zu linearen Programmierungs(LP-)modellen werden die Kosten über die endogenen Faktorpreise ermittelt.

Abstimmung zwischen einer Weiterentwicklung der USM, der Entwicklung von Zurechnungsmodellen und der Bearbeitung einzelner Aktivitätsfelder erfolgt.

3.4 Grenzen der USM

„Ein Modell, das die ganze Buntheit der Wirklichkeit berücksichtigte, würde nicht nützlicher sein als eine Landkarte im Maßstab Eins zu Eins.“ (Joan Robinson)

„Die kleineren Maßstäbe erfordern eine stärkere Generalisierung der Geländeformen ... Das rechte Vereinfachen, Zusammenfassen oder auch Weglassen ist eine sehr wichtige Arbeit ... Ein Zuviel in der Darstellung wirkt sich hier ebenso nachteilig aus wie ein Zuwenig.“ (Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein; zitiert nach: Brems, H. (1980): Dynamische Makrotheorie, Tübingen, S.144))

Jedes Modell wird für ein bestimmtes Untersuchungsziel entworfen: Die USM für die Klärung der Zusammenhänge zwischen energiepolitischen und ökonomischen Fragestellungen, wobei insbesondere ökonomische Folgen des Einsatzes alternativer Instrumente zur Reduktion energiebedingter Luftschadstoffemissionen betrachtet werden. Aufgrund der breiten Streuung von energiepolitischen Maßnahmen sind die USM sektoral stark disaggregiert und aufgrund des notwendigen Zeithorizonts für klimapolitische Fragen längerfristig angelegt, was insgesamt zu einer guten Eignung für das HGF-Projekt beiträgt. Jedoch sind die prinzipiellen Grenzen eines USM zu bedenken.

In allen USM wird die Volkswirtschaft als Punkt abgebildet, jedes weitere erfaßte Land kann ebenfalls als Punkt verstanden werden. Falls entsprechende Daten zur Verfügung stehen, kann man diesen Punkt natürlich zu einer Fläche aufspannen. Sobald man aber zu Szenarien übergeht, muß man entweder eine einfache Verteilung der kumulierten Änderungen auf die Fläche annehmen (z.B. eine proportionale Verteilung auf die Fläche), oder man muß die räumliche Verteilung (z.B.: Bevölkerungsbewegungen, Agglomerationseffekte in einzelnen Industrien⁴³) explizit modellieren. Die erste Möglichkeit ist unbefriedigend, aber als Ausgangspunkt immerhin brauchbar. Von der zweiten ist aufgrund des geringen Wissens abzuraten. Räumliche Veränderungen müssen außerhalb des USM abgehandelt werden.

Ökonomische Aktivitäten beruhen auf den gegenwärtigen und erwarteten sozialen, politischen und technischen Bedingungen. Ökonomische Modelle sind gut geeignet, unter prinzipieller

⁴³ Diese Effekte sind in der „neuen Wachstumstheorie“ von entscheidender Bedeutung. An ihnen scheitert die traditionelle Wachstumstheorie: Die leidlich passende Empirie zu Wachstumsunterschieden zwischen Ländern impliziert zusammen mit den aus diesen Modellen abgeleiteten Anpassungsgeschwindigkeiten bei genauerem Hinsehen deutlich zu geringe lang anhaltende internationale Preisunterschiede einzelner Faktoren (s. z.B. Mankiw (1995) u. der Kommentar von Romer (1995)).

Beibehaltung dieser Bedingungen die Wirkung von einzelnen Veränderungen (z.B. CO₂-Steuer) auf die gesamte Volkswirtschaft abzubilden. Unter „prinzipieller Beibehaltung der Bedingungen“ ist zu verstehen: Die sozialen und politischen Bedingungen bleiben so, daß alle Akteure auf Änderungen ökonomischer Größen (Preise, Einkommen etc.) wie in der Vergangenheit reagieren. Die Art der funktionalen Abbildungen der Reaktionen ist von theoretischen Erwägungen oder Plausibilitätsüberlegungen bestimmt. Die Parameter werden – soweit möglich – aus verschiedenen Statistiken übernommen oder statistisch geschätzt; die Bandbreite des Wertes eines Parameters kann durchaus erheblich sein. Dies resultiert aus Güte, Verfügbarkeit und Interpretation von Daten. Ein Großteil von Parameterschätzungen beruht beispielsweise auf Zeitreihen mit weniger als 20 Beobachtungen; mehr Daten sind nicht vorhanden. Dies gilt für die alten Bundesländer. Für die neuen Bundesländer sind entsprechende Daten teilweise überhaupt nicht vorhanden, Zeitreihen sind auf jeden Fall zu kurz. Die Datenproblematik für die neuen Bundesländer impliziert, daß jedes die gesamte Bundesrepublik umfassende USM gröbere Schätzungen oder plausible Annahmen verwenden muß.

Die Probleme der Modelle liegen in der Darstellung von Innovationen und „Entdeckungen“⁴⁴. Technische Innovationen könnten über Zeittrends bestimmter Parameter, die sich aus Potentialabschätzungen und Erfahrungswerten ergeben, implementiert werden. Auch eine Darstellung der zeitlichen Diffusion einer neuen Technik ist prinzipiell auf gleiche Weise möglich. Soziale Änderungen könnten ähnlich eingeführt werden. In bezug auf Innovationen ist darauf zu verweisen, daß noch kein USM explizit Humankapitalakkumulation und deren Auswirkungen erfaßt. Eine Entdeckungen und Innovationen tendenziell prämierende und damit selbst hervorbringende Organisationsform, wie eine Marktwirtschaft, entzieht sich allerdings aus inhärenten Gründen einer zuverlässigen Langfristprognose. Was unter „längerer Frist“ zu verstehen ist, hängt von der Häufigkeit von Entdeckungen und der Geschwindigkeit ihrer Ausbreitung ab. Zu nennen sind z.B. Innovationen im Kommunikations- oder im Computersektor, die aus technischen Entdeckungen resultierten, aber auch die Entdeckung neuer Managementformen. Die wesentliche Frage ist, wie schnell eine Entdeckung zu einer Innovation führt und die Innovation abläuft, und in welcher Breite sie das Wirtschaftsleben erfaßt. Dies hängt beispielsweise von der Zeit ab, die für den Aufbau (Umbau) von Produktionsanlagen für das neue Gut benötigt wird und von der Ausstattung mit dem zu ersetzenden Produkt und dessen Restlebenszeit.

Die Innovationsgeschwindigkeit hängt daher auch von der „Geschichte“ einer Industrie ab⁴⁵, wobei die Abnutzung auch sozial oder politisch bedingt sein kann. Ökonomische Aussagen über mehrere Jahrzehnte hinweg können deshalb kaum als Prognose aufgefaßt werden, sondern eher als „Modellexperiment“. Das „Modellexperiment“ trägt zur Identifikation der neuralgischen ökonomischen Zusammenhänge, zum Verständnis der politischen Alternativen und zur Diskussion ökonomischer Wirkungen bei⁴⁶.

Ein USM bietet auch keineswegs den state of the art der Wirtschaftswissenschaften in allen hier besonders interessierenden Bereichen (z.B. zum Arbeitsmarkt: Effizienzlöhne, Insider-Outsider-Ansätze⁴⁷). Schon deshalb nicht, weil für ein solches Modell kaum ein Lösungsalgorithmus zu finden wäre. Zusätzlich besteht das Entscheidende bei der Modellentwicklung in einer Konzentration auf den jeweils interessierenden Sachverhalt. Die besonders wichtig erscheinenden Zusammenhänge sind dann genauer spezifiziert als andere und einige sind ganz weggelassen⁴⁸. Bei einer Verwendung der USM für eine allgemeine Untersuchung zur nachhaltigen Entwicklung ist das Ziel des Modelleinsatzes nicht eng bestimmt. Deshalb erscheinen eine große Anzahl von Erweiterungen als wünschenswert. Allerdings wird mit jeder Erweiterung die Interpretation der Simulationsläufe erschwert. Gleichzeitig erfordern derartige Erweiterungen einen

⁴⁴ Die Begriffe werden entsprechend der Kategorisierung durch Faber/Proops (1998, insbesondere S. 49ff.) [„innovation“ und „invention“] verwendet. „Invention“ ist dort begrifflich einer „genotypic evolution“ zugeordnet und beinhaltet eine Veränderung der Menge des bekannten Möglichen. „Innovation“ wird begrifflich einer „phenotypic evolution“ zugeordnet und beinhaltet die Realisierung neuer Elemente aus der Menge des bekannten Möglichen. Eine Trennung von Erfindung und Innovation dürfte im ökonomischen und sozialen Bereich mitunter äußerst schwierig sein.

⁴⁵ Ein weiterer stabilisierender Faktor kann in der Erwartungsbildung und Informationsverarbeitung liegen. In diesem Zusammenhang wird z.B. das Wechselspiel zwischen Institutionen und Kognition untersucht (s. z.B. Streit u. a. (1997)).

⁴⁶ Ebenso unangemessen wie die Erwartung einer detaillierten Prognose auf ca. 30 Jahre ist eine aus der enttäuschten Erwartung resultierende Ablehnung von Modellexperimenten. Zum positiven Gehalt der auf den ersten Blick mitunter unrealistisch anmutenden Informations- und Verhaltensannahmen s. Heiner (1989) und die in Leininger (1996, S.30ff.) zusammengefaßten Ergebnissen aus Laborexperimenten zu Marktprozessen (in sog. „Doppelten Auktionen“). S. auch die Diskussion in Kreps (1990, S.193ff.). Zur normativen Bedeutung neoklassischer Modelle s. Sohmen (1992, Kapitel 2 u. 3), wobei jedoch anzumerken ist, daß USM typischer Weise second best-Analysen erstellen, die als Grundlage einer Wirtschaftspolitik problematisch sind (s. Sohmen, 1992, Kapitel 12; Frey/Kirchgässner 1994, S.101f.), insbesondere da einige Modellbearbeiter ihre Szenariorechnungen auch nicht als Prognosen verstanden wissen wollen (dem wird hier auch gefolgt, s.o.). Dieser Sachverhalt scheint für USM in seiner Bedeutung für die Praxis der wirtschaftspolitischen Beratung noch unzureichend diskutiert zu sein. Eine Diskussion könnte entlang Frey/Kirchgässner (1994, S. 102; S, S. 481 u. S. 483 ff.) verlaufen. Das Problem bleibt in gleicher Weise erhalten, wenn man wohlfahrtsökonomische Analysen ablehnt: Es ist keine Bezugnahme auf eine ordnungspolitische Konzeption erkennbar. Das Problem ist keineswegs auf USM beschränkt.

⁴⁷ Als Beispiel für ökonomische Ansätze, die man bestenfalls skizzenhaft in ein USM integrieren kann, sei die für das HGF-Projekt mitunter interessante Verbindung von Innovation, Wachstum, Konjunkturschwankungen, Arbeitslosigkeit und der Ebene der Lohnverhandlungen (national, im einzelnen Betrieb oder dazwischen) genannt (s. z.B. Palokangas, 1997; Caballero/Hammour, 1996).

⁴⁸ Z. B. enthält ein Großteil der USM keinen Geldmarkt (der Kapitalmarkt ist natürlich überall abgebildet).

erheblichen Arbeitsaufwand. Man sollte deshalb zu implementierende Erweiterungen genau auswählen und ansonsten das Gewicht auf die Möglichkeit einer Ankoppelung anderer Modelle legen.

3.5 Überblick über die USM

Die betrachteten USM werden in **Tabelle 3.1** in einem Überblick dargestellt. Die USM wurden aufgrund ihrer Größe und ihrer Nichtlinearität nicht mathematisch auf Stabilität untersucht. Es werden Sensitivitätsanalysen u.ä. durchgeführt, wie es z.B. in Pindyck/Rubinfeld (1998, S.421f.) für derartige Modelle empfohlen wird. „Institutionen“ geben jeweils an, wo die Modellentwickler gegenwärtig tätig sind oder die Modelle gegenwärtig weiterentwickelt werden. Nicht eigens aufgeführt ist, daß sämtliche USM aufgrund ihrer energiepolitischen Ausrichtung nur Luftschadstoffemissionen berücksichtigen.

Tabelle 3.1: Überblick über die Modelle

	Institution			Verwendungs Zwecke	Gütergruppen
LEAN-TCM	Universität Oldenburg	vollendogen	kalibriert (1985)	nicht erkennbar	stark aggregiert
GEM-E3	ZEW	vollendogen	kalibriert (1985)	andere Gliederung	stark aggregiert
NEWAGE	IER (ZEW)	vollendogen	kalibriert	nicht erkennbar	etwa IO-Tabelle
MIS	Bremer Energie Institut	teilendogen (Investitionen)	kalibriert (1995)	nicht erkennbar	stark aggregiert, umstrukturiert
RWI-Modellverbund ^{a)}	RWI	(vollendogen)	ökonometrisch	weniger als IO-Tabelle	etwa IO-Tabelle
DIW-Modellverbund ^{a)}	DIW	(vollendogen)	ökonometrisch	?	etwa IO-Tabelle
PANTA RHEI	Universität Osnabrück	vollendogen	ökonometrisch	mehr als IO-Tabelle	IO-Tabelle

a) Die Einteilung ist nur für einzelne Komponenten des Modellverbundes zutreffend.

	Anbindung an andere Modelltypen	Internationale Modellgruppe	inhaltliche Besonderheiten	sonstiges
LEAN-TCM	Energiesystem LP			neoklassisches Entscheidungsverhalten
GEM-E3		EU-weit	Schadstoffdiffusion, Ozonentstehung	neokl. Entscheidungsverhalten
NEWAGE	Energiesystem LP	(Varianten: nationales, Europa- und Weltmodell)	Verschiedene Haushaltstypen, Technik direkt integrierbar	neokl. Entscheidungsverh., evtl. intertemporales Gleichgewicht
MIS	Energiesystem LP			tlw. neokl. Entscheidungsverh.
RWI-MV				
DIW-MV				
PANTA RHEI		ökonomisch bedeutendste Staaten		Entscheidungsverh.: ad hoc-Annahmen;

				kommerzielle Nutzung
--	--	--	--	----------------------

In der ersten Spalte sind die Namen der jeweiligen Modelle angegeben. Modellverbund bedeutet, daß eine Reihe nicht fest miteinander gekoppelter Modelle verwendet werden. Die einzelnen Modelle sind für verschiedene Aufgaben im Einsatz (z.B. als Konjunkturmodell). Wenn ein konkretes Projekt ansteht, werden die zur Bearbeitung notwendig erscheinenden Modelle herausgegriffen und evtl. angepaßt. Die Szenariorechnung läuft über einen iterativen Prozeß, in dem in jedem Schritt die Ergebnisse in den einzelnen Modellen auf Plausibilität überprüft und die Implikationen der Ergebnisse aus einem Modell an die anderen Modelle weitergegeben und dort wiederum auf Plausibilität überprüft werden. Diese Methode ist sehr arbeitsaufwendig und erfordert erheblichen ökonomischen Sachverstand und Erfahrung. Ein Modellverbund erfüllt folgende Anforderungen nicht: Er ist nicht als geschlossenes mathematisches System implementiert und nicht international in eine Modellgruppe integriert. Wenn im HGF-Projekt ein Modell-Tool zusammengestellt werden soll und langfristig geplant ist, das Konzept auf weitere Länder auszudehnen oder das USM innerhalb der HGF für eigene Analysen zu verwenden, dann sind Modellverbände wenig geeignet. Sie erfordern auf jeden Fall eine langfristige Kooperation, wobei im Gegensatz zu anderen USM ökonomische Szenarien dauerhaft vom RWI bzw. DIW durchgeführt werden müßten. Aus diesen Gründen werden die beiden Modellverbände im weiteren nicht mehr diskutiert.

MIS ist von den betrachteten Modellen das einzig teilendogene. Es ist nachfragegetrieben und berechnet im wesentlichen für das vorgegebene Wachstum der gesamten Nachfrage und deren sektorale Aufteilung über einen Akzeleratorprozeß die erforderlichen Investitionen. Dabei werden durch die Vorgaben bedingte Änderungen der Verteilungsseite des BIP und der Vorleistungsverflechtung auch über ein Preismodell berücksichtigt. Insgesamt müssen bedeutsame Größen vorgegeben werden, was die Eignung des Modells einschränkt. Da gleichzeitig die IO-Tabelle stark aggregiert und vor allem umstrukturiert ist, ist MIS kaum mit einer Aktivitätsfeldanalyse zu verbinden. Auch dieses Modell wird im folgenden nicht mehr diskutiert.

Die restlichen vier USM können in zwei Klassen geteilt werden: In LEAN-TCM, GEM-E3 und NEWAGE ist das Entscheidungsverhalten überwiegend neoklassisch⁴⁹ modelliert und die Modelle sind kalibriert. D.h. die Modellparameter werden aus anderen Schätzungen übernommen und so gewählt, daß die Modelle für ein bestimmtes Basisjahr die volkswirtschaftlichen Daten korrekt liefern. Das aktuelle verwendete Basisjahr ist in Klammern angegeben. 1985 ist das aktuelle Datum der für alle EU-Staaten vorhandenen IO-Tabellen. Mit der Umstellung der VGR haben sich die EU-Staaten auch verpflichtet, IO-Tabellen an Eurostat zu liefern. In absehbarer Zeit sollten neue IO-Tabellen vorliegen. Im Gegensatz zu einer Kalibrierung werden in PANTA RHEI für jede Entscheidung ad hoc bestimmte Größen als wichtig postuliert. Dann erfolgt eine statistische (ökonometrische) Schätzung. Die in der statistisch „besten“ Schätzgleichung enthaltenen Größen gehen mit den geschätzten Koeffizienten als Entscheidungsfunktion in das Modell ein. Die Umstellung der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung birgt für PANTA RHEI ein besonderes Problem, da die Zeitreihen unterbrochen werden. Ob die IO-Tabellen in der alten Gliederung weitergeführt werden, oder IO-Tabellen nach der neuen Gliederung auch für vergangene Jahre berechnet werden, ist noch unklar⁵⁰.

⁴⁹ Man könnte neben der konkreten Abbildung von Zielfunktionen auch rationale Erwartungen bzw. ohne Unsicherheit perfekte Voraussicht unter „neoklassisches Entscheidungsverhalten“ subsumieren. Dies wird hier nicht getan, hier wird nur auf die verwendeten Zielfunktionen Bezug genommen. Man könnte die drei Modelle auch alternativ als „mikroökonomisch fundiert“ bezeichnen. Mit dem Einbau von einer in etwa der kurzfristigen Phillipskurve entsprechenden Funktion (in allen drei Modellen als Variante möglich), die (klassische) Arbeitslosigkeit hervorruft, wird die Mikrofundierung teilweise verlassen. In Bezug auf die Information und Erwartungsbildung unterstellen alle Modelle (auch PANTA RHEI) myopische Erwartungen; die Akteure kennen den gleichgewichtigen Preisvektor der abgelaufenen Periode und verwenden diesen sowie evtl. die Extrapolation bestimmter Wachstumsraten als Planungsgrundlage für zukünftige Perioden. Die Dynamik stellt sich dann als eine Sequenz von temporären (nichtstationär, keine Wachstumsgleichgewichte) Gleichgewichten dar. NEWAGE kann auch unter Annahme vollkommener Voraussicht laufen. Die Akteure legen in diesem Fall der Planung die „richtige“ Abbildung der Ökonomie zugrunde, d.h. NEWAGE, und bestimmen zu Beginn den optimalen Pfad ihrer Aktivitäten über den gesamten Planungszeitraum unter Berücksichtigung der ökonomischen Zusammenhänge. Da alle Akteure entsprechend vorgehen, ist die Konsistenz gesichert, und ohne stochastische Schocks entsprechen die vor der ersten Periode des Modellaufs geplanten Aktivitäten den über den gesamten Untersuchungszeitraum verwirklichten. Die Modelle mit „neoklassischem“ Entscheidungsverhalten können natürlich Preis- oder Mengenrestriktionen abbilden.

⁵⁰ Für einzelne Jahre sind IO-Tabellen nicht vorhanden. Die Vorleistungsverflechtungsmatrix (\mathbf{X} in Abschnitt 2.3) wird von den Modellentwicklern aus den bekannten Rändern (Bruttowertschöpfung und letzte Verwendung, \mathbf{Z} und \mathbf{Y} in Abschnitt 2.3) mit Hilfe des RAS-Verfahrens erzeugt und als Grundlage für die ökonometrische Schätzung verwendet. Derartig konstruierte Tabellen wiesen in Tests eine eigenständige Struktur auf, die weder mit der „zugrundeliegenden Ausgangstabelle noch mit der „richtigen“ Matrix des Erstellungsjahres (die bei unseren Tests immer zur Verfügung stehen mußte) hinreichend Gemeinsamkeiten aufwies, um sie einer der beiden Tabellen als „strukturell ähnlich“ zuzuordnen zu können“ (s. Holub/Schnabl, 1994, S.44f., dort auch eine Diskussion der Konsequenzen). Als ökonometrisches Schätzverfahren wird von den Modellentwicklern „ordinary least square“ verwendet. Diese Methode ist für die Schätzung eines Gleichungssystems theoretisch nicht angemessen, sie führt i.allg. zu einem Bias in den Koeffizienten und ist inkonsistent (in etwa: Auch wenn beliebig viele Daten für die Schätzung zur Verfügung ständen, würde man mit OLS keine beliebig gute Annäherung an den wahren Koeffizienten erhalten). Bei kurzen Zeitreihen, wie sie hier vorliegen, dürfte jedoch die Verwendung der OLS gut zu verteidigen sein (s. Greene, 1997, Kapitel 16, insbesondere Abschnitt 16.7; Pindyck/Rubinfeld, 1998, S.338ff., S.364f.). Insbesondere sei hier darauf verwiesen, daß der von Frohn u.a. (1998, S.30ff.) vermutete Spezifikationsfehler bei sophisticatederen Verfahren schwerwiegender wäre als bei OLS.

Kalibrierte USM sind im Gegensatz zu ökonomischen Modellen für *Prognosezwecke* wenig geeignet, da „aufgrund der bestenfalls groben Parameterfestlegung ... nur qualitative Aussagen über die verschiedenen Effekte einer Maßnahme ableitbar [sind]. Dies reicht für eine Beurteilung der Maßnahme in aller Regel nicht aus.“ (Frohn u.a., 1998, S. 20). Da die Modelle auch keinen Anpassungstests unterzogen worden sind, sind „weder die Größe der verschiedenen Effekte noch deren Vorzeichen für die konkrete Situation mit diesen Modellen hinreichend sicher [zu ermitteln]“ (Frohn u.a., 1998, S.20). Diese USM zeigen mögliche Effekte einer bestimmten Maßnahme in einer abstrakten Ökonomie. Frohn u.a. (1998, S.21 u. 106) empfehlen diese Modelle deshalb nur als Ergänzung zu ökonomischen Modellen⁵¹. Eine Implementierung etlicher neuer Techniken, wie sie im HGF-Projekt geplant ist, ist allerdings ein derart tiefgehender und mit erheblichen Unsicherheiten verbundener Eingriff, daß man auch einem Simulationslauf mit PHANTA RHEI kaum eine prognostische Qualität zusprechen kann. Die Ergebnisse werden stets als Modellexperimente aufzufassen sein. Aus der unterschiedlichen Grundlage der Modellbildung resultiert auch ein weiterer Unterschied: In PANTA RHEI können keine Effizienzaussagen getroffen werden. D.h. wohlfahrtsökonomische Vergleiche verschiedener Simulationsergebnisse sind – im Gegensatz zu den anderen drei Modellen – nicht möglich. In diesen Modellen handeln die einzelnen Akteure *annahmegemäß* effizient, der Koordinationsmechanismus führt aber zu Ineffizienzen. Unter Verwendung der Zielfunktionen der einzelnen Akteure können verschiedene Szenarienläufe wohlfahrtsökonomisch verglichen werden. Außerhalb der Wohlfahrtsökonomie bedeutet das folgenden Unterschied: In PANTA RHEI ist die Produktionstechnik nicht ohne weiteres erkennbar, in den anderen Modellen ist die Produktionstechnik als Funktion enthalten⁵². In PANTA RHEI besteht bei starken Simulationseingriffen nach Frohn (1998, S.32) die Gefahr, daß temporär produktionstechnische Restriktionen mißachtet werden könnten.

Beim Vergleich der Gliederung der Produktionsbereiche und der Verwendungszwecke ist ersichtlich, daß nur PANTA RHEI die Anforderungen erfüllt⁵³, eine Version von NEWAGE erfüllt die Anforderungen in bezug auf die Produktionsbereiche. An die beiden anderen Modelle ist eine Aktivitätsfeldanalyse erst nach erheblichen Umgestaltungen anknüpfbar. Eine spätere internationale Untersu-

⁵¹ S. hierzu auch Pindyck/Rubinfeld (1998, S. 406f.).

⁵² „Produktionstechnik“ faßt implizit die Technik im eigentlichen Sinn und die Organisation zu einer Funktion zusammen. Die Funktion gibt die obere Grenze der Menge der Produktionsmöglichkeiten in Abhängigkeit von den Inputs an. Jedes Unternehmen produziert auf dieser Grenze (sogenannte X-Effizienz).

⁵³ In Meyer u.a. (1998, S.49) sind die 26 Verwendungszwecke aufgeführt. Einige Bereiche aus der IO-Tabelle sind dabei aufgespalten; z.B. „Nahrungsmittel und Getränke“ in „Nahrungsmittel tierischen Ursprungs“, „Nahrungsmittel pflanzlichen Ursprungs“, „Getränke“ und „Verzehr von Speisen und Getränken“.

chung unter Verwendung eines Aktivitätsfelderkonzepts wird von GEM-E3 und PANTA RHEI unterstützt. GEM-E3 liegt für alle EU-Staaten (außer Luxemburg) vor. Das PANTA RHEI zugrundeliegende ökonomische Modell (INFORGE) ist international in das INFORUM-System eingegliedert, das die größten Volkswirtschaften der Welt umfaßt. Sowohl für GEM-E3 als auch für INFORGE ist in jedem Staat eine Institution mit Pflege und Weiterentwicklung des Modells betraut. Während GEM-E3 explizit für energiepolitische Zwecke entwickelt wurde, wird das INFORUM-System für Prognosen verwendet. PANTA RHEI ist die umweltökonomische Variante des deutschen INFORUM-Modells. Aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit der INFORUM-Modelle kann eine solche Variante relativ schnell implementiert werden, sofern umweltökonomische Daten vorliegen.

In Tabelle 3.1 sind einige weitere Aspekte abgebildet. Als erstes ist zu nennen, daß NEWAGE und LEAN-TCM (und MIS) in Verbindung mit LP-Modellen des Energiesektors entwickelt wurden. Die LP-Modelle berechnen für bestimmte Zielvorgaben und Randbedingungen (z.B. eine Obergrenze der CO₂-Emission für verschiedene Jahre) das optimale Energiesystem. Die LP-Modelle sind technisch orientiert und enthalten in den zugehörigen Datenbanken Abschätzungen der Eigenschaften zukünftig verfügbarer Energietechnologien. Die LP-Modelle sind nicht direkt mit den USM verbunden, die Abstimmung muß iterativ erfolgen. In NEWAGE ließe sich ein LP-Modell prinzipiell integrieren. Aus Gründen der Praktikabilität wird man im Vergleich zu LP-Modellen nur sehr wenige Techniken auswählen. Diese Möglichkeit, Technologien abzubilden, ist nicht auf den Energiesektor beschränkt. In NEWAGE lassen sich technologische Entwicklung und ökonomische Fragestellungen gut verbinden. Varianten von NEWAGE unterscheiden auch zwischen verschiedenen Haushaltstypen. Der interessanteste Ansatz ist eine überlappende-Generationen-Modellierung, bei der der ansonsten verwendete repräsentative Haushalt in einen Haushalt pro unterschiedene Alterskohorte aufgelöst wird. Die verschiedenen Haushalte planen über ihre Restlebenszeit und beziehen ihr Einkommen je nach Alter aus verschiedenen Quellen (z.B. im Alter: Rente, d.h. Transfers von gleichzeitig lebenden Haushalten aus anderen Kohorten). Hieraus resultieren altersabhängige „Verbrauchsmuster“. Der Ansatz erlaubt in einem gewissen Rahmen Aussagen über die intergenerativen Verteilung.

3.6 Wahl eines Simulationsmodells

Frohn u.a. (1998, S. 109) schlagen vor, mehrere USM parallel zu verwenden, um Vergleiche anstellen zu können. Zwar verdoppeln sich bei zwei Modellen auch die Kosten für diesen Teil, dem stehen aber deutliche Vorteile gegenüber:

- die Modellentwickler kontrollieren sich gegenseitig,
- bei einer späteren eigenständigen Übernahme in die HGF besteht eine Auswahl,
- für das Modell-tool besteht eine Auswahl.

Frohn u.a. (1998, S.106) konstatieren eine „prinzipielle Überlegenheit ökonomischer Modelle gegenüber kalibrierten ...Modellen“. PANTA RHEI beruht als einziges verbleibendes Modell auf ökonomischen Schätzungen, bei einer ex post-Prognose zeigte das Modell eine gute Anpassungsqualität⁵⁴. Gleichzeitig enthält es eine Gütergruppengliederung und eine Aufteilung nach Verwendungszwecken, die für den Aktivitätsfelderansatz gut geeignet ist. Zusätzlich gehört es einem internationalen Modellsystem an, was eine Einbeziehung weiterer Staaten in die Aktivitätsfeldanalyse ermöglicht. In Bezug auf technische Entwicklungen weist PANTA RHEI keine Besonderheiten auf⁵⁵. Folgende Modifikation wären wünschenswert:

- Außer Luftschadstoffen sollten weitere Belastungsbeiträge aufgenommen werden. Aus der Indikatorenliste sollten sich Hinweise ergeben. Mit den Modellentwicklern ist dann zu klären, welche dieser Belastungsbeiträge sinnvoll modellendogen zu erklären sind.
- Die personelle Einkommens- und Vermögensverteilung könnte aufgenommen werden.
- Es wäre zu überlegen, ob man verschiedene Arbeitskategorien einfügen könnte.

Faßt man die Szenariorechnungen als Modellexperiment auf und legt man auf die Prognosefähigkeit weniger Wert, was angesichts der geplanten in ihrer Grundlage selbst mit einer größeren Unsicherheit behafteten Szenarioentwürfen nicht abwegig ist, dann bietet sich NEWAGE an⁵⁶. Hervorzuheben ist bei NEWAGE die Möglichkeit einer direkten Implementation von Technologien, die vorhandene Modellierung verschiedener Haushaltstypen und die allgemeine Flexibilität des Modells. Allerdings sind international keine gleich gebauten Modelle vorhanden. Unbedingt erforderlich wäre bei diesem Modell die Ausweisung von Verwendungszwecken. Ansonsten wären wie bei PANTA RHEI weitere Belastungsbeiträge und evtl. verschiedene Arbeitskategorien zu implementieren. Da im HGF-Projekt die Erstellung eines Modell-tools geplant ist, dürfte eine Kooperation mit dem IER aufgrund dessen großer Erfahrung mit der Verbindung verschiedener Modelle hilfreich sein. LEAN-TCM und

⁵⁴ Die bei Verwendung der Steuereinnahmen zur Reduktion des staatlichen Budgetdefizits in den Simulationsläufen - in allen Modellen - auftretende starke Erhöhung des Außenbeitrags wird im Gegensatz zu Frohn u.a (1998 u. 1998a) nicht als problematisch aufgefaßt, sondern als typisch. Erinnert sei hier an das grosse Leistungsbilanz- und staatliche Budgetdefizit (sog. „Zwillingsdefizit“) der USA in der ersten Hälfte der 80er Jahre, wo sich der Effekt in die entgegengesetzte Richtung zeigte. Aus der gesamtwirtschaftlichen Budgetrestriktion ist der Effekt unmittelbar plausibel und über einen keynesianischen Transmissionsweg insbesondere bei hoher internationaler Kapitalmobilität zumindest in der kurzen Frist einleuchtend.

⁵⁵ Zur Implementierung konkreter Techniken in PANTHA RHEI s. Lutz (1998).

GEM-E3 kommen kaum in Frage, da an die Modelle eine Aktivitätsfeldanalyse nicht angeschlossen werden kann. Zusätzlich ist aufgrund der Flexibilität NEWAGE, das auf ähnlicher theoretischer Grundlage aufbaut, eindeutig vorzuziehen. Frohn u.a. (1998) weisen wiederholt darauf hin, daß eine angemessene Nutzung der Modelle nur in enger Kooperation mit den Modellautoren möglich erscheint. Eine Verwendung in einem Modell-tool oder eine spätere Entwicklung eigener Szenarien setzt eine intensive und längerfristige Beschäftigung mit dem entsprechenden Modell voraus. Zu den Modifikationen ist zu bemerken, daß sie vermutlich erhebliche Zeit beanspruchen. Gespräche mit den Modellentwicklern sollten deshalb möglichst frühzeitig erfolgen.

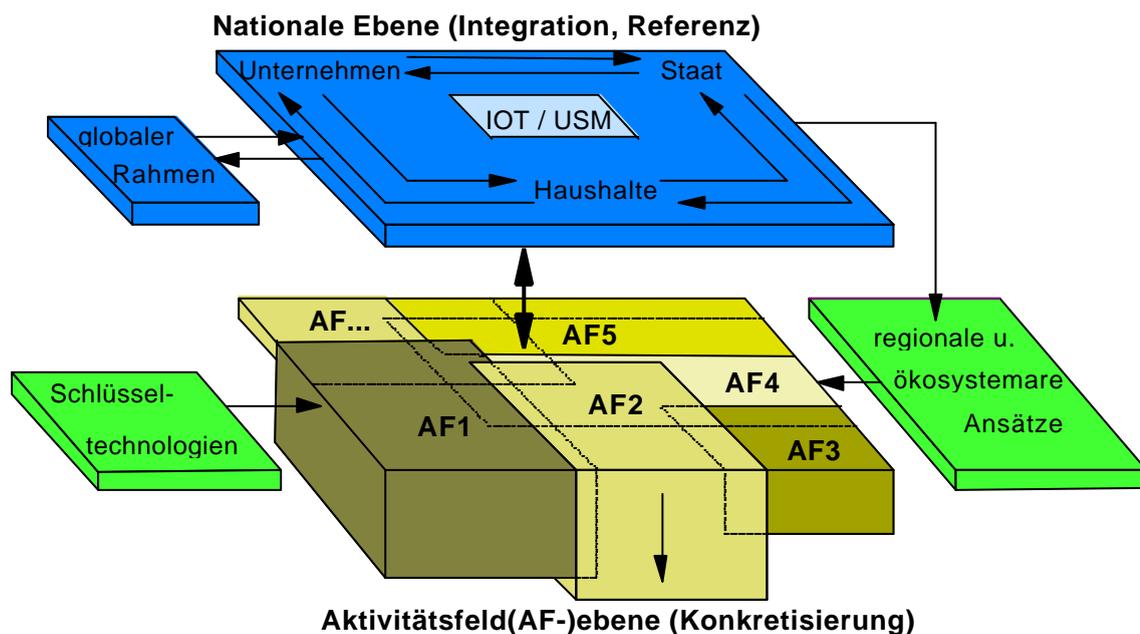
⁵⁶ Da CLIMA, die Weiterentwicklung von NEWAGE beim IER, ökonomisch geschätzt sein wird, sind einige Vorbehalte zur Prognosefähigkeit von NEWAGE von Frohn u.a. (1998) entkräftet.

4. Nationale Ebene - Aktivitätsfelder - Schlüsseltechnologien

Im HGF-Projekt können vier „Untersuchungsebenen“ identifiziert werden:

1. Die nationale Ebene
2. Die Aktivitätsfelderebene
3. Die Untersuchung von Schlüsseltechnologien
4. Regionale und ökosystemare Untersuchungen

Diese vier Ebenen sind miteinander zu verknüpfen. Die Bewertung erfolgt auf der nationalen Ebene. Wie schon erwähnt werden hier nur quantifizierbare Aspekte berücksichtigt. Welche Art von Daten über den Aktivitätsfelderansatz aggregiert werden kann, wird aus den folgenden Ausführungen ersichtlich. Einen Überblick über das Zusammenspiel der verschiedenen Ebenen bietet **Abbildung 4.1**⁵⁷. Die Höhe der AF-Blöcke deutet mögliche unterschiedliche Konkretisierungstiefen an, die Überschneidungen weisen auf überlappende Betrachtungen hin. Im Zentrum steht die Verbindung der Aktivitätsfelder- mit der nationalen Ebene. Die Ergebnisse aus den Untersuchungen der Schlüsseltechnologien sowie der regionalen und ökosystemaren Ebene fließen in die Untersuchungen der Aktivitätsfelder ein. Von der nationalen Ebene werden Rahmendaten an die regionale und ökosystemare Ebene sowie an die Schlüsseltechnologieebene geliefert. Die Verbindungen werden nun einzeln besprochen.



⁵⁷ Nicht in der Abbildung dargestellt, ist die Behandlung von nicht mit diesen Methoden zu verwertende Daten.

Abbildung 4.1: Das Zusammenspiel der einzelnen Untersuchungsbereiche

Die **Verbindung der nationalen mit der Aktivitätsfelderebene** in Bestandsaufnahme und Szenariorechnungen setzt an der Datenstruktur der IO-Tabelle an. Der Abgleich muß iterativ erfolgen, das wird im folgenden nicht jeweils eigens angeführt. Zuerst wird die prinzipielle Vorgehensweise dargestellt, anschließend auf Probleme der Verknüpfung eingegangen. Grundlage für das Zusammenspiel dieser beiden Ebenen ist folgende duale Vorgehensweise:

- Auf der *Aktivitätsfelderebene* werden sehr konkrete Analysen durchgeführt, die sich an den strukturellen Gegebenheiten und den dafür vorhandenen Daten ausrichten. Sie können je nach Charakter des Aktivitätsfeldes eher technologisch ausgerichtet sein oder sich stark auf institutionelle oder soziale Aspekte konzentrieren. Die Aktivitätsfelder sind so konstruiert, daß die Bearbeiter je nach Problemlage die Ausrichtung ändern können, ohne das Aktivitätsfeld zu verlassen. Sie können auch beliebige aktivitätsfeldspezifische Untersuchungsmethoden und Simulationsmodelle verwenden. Die Arbeiten in den Aktivitätsfeldern umfassen die Konkretisierung von Indikatoren, Bestandsaufnahmen sowie die Entwicklung von „Teilszenarien“ und partielle Handlungsstrategien.
- Die *nationale Ebene* leistet die Integration. Dort wird eine aktuelle Zustandsbeschreibung erstellt; es werden Trend- und Handlungsszenarien für den gesamten Untersuchungsraum entworfen und Szenariorechnungen durchgeführt. Aus ihnen resultieren Parameter für Szenarien und Strategieüberlegungen auf der Aktivitätsfeldebene. Durch die Wahl von Szenarien mit unterschiedlichen strategischen Ansätzen wird die Interdependenz zwischen den Aktivitätsfelder sichtbar. Deren Berücksichtigung kann im wesentlichen zu einer konsistenten Gesamtdarstellung und zu konsistenten Handlungsstrategien führen. Die Zustandsbeschreibung wird mit Hilfe eines Zurechnungsmodells durchgeführt, das die Ergebnisse in einer für die Bearbeiter der Aktivitätsfelder verarbeitbaren Datenstruktur liefert. Durch das Andocken von Zurechnungsmodellen an ein USM kann dies auch in Szenariorechnungen in gewissem Rahmen durchgehalten werden.

Trotz einer problemadäquaten und flexiblen Methodikwahl in den Aktivitätsfeldern muß eine weitgehend konsistente Aggregation gesichert werden. Die Aggregation ist möglich, sofern Ergebnisse aus den Aktivitätsfeldern in der Datenstruktur der IO-Tabelle dargestellt werden. Gelingt der Übergang zu dieser Datenstruktur, dann können Bearbeiter der Aktivitätsfelder die jeweils notwendigen Eckdaten und Rahmenbedingungen aus Untersuchungen auf der nationalen Ebene, z.B. der Zurechnung, entnehmen, und die Ergebnisse aus den Einzelbereichen können auf der aggregierten Ebene weiterverarbeitet werden. Dies setzt **eine gewisse Kenntnis der Datenstruktur in den IO-Tabellen**

bei den Bearbeitern der Aktivitätsfelder voraus. Korrespondierende Elemente der IO-Tabelle müssen erkennbar sind⁵⁸. Es können nur Daten aufgenommen werden, die direkt mit einer wirtschaftlichen Tätigkeit verbunden sind. Die aufzunehmenden Indikatoren müssen stark und verlässlich mit der Produktion oder Konsumtion genauer spezifizierbarer Güter (bzw. Gütergruppen, -bündel) korrelieren. Andere Indikatoren müssen auf andere Weise zusammengefaßt und der Bewertung zugeführt werden.

In der *Bestandsaufnahme* ist der wesentliche Punkt die Verbindung und das Zusammenspiel von top-down Analysen (z.B. mittels IO-Zurechnungsmodellen) und bottom-up Analysen (z.B. aus Ökobilanzen). Ökobilanzen sind deutlich detaillierter; es werden Einzelteile, genau spezifizierte Produktionsverfahren untersucht, die in einer top-down Analyse mitunter als kleiner Bestandteil in einer Gütergruppe oder einem Produktionsbereich erscheinen⁵⁹. Die Elemente in der Top-down Analyse sind als eine Linearkombination der genauer spezifizierten Teile zu sehen, z.B. als Abbildung eines repräsentativen Produktionsprozesses. Da man bottom-up kaum alle Produktionsprozesse oder Güterteile auch nur innerhalb eines Produktionsbereichs oder einer Gütergruppe erfassen kann, wird man bei der Verbindung Abschätzungen verwenden müssen. Mit Hilfe des top-down Ansatzes lassen sich für jeden der betrachteten Belastungsbeiträge bedeutsame repräsentative Produktionsprozesse und Lieferbeziehungen isolieren. Diese sind dann mit einem bottom-up-Ansatz näher zu analysieren, wobei sich mitunter herausstellen kann, daß wenige Produktionsverfahren für die hohen Belastungsbeiträge verantwortlich sind und die dort erzeugten Produkte sehr spezifischen Verwendungszwecken dienen, die aufgrund der Durchschnittsbildung im Aggregat falsch zugerechnet wurden⁶⁰. Treten derartige Probleme auf, dann ist eine Aufspaltung der entsprechenden Produktionsbereiche in der IO-Tabelle zu erwägen. Weiter dürften in Aktivitätsfeldern Daten aus Statistiken verwendet werden, die einer anderen Abgrenzung folgen und die kaum ohne einfache Annahmen in die IO-Systematik überführt werden können. Z.B. vermischt die Kategorie „Kleinverbraucher und Haushalte“ in der Energiebilanz nicht nur den Verbrauch der privaten Haushalte mit anderen Verbräuchen, sondern enthält auch sämtliche Handwerksbetriebe, die in der IO-Tabelle nach den Gütern, die sie herstellen, aufgeteilt werden (z.B. sind sämtliche

⁵⁸ Da die Änderung eines Inputkoeffizienten i. allg. nicht ohne Änderungen weiterer Koeffizienten (potentiell aller) von statten gehen kann, sind zuerst die direkt betroffenen Elemente zu ermitteln. Anschließend sind veränderte Lieferbeziehungen und Prozesse in anderen Sektoren abzuschätzen. Hier wird der Austausch zwischen Bearbeitern auf der nationalen Eben und auf der Aktivitätsfeldebene einsetzen müssen.

⁵⁹ Ergebnisse aus top-down und bottom up Ansätzen sind z.B. in ITAS u.a. (1996) zu finden, ebenso eine vergleichende Diskussion (dort: Abschnitt 3.4).

⁶⁰ Um konsistente bottom-up Analysen zu gewährleisten, ist zumindest für Prozesse in der Grundstoffindustrie und Energieerzeugung eine gemeinsame Datenbank zu verwenden.

Bäckereien im Produktionsbereich „Nahrungsmittel“; Dachdecker bei „Ausbau“; dort ist wiederum nicht erkennbar, wie groß der Anteil der Handwerksbetriebe ist). Im Falle der Bestandsaufnahme können hier noch zusätzliche Daten herangezogen werden. Spätestens bei einem Szenario ist man fast vollständig auf einfache Annahmen angewiesen.

In *Szenarien* wird die Konsistenz schwieriger zu halten sein. Auf der nationalen Ebene wird eine Business-as-usual-Szenariorechnung durchgeführt, die die Bearbeiter der Aktivitätsfelder mit einem Satz von Rahmendaten beliefert (z.B. Relativpreisänderungen, allgemeine Wirtschaftsentwicklung, sektorale Entwicklung). Einige in das Szenario eingehende Größen sind zuvor zu klären (z.B. Bevölkerungsentwicklung). Diese Daten verhindern völlig auseinanderlaufende Teilszenarien. Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse in den einzelnen Aktivitätsfelder sind auf dem aggregierten Niveau unerhebliche Ergebnisse, die im einzelnen Feld durchaus bedeutungsvoll sein können, zu entfernen. Dabei ist zu beachten, daß in *verschiedenen* Aktivitätsfeldern Aussagen über im Aggregat nicht unterscheidbare Größen enthalten sein können. Deren Zusammenfassung über die verschiedenen Aktivitätsfelder kann durchaus zu einem insgesamt bedeutsamen Einfluß führen, der in den einzelnen Aktivitätsfeldern jedoch nicht erkennbar ist. Natürlich könnten auch in entgegengesetzte Richtungen gehende Aussagen auftauchen. Diese können sich auf verschiedene Produktionsprozesse oder Güter beziehen, die im Aggregat in einem Produktionsbereich oder in einer Gütergruppe zusammengefaßt sind. Der Gesamteffekt ist dann als Linearkombination zu ermitteln, d.h. man benötigt für jedes betroffene Element der IO-Tabelle ein Gewicht der spezifischeren Vorgänge und die quantitative Änderung aufgrund jedes spezifischen Vorgangs. Da man nicht für alle potentiell relevanten Daten eine gemeinsame Basis in hinreichend tiefer Unterteilung schaffen kann, werden in einem gewissen Rahmen Inkonsistenzen auftreten und kaum zu vermeiden sein⁶¹. Um Inkonsistenzen einzugrenzen, ist bereits während der Zusammenfassung der Ergebnisse in den einzelnen Aktivitätsfeldern ein Austausch zwischen den Bearbeitern der verschiedenen Aktivitätsfelder zu implementieren.

Weiter ist zu beachten, daß Szenariorechnungen, die in den einzelnen Aktivitätsfeldern entworfen werden, häufig auf Annahmen beruhen, die denen im Aggregat widersprechen. Z.B. wird etwa in LP-Energiesystemmodellen implizit angenommen, daß Faktorpreise und Investitionskosten jeder einzelnen Technologie von dem eingesetzten Technologiemark unabhängig sind. D. h. es wird ange-

⁶¹ Selbst eine gemeinsame Datenbasis wird Inkonsistenzen nicht verhindern können, da die Daten selbst auf bestimmten Annahmen beruhen, die sich widersprechen können. Z.B. enthalten geschätzte zukunftige Kosten einzelner Technologien implizit Annahmen über die Reallohnentwicklung, den Standort der Produktionsstätten verschiedener Vorprodukte ... Die Fülle der in die Kostenabschätzung eingehenden Annahmen wird man kaum völlig konsistent gestalten können.

nommen, daß es sich um einen volkswirtschaftlich kleinen Sektor handelt. Diese Annahme wird auf der aggregierten Ebene aufgehoben. Zusätzlich werden im Gegensatz zu typischen ingenieurwissenschaftlichen Ansätzen in der volkswirtschaftlichen Beschreibung einer Produktionstechnik Technik und Organisation zusammengefaßt. Organisation und Technik sind interdependent⁶². Ob diese Interdependenz nennenswerte Effekte verursacht, ist auch im Einzelfall sehr schwierig abzuschätzen. Derartige Abschätzungen sollten – sofern möglich – auf der Aktivitätsfelderebene erfolgen. In den häufig zu erwartenden Fällen, in denen eine solche Abschätzung sich als zu schwierig erweist, wird die Organisation als konstant angenommen werden.

Von der **nationalen Ebene** können auf der Basis von Szenarien allgemeine Rahmendaten an die **regionale und ökosystemare Ebene** und an die Untersuchung von **Schlüsseltechnologien** weitergegeben werden. Hierbei handelt es sich insbesondere um die Entwicklung des Preisvektors über die Zeit. Auch die allgemeine wirtschaftliche Entwicklung nach Sektoren kann als grober Anhaltspunkt geliefert werden, indem man eine proportionalen Veränderungen über die gesamte Fläche verwendet. Diese Annäherung ist sicherlich theoretisch und empirisch wenig befriedigend, sie ist als einzig verfügbare Methode für eine relative kurze betrachtete Zeitspanne zumindest diskutierbar. Allerdings bleibt insbesondere aufgrund von Unteilbarkeiten, die mit abnehmender Größe der Region ein immer gravierendes Problem aufwerfen, ein äußerst weiter interpretativer Spielraum bei den Bearbeitern der regionalen und ökosystemaren Ebene. Es bleibt ihnen unbenommen, regional eine andere sektorale Entwicklung zu begründen. Hierdurch entsteht i. allg. kein Widerspruch zur nationalen Ebene, da keine flächendeckende – im wörtlichen Sinn – Aufteilung der Bundesrepublik in einzeln untersuchte Regionen vorgesehen ist. Die wesentliche Anbindung der regionalen und ökosystemaren Ebene sowie der Schlüsseltechnologien erfolgt über die Aktivitätsfelder.

Abschätzungen der Bedeutung von Kommunikations- und Informationstechnologien, Bio- und Gentechnologien, Neuen Materialien, Mikro- und Nanotechnologien, Energietechnologien lassen sich über die **Aktivitätsfelder** andocken, indem man nach dem Stellenwert der betreffenden **Schlüsseltechnologie** zur Lösung von Nachhaltigkeitsproblemen in diesem Bereich fragt. Nach der Integration in die Aktivitätsfelder erfolgt die Verbindung mit der nationalen Ebenen wie oben skizziert. Der erste Schritt für die Integration einer Schlüsseltechnologie ist eine Abschätzung des in absehbarer Zeit (z.B. 20 Jahre) technologisch Erreichbaren. Dies wird von den Bearbeitern der Schlüsseltechnologien geleistet werden. Durch einen Austausch zwischen Forschern und Entwicklern (Ingenieuren) in

⁶² Die Verbindung ergibt sich aus sog. beschränkter Rationalität und spezifischen Investitionen (s. Williamson, 1985/1990; aus etwas anderer Sichtweise bietet Tirole (1988, S.15ff.) einen knappen Überblick).

diesem Bereich, Bearbeitern der Schlüsseltechnologien und der Aktivitätsfelder kann die potentielle technologische Anwendung in den einzelnen Aktivitätsfeldern konkretisiert werden. Im zweiten Schritt sind die Ergebnisse der technologischen Vorausschau von den Bearbeitern der Aktivitätsfelder für die einzelnen Anwendungen in bezug auf ihre sozialen, ökonomischen und ökologischen Potentiale und Wirkungen weiter zu konkretisieren. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden im dritten Schritt von jedem Aktivitätsfeld an die nationale Ebene weitergeleitet, dort wird die Gesamtwirkung ermittelt. Insgesamt kann die Technologie durch diese Mehrfachbetrachtung und -einordnung in bezug auf ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung relativ konkret eingeschätzt werden, und es können vielversprechende Einsatzgebiete und Forschungsfelder begründet werden.

Die **regionalen** und **ökosystemaren** Untersuchungen können als Querschnittsbereiche angesehen werden, in denen alle Aspekte nachhaltiger Entwicklung für bestimmte ausgewählte Gebiete vertieft untersucht werden. Im Hauptprojekt sollen zwei Modellregionen näher untersucht werden: Eine Region mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung und der norddeutsche Küstenraum mit dem Lebensraum Meeresboden. Die Integration der Ergebnisse erfolgt insbesondere über das **Aktivitätsfeld** Landwirtschaft und Ernährung, in dem auch die Fischerei enthalten ist. Die regionalen und ökosystemaren Untersuchungen erbringen eine Vielzahl weiterer Ergebnisse, die zum einen für andere Aktivitätsfelder, z.B. Freizeit und Tourismus, von Bedeutung sein können und zum anderen direkt in die Bewertung aufzunehmen sind. Zusätzlich sind die Ergebnisse für die Weiterentwicklungen des Untersuchungskonzepts wichtig, insbesondere für die Einbeziehung von Konsistenzstrategien.

Zusammengefaßt sind die wesentlichen *organisatorischen* Erfordernisse:

- Die Organisation eines Datenvergleichs und eines Austauschs zwischen den Bearbeitern der Aktivitätsfelder. Nach Abschluß der Bestandsaufnahme und jeweils zu den Szenarionentwürfen sollte eine intensive Diskussion stattfinden.
- Anschließend sollte eine entsprechende Diskussion zwischen den Bearbeitern der Aktivitätsfelderebene und denen der nationalen Ebene sowie den Entwicklern der USM stattfinden.
- Während der Bestandsaufnahme muß eine Abstimmung der Ökobilanzen erfolgen.

5. Anforderungen an die Bearbeitung der Aktivitätsfelder

Die wichtigsten der bereits verstreut genannt und begründeten Aspekte, die die Bearbeitung der Aktivitätsfelder betreffen, werden nun zur Übersicht ohne weitere Anmerkung aufgeführt:

- Die Arbeitsteilung muß nicht streng der Zuordnung folgen, sofern hierdurch Doppelarbeit verhindert oder in einer bestimmten Analysemethode enthaltene aktivitätsfelderübergreifende Zusammenhänge genutzt werden können.
- Die konsumtive Seite kann vorläufig vage abgegrenzt werden. Änderungen sind hier relativ schnell zu implementieren. Das Zuordnungsprinzip ist Komplementarität.
- Auf der Produktionsseite sind die Produktionsbereiche genau abzugrenzen.
- Nicht in die genauere Untersuchung einbezogene Produktionsbereiche können im Laufe des HGF-Projekts einbezogen werden, sofern eine Analyse auf deren Wichtigkeit für eine nachhaltige Entwicklung hinweist.
- Gegenstand der Untersuchung in den Aktivitätsfeldern sind jeweils *direkte* Wirkungen (also ohne Berücksichtigung der Vorleistungen) und die *direkten* Lieferbeziehungen bzw. bei konsumtiven Tätigkeiten die Verwendung. Hierbei sind qualitative, aktivitätsfeldspezifische und regionale Aspekte von großer Bedeutung.
- *Indirekte* Effekte (also über Vorleistungen aus Produktionsbereichen, die nicht direkt einem Aktivitätsfeld zugewiesen sind) werden über ein Zurechnungsmodell bestimmt. Ergebnisse aus anderen Zurechnungsmodellen sollten nicht verwendet werden. Die Verwendung von bottom-up-Ansätzen, z.B. Ökobilanzen, ist abzustimmen: Zumindest ein Verzeichnis der verwendeten Bilanzen ist erforderlich, eine gemeinsame Datenbank ist wünschenswert und für die Grundstoffindustrie zu empfehlen.
- Die Bearbeiter der Aktivitätsfelder sollten eine gewisse Kenntnis der Datenstruktur und der Abgrenzungen in den IO-Tabellen haben.
- Große Unterschiede innerhalb einer Kategorie in der IO-Tabelle sind von besonderer Bedeutung (z.B. Methanemissionen im Produktionsbereich „Landwirtschaft“ durch Viehhaltung und nicht durch Getreideanbau), da sie fehlerhafte Zurechnungen erzeugen können.
- Die jeweilige Abgrenzung der Bundesrepublik Deutschland und das verwendete Preiskonzept sollten für alle Daten beachtet werden.

- Insbesondere aufgrund der Umstellung der VGR ist die Einigung auf ein Basisjahr erforderlich; es wird die Verwendung der „alten“ Gliederung (Basisjahr: 1993) vorgeschlagen.

In den Aktivitätsfeldern werden voraussichtlich Daten aus unterschiedlichen Quellen und mit unterschiedlicher Abgrenzung verwendet werden. Diese müssen in der Ergebnisdarstellung in etwa in die Struktur der IO-Tabellen übertragen werden. Da nun niemand sämtliche im Hauptprojekt verwendeten Daten überblicken kann, sollten diejenigen, die mit den jeweiligen Daten arbeiten, den Übergang zu der gemeinsamen Datenbasis vollziehen, wobei Feinheiten anschließend mit den Bearbeitern des Zurechnungsmodells geklärt werden können. Während der Zusammenfassung der Daten sollte in den Aktivitätsfeldern bereits eine Konzentration auf für das Aggregat vermutlich wesentliche Ergebnissen erfolgen, wobei die Einschätzung der Bearbeiter der Aktivitätsfelder entscheidend ist. Die Einordnung der so zusammengefaßten Daten in die Struktur der IO-Tabellen kann entlang folgender Fragen laufen:

- Wird ein Produktionsprozeß geändert? (Hier sind auch Änderungen der staatlichen Nachfrage nach Gütern sowie der internationalen Arbeitsteilung zu berücksichtigen).
- In welchem Produktionsbereich ist der Produktionsprozeß subsumiert?
- Werden bestimmte Güter oder Ressourcen in diesem Produktionsprozeß besonders stark oder besonders schwach als Inputs benötigt? Welcher Gütergruppe gehören sie an?
- Ändert sich der Inputvektor bedeutsam? Wie ändert er sich im Zeitverlauf? (Also: Bleibt der gegebene Inputvektor repräsentativ? Ist die Änderung im Vergleich zum gesamten Produktionsbereich quantitativ bedeutsam? Ist der neue Produktionsprozeß im Vergleich ausgesprochen kapital- oder arbeitsintensiv?)
- Ändern sich Emissionskoeffizienten, Ressourcen- oder Energieverbräuche (im Produktionsbereich und evtl. bei den Abnehmern)?
- An welche Produktionsbereiche/Endnachfrager werden die in dem Prozeß produzierten Güter geliefert? Gibt es Besonderheiten? Bleibt der Outputvektor weiterhin repräsentativ?
- Sind dies Investitionsgüter, Gebrauchsgüter?
- Bei einer Lieferung an Haushalte: Welchen Verwendungszwecken dient das Gut?
- Bei Änderungen, die die private Endnachfrage betreffen: Welche Verwendungszwecke, welche Gütergruppen sind betroffen?
- Handelt es sich um eine Änderung innerhalb einer Gütergruppe oder zwischen Gütergruppen?

Abschätzungen entsprechend dieser Fragen dienen als Ausgangspunkt für die Ende Abschnitt 5 erwähnte Abstimmung zwischen den Bearbeitern der einzelnen Aktivitätsfelder und zwischen den Bearbeitern der Aktivitätsfelder und denen der nationalen Ebene.

6. Schlußfolgerungen

Im vorgestellten Konzept geht man mit der funktionellen IO-Tabelle vom technikenächsten Datensatz der gesamtwirtschaftlichen offiziellen Statistik aus. Eine Verbindung zu einigen sozialen Größen ist über die Endnachfrage und die Wertschöpfung vorhanden. Über die UGR können etliche Umweltaspekte direkt angeschlossen werden. Der Ausbau der UGR und deren Anlehnung an Gliederungen der IO-Tabellen läßt eine stetige Verbesserung der Daten und eine relativ schnelle Integration neuer Ergebnisse der UGR erwarten. Da die UGR, die VGR und IO-Tabellen international auf ähnlichen Konzepten beruhen, ist der Ansatz prinzipiell auf andere Länder erweiterbar, wobei nach der Umstellung der Statistiken in der EU die Erweiterung auf alle EU-Staaten relativ problemlos sein dürfte⁶³. Das Konzept liefert also eine Verbindung von sozialen, ökonomischen und ökologischen Aspekten, wird durch die Entwicklung der UGR unterstützt und ist auf andere Länder übertragbar. Da USM an dieser Datenstruktur ansetzen, ist das Konzept in Szenarien durchzuhalten. Auch in die USM sind neue Ergebnisse der UGR prinzipiell integrierbar⁶⁴.

Eine gleichzeitige Untersuchung von Effizienz- und Suffizienzstrategien wird durch die Integration einer Bedarfsfeld- und einer Produktionsbereichsgliederung zu Aktivitätsfeldern unterstützt, die den Bearbeitern der Aktivitätsfelder bereits einen internen Abgleich von konsumtiven und Produktionsaspekten ermöglicht. Ökonomie und Ökologie sind bisher nur über Entnahmen und Abgaben aus bzw. an die Umwelt verbunden. Die Diffusion von Emissionen, chemische Reaktionen in der Umwelt und die Wirkungen auf die Umwelt werden i.allg. nicht erfaßt. Die Wirkungen sind nun aber eine wesentliche Grundlage der Bewertung. An das Konzept sind also auf jeden Fall Instrumente zur Analyse von Umweltwirkungen anzuschließen (s. hierzu Bericht zu Arbeitspaket 6). Eine Rückkopplung von Umweltveränderungen auf die Ökonomie ist i. allg. ebenfalls nicht implementiert⁶⁵. Zu diesen Bereichen sind von den regionalen Studien im HGF-Projekt bedeutende Beiträge zu erwarten. Eine Kon-

⁶³ Natürlich wird es in der EU auch in Zukunft in jedem Land im Detail unterschiedliche Verbuchungen geben. Zusätzlich werden weitere Statistiken, auf die man im Zuge des HGF-Projekts zurückgreifen wird, im allgemeinen nicht in allen Ländern verfügbar sein. Zur UGR sei auf den wissenschaftlichen Beirat UGR (1998, S. 57) verwiesen: „Die Entwicklungen auf europäischer und internationaler Ebene der jüngeren Zeit bestätigen im Grundsatz als auch in Einzelheiten das Vorgehen beim Aufbau der deutschen UGR... In Europa und international ist mit einer Weiterentwicklung der UGR zu rechnen, die weitestgehend im Einklang mit dem Vorgehen des Statistischen Bundesamtes steht.“

⁶⁴ Ein an PANTA RHEI koppelbares Ökonomie-Energie-Umwelt-Weltmodell (COMPASS), das 30 Länder und den zusammengefaßten „Rest der Welt“ unterscheidet, ist in Arbeit. Das Modell wird auch ein Finanzmarktmodul enthalten. Wichtige öl- und gasproduzierende Länder sind eigens abgebildet (s. Meyer u.a., 1999, S.207). Die weltweiten Energieströme werden erfaßt. Auch zu NEWAGE gehört ein Weltmodell.

sistenzstrategie kann ohne entsprechende ökologische Erweiterungen kaum diskutiert werden, da die relative Geschwindigkeit von gesellschaftlichen und spezifischen ökologischen Prozessen nicht adäquat erfaßt werden kann.

Über das hier dargestellte Konzept können nur quantitative Daten, die mit einer identifizierbaren ökonomischen Aktivität und am besten mit bestimmten Gütergruppen verbunden sind, aggregiert werden. Sonstige Daten und Indikatoren müssen auf anderem Wege in die Bewertung Eingang finden.

Bei der Aggregation geht Information verloren, eine Analyse auf der nationalen Ebene kann auch nicht derart detaillierte Ergebnisse liefern, wie sie z.B. für die Aktivitätsfelder wünschenswert sind. Die aggregierten Werte plausibel genauer aufzuteilen, ist Aufgabe der Bearbeiter der Aktivitätsfelder. Die Verbindung zwischen den Ebenen wird schon allein aus dem Grund nicht algorithmisch gestaltet werden können. Zusätzlich werden die Daten, die in den verschiedenen Aktivitätsfeldern sowie auf der nationalen Ebene verwendet werden, vermutlich verschiedenen Abgrenzungen folgen und nur über Abschätzungen verglichen werden können. Voraussetzung für eine Übergabe von Daten von der Aktivitätsfelderebene an die nationale Ebene ist die Einordnung der Ergebnisse in die Datenstruktur der IO-Tabelle. Dies sollte durch die Bearbeiter der Aktivitätsfelder geschehen. Durch Gespräche mit Bearbeitern der nationalen Ebene ist die Einordnung zu verfeinern. Insbesondere für den Entwurf von Szenarien sind intensive Gespräche vorzusehen, da hier nicht nur die relevanten Parameter identifiziert, sondern auch deren zeitliche Entwicklung abgeschätzt werden müssen. Aufgrund der wahrscheinlich zum Teil widersprüchlichen Annahmen auf der Aktivitätsfelderebene und der nationalen Ebene ist in Szenariorechnungen ein iterativer Prozeß notwendig, um eine hinreichende Konsistenz der Ergebnisse zu erreichen. Der Prozeß ist organisatorisch abzusichern.

Unabhängig davon werden mit der Weiterentwicklung der UGR bessere Daten und mehr Belastungsbeiträge für IO-Analysen zur Verfügung stehen. Qualitative Aussagen (die z.B. im Umweltbereich neben der Menge des Abwassers nach groben Kategorien auch toxische Inhaltsstoffe berücksichtigen) werden allerdings kaum möglich sein, hier sind detaillierte Analysen auf einer disaggregierten Ebene notwendig.

⁶⁵ Zur gegenwärtigen Problematik der Modellierung von Rückkopplungseffekten s. Schmidt (1999), besonders die kurze Zusammenfassung S. 101.

7. Das Aktivitätsfeld „Mobilität“

In diesem Abschnitt folgt nach einer Übersicht über den Mobilitätsbereich (Abschnitt 7.1) eine kurze beispielhafte Verdeutlichung des Konzepts (Abschnitt 7.2), wobei auf die Verbindung von IO-Analysen und bottom-up Ansätzen eingegangen wird, sowie auf Probleme, die aus unterschiedlichen Basisdaten resultieren.

7.1 Indikatoren im Aktivitätsfeld Mobilität (von H. Keimel)

Im folgenden wird versucht, anhand eines „bottom-up-Ansatzes“ eine erste vorläufige Indikatorenliste (Pressure-Indikatoren) für das Aktivitätsfeld Mobilität aufzustellen. Dabei orientieren sich die Ausführungen weitgehend an der vorläufigen Liste von Regeln und Indikatoren, wie sie in diesem Projekt erarbeitet worden sind, sowie an verschiedenen Studien über Nachhaltigkeitsindikatoren [Ernst Basler + Partner 1998, OECD 1994, CSD 1996].

7.1.2 Bestimmungsgründe für Mobilität

Mobilität unter den besonderen Aspekten des Verkehrs bedeutet Beweglichkeit in Zeit und Raum. Das Ausmaß der Mobilität hängt u.a. von der kulturellen und wirtschaftlichen Entwicklung einer Gesellschaft, vom Verkehrsziel, vom benutzten Verkehrsmittel, dem Verkehrszweck, der Verkehrsinfrastruktur, der Belastung der Verkehrswege, den anfallenden Kosten, dem verfügbaren Einkommen und von der Kenntnis der verfügbaren Alternativmöglichkeiten ab [SRU 1994]. Das Ausmaß der Mobilität wird üblicherweise mit den Begriffen „Verkehrsaufkommen“, „Verkehrsleistung“ und „Fahrleistung“ im Personen- und Güterverkehr, unterteilt nach Verkehrsmitteln und Fahrtzwecken bzw. dem Transport von Gütergruppen, gemessen. Die Verkehrsentwicklung ist hinlänglich bekannt. Die Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr nimmt zu. Eine Sättigung ist zur Zeit nicht absehbar. Die üblicherweise erwähnten Ursachen für dieses Verkehrswachstum und die Änderungen im Verkehrsverhalten sind einerseits

- das Bevölkerungswachstum,
- die Zunahme der Arbeitsteilung und die daraus resultierenden Personen- und Gütertransporte zwischen den Produktionsstätten,
- geänderte Produktionsformen,
- die Ausdehnung der Siedlungsgebiete,

- der gestiegene Wohlstand und als Folge der höhere Motorisierungsgrad,
- die Änderung der Freizeitaktivitäten

und andererseits

- der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur, der zu höheren Reisegeschwindigkeiten führt und dieses Wachstum erst ermöglichte [vgl. z. B. Ernst Basler + Partner 1998].

Die Verkehrsindikatoren dienen als „Zusatzindikatoren“. Verkehr an sich ist weder nachhaltig noch nicht nachhaltig. Ausschlaggebend sind vielmehr die damit verbundenen Wirkungen (ökologische Effekte, Befriedigung von Verkehrsbedürfnissen). Die Verkehrsentwicklung ist aber eine zentrale Größe, um Veränderungen dieser Wirkungen erklären zu können.

7.1.3 Ökologische Nachhaltigkeit im Verkehr

Das heutige Verkehrssystem hat vielfältige Umweltauswirkungen. Der Verkehr beeinflusst Ökosysteme und natürliche Prozesse, wirkt aber auch über Umweltmedien auf den Menschen und die von ihm gestaltete Umwelt zurück. Folgende Effekte sind zu unterscheiden [vgl. z. B. OECD 1997]:

Emissionen von Schadstoffen und Treibhausgasen; Schallemissionen bzw. Lärmbelastungen; Verbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen; Landverbrauch und Trennwirkung durch die Verkehrsinfrastruktur sowie Gefährdung der menschlichen Gesundheit.

Daneben müssen die Umweltbelastungen der Produktions- und Entsorgungsstufe bei den Verkehrsmitteln und der Verkehrsinfrastruktur berücksichtigt werden.

7.1.3.1 Ressourcenverbrauch

- Energieverbrauch

Der Verkehr beansprucht allein für den Fahrzeugbetrieb rund 20% der in Deutschland eingesetzten Primärenergie. Davon entfallen rund 85% auf den Straßenverkehr. Rund 75% der im Straßenverkehr verbrauchten Endenergie fließen in den Personenverkehr, der Rest wird vom Güterverkehr beansprucht. Der Anteil an Mineralölprodukten beträgt etwa 98% [DIW, Fh-ISI 1998]. Als Indikatoren bieten sich an, differenziert nach Verkehrsmitteln:

Der durchschnittliche und gesamte Primär- und Endenergie- bzw. Kraftstoffverbrauch sowie der spezifische Energieverbrauch.

Ebenso sind die Energieverbräuche über den gesamten Lebenszyklus der Produktion von Verkehrsmitteln und der Verkehrsinfrastruktur zu betrachten.

- Materialverbrauch

Fahrzeuge bestehen in der Regel zu weit über 60% aus metallischen Werkstoffen. Weiterhin enthalten sie Kunststoffe, Glas, Gummi, Lacke und in geringen Mengen u. a. auch Textilien und Holz. Bei der Werkstoffproduktion sind aus quantitativer Sicht vor allem Eisen und Stahl, NE-Metalle und Kunststoffe von Bedeutung [Enquête SMU 1994].

Als Indikatoren bieten sich an:

der gesamte Materialverbrauch ausgewählter Stoffe; die Materialintensität typischer Fahrzeuge bei ausgewählten Stoffen; der Wasser- und Abwasserverbrauch sowie das Abfallaufkommen.

- Flächenverbrauch

Verkehrsanlagen zerschneiden ökologische Wirkungszusammenhänge und mindern damit den ökologischen Wert der betroffenen Landschaft [SRU 1994]. Sie beeinträchtigen aber auch den Menschen in Hinblick auf Naherreichbarkeit, das Abschneiden ganzer Stadtteile vom übrigen Stadtgebiet etc. Die Flächennutzung für Verkehrszwecke beträgt etwa 5% der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland.

Als Indikatoren bieten sich an:

der gesamte Flächenverbrauch sowie die Länge des Verkehrswegenetzes.

7.1.3.2 Aufnahmekapazität der Umwelt

Die Emissionen von Schadstoffen wirken auf verschiedene Art auf die einzelnen Umweltmedien ein. Sie beeinträchtigen langfristig das weltweite Klima, führen zum Abbau des stratosphärischen Ozons und tragen zur Eutrophierung und Versauerung bei.

Als Indikatoren können die spezifischen und Gesamtemissionen folgender Stoffe im Verkehrsbereich, unterteilt nach Produktion, Verkehrsinfrastruktur und verkehrsmittelspezifischen Betrieb, herangezogen werden:

Kohlenmonoxid; Stickstoffoxide; Schwefeldioxid; Kohlendioxid; Distickstoffoxid; Methan; organische Verbindungen sowie Staub.

7.1.3.3 Menschliche Gesundheit

Die menschliche Gesundheit wird durch Verkehr in mannigfaltiger Weise beeinträchtigt, z. B. durch Emissionen von Kohlenmonoxid, Ruß und Partikeln und Benzol. Hier werden nur die Schallemissionen bzw. die Lärmbelastung und die Verkehrsunfälle betrachtet.

- Verkehrsbedingte Lärmbelastungen

Lärm, der als unangenehm, störend und belästigend empfunden wird, verursacht zahlreiche negative Wirkungen, die sich hauptsächlich auf die menschliche Gesundheit konzentrieren. Die Empfindung von Lärm ist allerdings individuell verschieden und unterliegt einer ausgesprochen subjektiven Bewertung. Gleichwohl können Immissionen gesundheitliche Schäden hervorrufen, die objektiv diagnostizierbar sind. Der Verkehr zählt neben dem produzierenden Gewerbe und Baustellen zu den wichtigsten Lärmquellen.

Als Indikator bietet sich die Verkehrsbelästigung der Bevölkerung am Wohnort an, wie sie in Umfragen festgestellt wurde bzw. werden kann [z. B. IPOS 1996] bzw. die Durchschnittlichen Schallemissionen der Verkehrsmittel.

- Sicherheit im Verkehr

Eine der wesentlichen Auswirkungen des Verkehrs sind die zahlreichen durch Verkehr bewirkten Unfälle. So starben 1997 in der Bundesrepublik Deutschland rund 8.500 Personen im Straßenverkehr und verletzten sich rund 500.000 Personen [BMV 1998].

Als Indikatoren bieten sich die Zahl der getöteten und verletzten Personen pro Jahr an.

7.1.4. Soziale Nachhaltigkeit im Verkehr

Individualität und Mobilität sind Schlüsselgrößen für die Frage nachhaltiger Verkehrsentwicklung. Neben den durch wirtschaftliche Tätigkeiten induzierten Verkehrsleistungen sind die individuellen Mobilitätswünsche zentraler Motor für das ständig steigende Verkehrsaufkommen [vgl. zu folgendem Ernst Basler + Partner 1998]. Nach dem vorherrschenden Gesellschaftsverständnis hat jedes Individuum Anrecht auf eine gesicherte Existenz, wozu auch die Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse gehört. Die Aufrechterhaltung bzw. die Herstellung des Zugangs des Individuums zu Orten, Menschen, Dienstleistungen und Aktivitäten wird damit zu einem zentralen Aspekt der gesellschaftlichen Nachhaltigkeit des Verkehrs, auch unter dem Aspekt der Chancengleichheit.

Neben der Sicherung der individuellen Grundversorgung ist auch die Frage des Interessenausgleichs zwischen Individuum und Gemeinschaft für das Aktivitätsfeld Mobilität von zentraler Bedeutung. Die Befriedigung aller Verkehrsbedürfnisse auf die jeweils gewünschte Art und Weise führt zu Konflikten mit anderen Bedürfnissen, z. B. denen nach einer intakten Umwelt. Die Sicherung des Interessenausgleichs zwischen individuellen Mobilitätsbedürfnissen, anderen Bedürfnissen und gesellschaftlichen Anforderungen ist daher eine wichtige Aufgabe der Verkehrspolitik. Die Mitwirkung der verschiede-

nen Bevölkerungs- und Interessengruppen an verkehrsrelevanten Entscheidungsprozessen ist eine Möglichkeit, die Bedürfnisse verschiedener Verkehrsteilnehmer und von Verkehr Betroffenen zu berücksichtigen zu können.

7.1.4.1 Sicherung der Grundversorgung und einer selbständigen Existenz

Der Besitz von individuellen Verkehrsmitteln (Pkw, Motorrad, Fahrrad) korrespondiert mit dem Bedürfnis des Menschen nach Individualität und selbstbestimmter Mobilität. Der Besitz von individuellen Verkehrsmitteln kann jedoch nicht mit ihrer Verfügbarkeit gleichgesetzt werden. So haben zum einen mehrere Personen, z. B. in einem Haushalt, Zugriff auf einen Pkw oder zu Car-pooling. Zum anderen bestehen die Möglichkeiten, sich einen Wagen zu mieten oder neue Angebotsformen wie Car-sharing zu nutzen. Als Indikatoren könnten die Verfügbarkeit motorisierter und nicht motorisierter individueller Verkehrsmittel eventuell bezogen auf verschiedene Gesellschaftsschichten (z. B. Einkommensklassen) verwendet werden. Hilfsweise könnte die jeweilige Fahrzeugdichte herangezogen werden (Pkw bzw. Fahrrad pro Einwohner).

7.1.4.2 Chancengleichheit

Das Kriterium der Chancengleichheit im Aktivitätsfeld Mobilität umfaßt die Gewährleistung des Zugangs der Bevölkerung zu Orten, Menschen, Aktivitäten und Dienstleistungen unabhängig von der Verfügbarkeit über individuelle Verkehrsmittel. Mit der Erreichbarkeit „regionaler Zentren“⁶⁶ mit öffentlichen Verkehrsmitteln wird die Zugangsmöglichkeit zur Grundversorgung abgebildet ohne Berücksichtigung spezieller Anforderungen wie Pkw-Verfügbarkeit oder Führerscheinbesitz. Als Erreichbarkeitsindikator – interpretiert als Indikator für die Chancengleichheit im Aktivitätsfeld Mobilität – kann der Anteil der Personen, die in einer bestimmten Zeit ein regionales Zentrum mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichen können, herangezogen werden. Gleichzeitig liefert dieser Indikator in gewisser Weise Aufschlüsse über die regionale Ausgeglichenheit der Lebensbedingungen, wenn er regional aufgeschlüsselt wird. Ein zusätzlicher Indikator könnte die Anzahl der Gemeinden sein, die o. a. Bedingungen erfüllen, sowie eventuell die durchschnittlichen Erreichbarkeitskosten.

⁶⁶ Ober-, Mittel- oder Untzentrum

7.1.5 Ökonomische Nachhaltigkeit im Verkehr

Zweck des ökonomischen Systems ist die materielle Sicherung der Existenz einer Gesellschaft durch Produktion von Gütern und Dienstleistungen. Diese Güter und Dienstleistungen sowie die daraus erzielten Einkommen dienen der Befriedigung materieller Bedürfnisse der Gesellschaftsmitglieder und tragen damit zu deren Nutzen bei. Die Produktion von Gütern und Dienstleistungen soll dabei so erfolgen, daß ein bestimmtes Produktionsergebnis mit dem geringstmöglichen Mitteleinsatz bzw. mit einem gegebenen Mitteleinsatz ein bestmögliches Ergebnis erzielt wird (Effizienzprinzip). Dieses essentielle Prinzip des Wirtschaftens gilt auch für das Aktivitätsfeld Mobilität. Es vernachlässigt aber Niveaufragen und abstrahiert von Verteilungsfragen. Vor diesem Hintergrund werden in dieser Studie neben dem Effizienzprinzip weitere Regeln eingeführt.

7.1.5.1 Spezifische Funktionen des Verkehrs

Neben der allgemeinen Funktion der Verteilung von Gütern und des Erschließens von Märkten erfüllt das Verkehrssystem folgende Funktionen:

- Das ausgebaute Verkehrssystem hilft, Produktionen an einzelnen Standorten zu konzentrieren und damit Produktionskosten einzusparen (Skaleneffekte).
- Das Transport- und Verkehrssystem ermöglicht es, lokale Produktionsvorteile zu nutzen (Standortvorteile).
- Die Möglichkeit, Lager- und Kapitalkosten durch eine Optimierung von Transportmengen und -frequenzen zu reduzieren, führt zur Kostensenkung der Produktion.
- Neben der Güterproduktion beeinflusst das Verkehrssystem auch die Konsummöglichkeiten und damit die individuellen Nutzen.

7.1.5.2 Effizienz

Zur Operationalisierung der Effizienzbedingungen liefert die Umweltökonomische Gesamtrechnung brauchbare Indikatoren in Form von Produktivitätskennziffern [Rennings, K. 1999]. Für die Produktion von Verkehrsmitteln und -infrastruktur können dabei spezifische Produktivitätskennziffern (Bruttowertschöpfung/Faktoreinsatz) verwendet werden. Dies sind neben den „ökologischen“ Produktivitäten (vgl. Kap. 3) die Arbeits- und Kapitalproduktivität, eventuell zusammengefasst zur totalen Faktorproduktivität.

Aus spezieller Sicht des Verkehrs ist die Verkehrsintensität des Wirtschaftens, gemessen in Pkm(tkm)/BIP-Beitrag, interessant. Ein bestimmtes Ausmaß an Verkehrsintensität im Personen- und Güterverkehr ist aber für eine nachhaltige Entwicklung nicht unbedingt ausschlaggebend. Wichtiger ist die Art und Weise, wie die Verkehrsleistung zustande kommt und welche Auswirkungen dies hat.

Für ein effizientes Verkehrssystem spielen neben der effizienten Produktion und der Verkehrsintensität auch „qualitative“ Aspekte wie Zuverlässigkeit und Transportzeit eine wesentliche Rolle. Als Indikatoren können der Zeitaufwand pro Weg bzw. Fahrt, unterteilt nach Verkehrsmitteln und Fahrt- bzw. Wegezwecken, verwendet werden. Ein Maß für die Zuverlässigkeit ist die Pünktlichkeit, mit der die einzelnen Verkehrsmittel ihre Aufgaben erfüllen. Zu denken ist hier an das Ausmaß der Verspätungen im Bahn- und Luftverkehr, der durchschnittlichen Benutzbarkeit von Binnenwasserstraßen (eingeschränkter Betrieb durch Hoch- oder Niedrigwasser etc.) und der Stauhäufigkeit im Straßenverkehr (durchschnittlicher Zeitverlust durch Staus).

7.1.5.3 Kostenwahrheit

Die Transportpreise sind aus wirtschaftlicher Sicht eine wichtige Größe, um Kostenvorteile in Produktion und Konsum realisieren zu können. Aus ökonomischer Sicht sollte das Verkehrssystem möglichst billig verfügbar sein. Dieses Kriterium ist sinnvoll, wenn der Preis unter Marktbedingungen entsteht und die tatsächlichen gesellschaftlichen Kosten beinhaltet. Im heutigen Verkehrssystem entsprechen die individuell zu zahlenden Preise jedoch in der Regel nicht den gesamten gesellschaftlichen Kosten. Nicht von den Verursachern bezahlte Kosten der Umweltnutzung und Defizite bei Finanzierung und Betrieb der Infrastruktur verhindern eine knappheitsgerechte Preisbildung. Schätzungen zu den gesellschaftlichen Kosten des Verkehrs existieren zwar [vgl. u. a. PLANCO 1995], die Verlässlichkeit ist jedoch aus methodischen Gründen anzuzweifeln [Knapp, F. 1998, Rennings, K. 1999], so daß zu diskutieren bleibt, ob diese Schätzungen als Indikatoren verwendet werden sollen.

7.1.5.4 Angemessene Diskontierung

Grundsätzlich sind in der Ökonomie mit Diskontraten und Zinssätzen künftige Kosten und Nutzen sowie zeitliche Präferenzen im Preissystem integriert. Finanz- und Geldmärkte bewerten täglich Erwartungen über künftige Entwicklungen. Die Bewertung der Zukunft bleibt jedoch in den Händen der heutigen Generationen, d.h. aus ihren Präferenzen ergeben sich Diskontraten. Jede positive Diskont-rate führt aber dazu, daß künftige Werte und Schadensereignisse heute vergleichsweise gering einkalkuliert werden.

Die Einbeziehung künftiger Generationen in die heutige Preisbildung ist somit nicht in dem Maße sichergestellt, wie dies durch das Leitbild der Nachhaltigkeit gefordert wird. Die auf heutige Präferenzen beruhende Diskontrate berücksichtigt künftige Generationen zu wenig.

Bei einer engen Auslegung von Nachhaltigkeit könnte verlangt werden, daß keine Diskontierung künftiger Werte erlaubt sei. Damit würde jedoch dem heute geschaffenen Kapital jegliche Produktivität abgesprochen. Praktisch gilt es, eine „soziale Diskontrate“ zu finden, die sich zwischen dem Wert 0 und dem heutigen Marktwert bewegt [Ernst Basler + Partner 1998]⁶⁷.

Eine angemessene Diskontierungsrate ist bei langfristigen Verkehrs(infrastruktur)maßnahmen als Indikator verwendungsfähig. Unter dem Aspekt der intergenerationellen Gerechtigkeit wäre auch zu überprüfen, ob das Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) Nachhaltigkeitskriterien entspricht.

7.1.5.5 Zusätzliche ökonomische Indikatoren

Für die übrigen Regeln für ökonomische Nachhaltigkeit ist zu überlegen, ob spezielle „Mobilitätsindikatoren“ sinnvoll zu interpretieren sind. So kommt es z. B. nicht darauf an, ob die staatliche Verschuldung im Verkehrssektor diesem dauerhaft ausreichende Handlungsspielräume im Hinblick auf die Gewährleistung seiner – verkehrlichen – Aufgaben beläßt, sondern ob dies für den Staat insgesamt als erfüllt gilt.

Allerdings können im Aktivitätsfeld Mobilität Hilfsindikatoren aufgestellt werden, die als Teilindikatoren zusammen mit entsprechenden Indikatoren aus anderen Aktivitätsfeldern den oder die Gesamtindikatoren ergeben. Zu denken ist dabei an

- staatliche Ausgaben und Einnahmen im Verkehrsbereich (Staatsverschuldung),

⁶⁷ Dabei kommt auch eine zeitvariable Diskontrate in Betracht (s. z.B. Atherton/French, 1999). Gleichzeitig ist darauf zu verweisen, daß eine Diskontrate sich aus zwei Komponenten zusammensetzt: Die Zeitpräferenzrate sowie dem Verlauf des Grenznutzens des Einkommens in Verbindung mit der zukünftigen Einkommens- und Bevölkerungsentwicklung (s. z.B. Barro/Sala-i-Martin, 1998, S.73). Sofern man keinen konstanten Grenznutzen des Einkommens annimmt - ein konstanter Grenznutzen würde z. B. ausschließen, daß es Sättigung gibt -, ist die Bestimmung einer Diskontrate keine rein normative Entscheidung. Der Grenznutzen des Einkommens ist weiterhin auch für Entscheidungen unter Unsicherheit sowie für Fragen der intragenerativen Verteilung von großer Bedeutung. Normative Fragen der inter-, der intragenerativen Gerechtigkeit und der Entscheidung unter Unsicherheit sind also logisch verknüpft und in einem konsistenten Wertesystem nicht unabhängig voneinander beantwortbar (zu den Zusammenhängen s. Olson, 1991, Kapitel 13f.). Auch ist das faktische Sparverhalten der Haushalte ohne starke Vererbungsmotive nicht zu erklären. Makroökonomische Arbeiten zum sog. ricardianischen Äquivalenztheorem deuten allerdings darauf hin, daß kein unendlicher Zeithorizont resultiert. Weiterhin können regulatorische Bestimmungen zu erheblichen Verzerrungen der Zinsstruktur führen (s. z.B. die ungewöhnliche Zinsstruktur für Staatsschuldtitel in Großbritannien und die Erklärung in Economist, 27.08.1999). Die Volatilität auf Finanz- und Kapitalmärkten und der Anteil kurzfristig laufender oder liquider Titel sind kein Beleg für eine kurzfristige Sichtweise (U. K.).

- den Anteil der Verkehrsausgaben am Budget der privaten Haushalte und die Verdienstmöglichkeiten im Verkehrsbereich (Einkommens- und Vermögensverteilung),
- die Modernität des Anlagevermögens im Verkehr (Nettoanlagevermögen in Prozent des Bruttoanlagevermögens) oder die Altersstruktur des Bruttoanlagevermögens (Anteile der Investitionsjahrgänge) als Indikatoren für „nachhaltiges“ Sachkapital,
- die FuE-Ausgaben, eventuell die Umweltschutzausgaben und Kategorien der Erwerbstätigen im Verkehr nach Bildungsabschlüssen (Human- und Wissenskapital),
- Außenhandelsdaten im Verkehrsbereich (Internationale Wirtschaftsbeziehungen).

7.1.6. Zusammenfassung

In den vorausgehenden Abschnitten wurde versucht, einen ersten Eindruck über eine mögliche Auswahl von Nachhaltigkeitsindikatoren im Aktivitätsfeld Mobilität zu vermitteln und ihre Auswahl kurz zu begründen. Die Indikatoren beziehen sich weitgehend auf die Nachhaltigkeitsregeln, wie sie nach dem gegenwärtigen Bearbeitungsstand vorliegen. Es handelt sich dabei nur um sogenannte Pressure-Indikatoren in den Dimensionen Ökologie, Soziales und Ökonomie. Die politische-institutionelle Dimension ist noch ausgeklammert.

In den nachfolgenden Übersichten werden, entsprechend den Regeln und noch unterteilt nach den drei angesprochenen Dimensionen, die möglichen Indikatoren, gegliedert nach Leitindikatoren, weitere Indikatoren und Hilfs- bzw. Zusatzindikatoren aufgeführt. Es sei nochmals auf die Vorläufigkeit dieser Indikatorenauswahl hingewiesen. Insbesondere muß sie auf die Anforderungen überprüft werden, die an ihre Ableitung zu stellen sind [SRU 1994].

7.2 Der Aktivitätsfelderansatz am Beispiel „Mobilität“

Die Verbindung der nationalen Ebene und der Aktivitätsfelderebene wurde als zentrales Element des Konzepts beschrieben, die Verbindung hindernde Faktoren wurden allerdings auch des öfteren aufgeführt. Um die Praktikabilität des Ansatzes zu belegen, werden im folgenden beispielhaft einige Aspekte für den Bereich „Mobilität“ behandelt. Gleichzeitig werden auch einige Vorteile des Ansatzes konkret vor Augen geführt. Da nicht die im Hauptprojekt anstehende Arbeit geleistet werden kann, beschränken sich die folgenden Ausführungen auf Bestandsaufnahmen (**Bezugsjahr: 1993**) und CO₂-Emissionen (abschnittsweise wird der Energieverbrauch hinzugezogen). CO₂-Emissionen bieten aufgrund einer Fülle von Studien besonders gute Vergleichsmöglichkeiten. Entsprechende Analy-

sen wurden für alle in **Tabelle 7.1** unter „Aufnahmekapazität der Umwelt, Leitindikatoren“ aufgeführten Größen sowie für Energie und teilweise für Wasser, Abwasser und Abfall durchgeführt. Ökonomische Größen wurden nicht betrachtet, ihre Behandlung stellt keine besonderen analytischen Schwierigkeiten dar. In Statistisches Bundesamt (1997, S.84f.) wird als Beispiel für die analytische Auswertung von IO-Tabellen gerade die Wirkung einer Verringerung der Nachfrage privater Haushalte im Inland nach Straßenfahrzeugen auf die Wertschöpfung der einzelnen Produktionsbereiche errechnet. In Abschnitt 7.2.1 wird die Abgrenzung des Aktivitätsfeldes „Mobilität“ kurz diskutiert. Einige Zurechnungsergebnisse werden in Abschnitt 7.2.2 dargestellt. Es folgt ein Vergleich der Daten aus der IO-Tabelle mit anderen Daten sowie eine Diskussion der Ergebnisse im Zusammenhang mit bottom-up-Analysen (Abschnitt 7.2.3). Schließlich wird ein Resümee gezogen.

Tabelle 7.1: Übersicht über Nachhaltigkeitsindikatoren in „Mobilität“

Ökologische Indikatoren	Leitindikatoren	Weitere Indikatoren	Hilfsindikatoren
Energieverbrauch	Durchschnittlicher und gesamter Primär- und Endenergieverbrauch	Spezifischer Energieverbrauch (evt. Response-Indikator)	
Materialverbrauch	Gesamter Materialverbrauch ausgewählter Stoffe	Materialintensität typischer Fahrzeuge bei ausgewählten Stoffen (evt. Response-Indikator)	
	Wasser- und Abwasserverbrauch	Abfallaufkommen ausgewählter Stoffe (z. B. Sonderabfälle)	
	Abfallaufkommen		
Flächenverbrauch	gesamter Flächenverbrauch		Länge des Verkehrsnetztes
Aufnahmekapazität der Umwelt	Gesamtemissionen von CO, CO ₂ , NO _x , SO ₂ , CH ₄ , NMVOC, N ₂ O, Staub	Spezifische Emissionen der Verkehrsmittel (evt. Response-Indikator)	
Verkehrsbedingte Lärmbelastungen	Verkehrsbelästigung der Bevölkerung am Wohnort	Fahrzeuggeräuschwerte in dB(A) (evt. Response-Indikator)	
Sicherheit	Anzahl der Getöteten pro Jahr Anzahl der Verletzten pro Jahr		
Soziale Indikatoren	Leitindikatoren	Weitere Indikatoren	Hilfsindikatoren
Sicherung der Grundversorgung und selbständige Existenz	Verfügbarkeit motorisierter und nicht motorisierter Verkehrsmittel (einkommensspezifisch)	Pkw-, Fahrraddichte	
Chancengleichheit	Anteil der Personen, die in einer bestimmten Zeit ein regionales Zentrum mit öffentlichen Verkehrsmit-	Anzahl der Gemeinden, deren Bevölkerung in einer bestimmten Zeit ein regionales Zentrum mit öffentli-	

Ökonomische Indikatoren ⁶⁸	Leitindikatoren	Weitere Indikatoren	Hilfsindikatoren
Effizienz	Totale Faktorproduktivität	Arbeitsproduktivität Kapitalproduktivität Flächenproduktivität Energieproduktivität Rohstoffproduktivität Wasserproduktivität Treibhausgasproduktivität Versauerungsproduktivität Abfallproduktivität Abwasserproduktivität	Verkehrsintensität (Pkm(tkm)/BIP-Beitrag) Zeitaufwand pro Fahrt (Weg) Pünktlichkeitsindikatoren
Kostenwahrheit	eventuell externe Kosten des Verkehrs		
Diskontierung	Diskontierungsrate bei Verkehrs(infrastruktur) investitionen		Neues Bewertungsverfahren in der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP)

7.2.1 Beschreibung der Abgrenzung

Die Abgrenzung des Aktivitätsfelds „Mobilität“ wird entsprechend der Reihenfolge in Abschnitt 2.4 diskutiert: Erst wird das „Bedarfsfeld“ bestimmt, dann die „Kernbereiche“.

Das Bedarfsfeld wird beginnend mit Statistisches Bundesamt (1997), Tabelle 5 („Käufe der privaten Haushalte nach Gütergruppen und Verwendungszwecken“) erstellt. Die Spalte 10 („Güter für Verkehr einschl. Kraftstoffe“) wird zu „Mobilität“ gerechnet. Hierdurch erhält man sämtliche Ausgaben der privaten Haushalte für ihre eigene Verkehrsmittelbenutzung. Enthalten sind z.B. auch Mieten für Garagen (5,8 Mrd. DM) - inklusive kalkulatorische Mieten für Garagen im Eigentum und in Eigenutzung der Haushalte. Urlaubsreisen u.ä. mit dem Flugzeug werden allerdings – unter bestimmten Bedingungen – statistisch als Güter für Freizeit oder Güter sonstiger Art aufgefaßt, diese sind zu „Mobilität“ hinzuzufügen. Weiterhin geben die Haushalte auch Aufträge an Speditionen oder lassen sich Güter liefern. Diese Transportleistungen sind auf die jeweiligen Verwendungszwecke (z.B. Mö-

⁶⁸ Zu „zusätzlichen Indikatoren“ s. Abschnitt 7.1.5.5.

bellieferungen unter „Güter für die Haushaltsführung“) verteilt⁶⁹. Die entsprechenden Werte werden „Mobilität“ zugeordnet. Zum Bedarfsfeld kommen nun noch diejenigen Güter, die im „Staatsverbrauch“ (Tabelle 1.1, Spalte 61) enthalten sind und aus der Ausweisung des Staatsverbrauchs nach Aufgabenbereichen als dem Verkehr dienend erkennbar sind (das betrifft z.B. Verwaltungstätigkeiten im Verkehrsbereich, Kauf und Aufstellen von Straßenschildern).

Das Bedarfsfeld enthält also folgende Kategorien:

- von Haushalten in eigener Entscheidung benutzte Verkehrsmittel;
- von Haushalten beauftragte Verkehrsnutzung durch Unternehmen;
- für die Nutzung der Verkehrsmittel von Haushalten gekaufte Güter und Dienstleistungen;
- vom Staat bereitgestellte Dienstleistungen, Ver- und Gebrauchsgüter für Verkehrszwecke.

Nun fehlen noch die von Unternehmen für Verkehrszwecke nachgefragten Güter und Dienstleistungen, der Verkehr, der im Auftrag von Unternehmen durchgeführt wird sowie die Investitionstätigkeiten der Gebietskörperschaften für Verkehrszwecke. Sämtliche Investitionstätigkeiten für den Verkehr sind aus BMV (1996) ersichtlich. Die Verkehrsinfrastrukturinvestitionen erhält man in der IO-Tabelle über eine entsprechende Aufspaltung der Bauinvestitionen. Nun wechselt man in den IO-Tabellen von den Spalten zu den Zeilen und fragt, welche Gütergruppen dem Verkehr dienen (s. z.B. Abbildung 2.2b): Man erhält die Gütergruppen 12, 23-25, 45, 46, 48 (s. auch Tabelle 2.4), wodurch definitionsgemäß auch die entsprechenden Produktionsbereiche zugeordnet werden. Diese Gütergruppen in Verbindung mit dem Bedarfsfeld „Mobilität“ unter Berücksichtigung *sämtlicher Vorprodukte* bilden das Aktivitätsfeld „Mobilität“⁷⁰. Dieser Abgrenzung folgt die Zurechnung.

Die zugeordneten Gütergruppen/Produktionsbereiche, die in Tabelle 2.4 enthalten sind und dort als „Kernbereiche“ bezeichnet werden, werden nun am Beispiel „Mobilität“ näher erläutert. Sie setzen sich aus zwei Kategorien zusammen, die ineinander übergehen:

- Gütergruppen, die ausschließlich Mobilität dienen;
- Gütergruppen, die vorwiegend der Mobilität dienen, die aber auch zu einem gewissen Teil für andere Zwecke verwendet werden.

Die erste Kategorie ist unproblematisch (z.B. „Leistungen der Eisenbahnen“, Nr. 45). Die zweite Kategorie sei am Beispiel der „Herstellung von Gummierzeugnissen“ (Produktionsbereich Nr.12) erläutert. Aus der IO-Tabelle des privaten Verbrauchs nach Verwendungszwecken, dem Output-

⁶⁹ Auch Versicherungen und Kreditaufnahmen, die außerhalb der „Güter für den Verkehr“ zu finden sind, werden anteilig „Mobilität“ zugeordnet.

⁷⁰ Hinzu kommt noch der Werkverkehr, der über den Kraftstoffverbrauch in der energetischen IO-Tabelle (Statistisches Bundesamt, 1997, Tabelle 4) abgeschätzt wird.

vektor, dessen Korrelationskoeffizienten mit dem Outputvektor von „Straßenfahrzeugbau“ in der Vorleistungsverflechtung und verschiedenen Produktionsstatistiken ist zu vermuten, daß überwiegend Bereifung hergestellt wird. Gleichzeitig weisen aber die hohen Outputkoeffizienten z.B. für Lieferungen von Gummi an Chemie und Elektrotechnik darauf hin, daß auch anderen Gütern eine gewisse Bedeutung zukommt. Ob es sich dabei um Kuppelprodukte der Reifenherstellung handelt, um andere Produkte, die auch von Reifenherstellern erzeugt werden, oder ob diese Güter sowohl technisch als auch organisatorisch völlig unabhängig von der Reifenerzeugung produziert werden, ist unklar. Gleichzeitig dient eine Bereifung auch nicht zum Verkehr gehörenden Fahrzeugen (z.B. Ackerschleppern, die nicht „Mobilität“ zugerechnet werden; Ackerschlepper sind unter „Maschinenbau“ und nicht unter „Straßenfahrzeugbau“ zu finden). Näheres kann nur eine genaue Untersuchung ergeben; diese, so wird vorgeschlagen, soll von Bearbeitern des Aktivitätsfeldes „Mobilität“ durchgeführt werden, da sehr starke Indizien dafür sprechen, daß überwiegend unmittelbar zu „Mobilität“ gehörende Güter dort produziert werden. Ist der organisatorische und technische Zusammenhang sowie die Nachhaltigkeitsrelevanz klarer, kann über das weitere Vorgehen bei dieser Gütergruppe entschieden werden.

Die Trennlinie zwischen den „restlichen Produktionsbereichen“ (s. Tabelle 2.5) und der zweiten Kategorie ist unscharf. In den IO-Tabellen ist beispielsweise der Schienenfahrzeugbau mit dem Stahlbau zu einem Produktionsbereich zusammengefaßt. Der Schienenfahrzeugbau dient im Gegensatz zum Stahlbau eindeutig der „Mobilität“. Hier wurde aufgrund der Daten entschieden, daß nicht der gesamte Produktionsbereich zu „Mobilität“ gerechnet werden sollte. Dabei war von entscheidender Bedeutung, daß die Struktur der Lieferungen dieses Produktionsbereichs eine relativ gute Abschätzung des Schienenfahrzeuganteils erlaubt. Damit ist eine angemessene Berücksichtigung des Schienenfahrzeugbaus in „Mobilität“ möglich, ohne zugleich den gesamten Stahlbau „Mobilität“ zuzuweisen⁷¹.

Die wesentlichen Überlappungen mit anderen Aktivitätsfeldern können nun an zwei Beispielen verdeutlicht werden: Der Transport von Baumaterialien ist als *Transport* Bestandteil von „Mobilität“, als Transport von *Baumaterialien* Bestandteil von „Bauen & Wohnen“. Ebenso ist der Straßenbau als *Bau* Bestandteil von „Bauen und Wohnen“ und als Bau von *Straßen* Bestandteil von „Mobilität“. Mit dem Straßenbau oder mit dem Transport von Baumaterialien verbundene Größen werden sowohl in

⁷¹ In Zukunft dürfte in den IO-Tabellen Schienenfahrzeugbau mit Luft- und Wasserfahrzeugbau zusammengefaßt als „sonstiger Fahrzeugbau“ neben „Straßenfahrzeugbau“ ausgewiesen werden.

„Mobilität“ als auch in „Bauen & Wohnen“ ausgewiesen und in beiden Aktivitätsfelder aus der jeweiligen Perspektive untersucht.

Die gewichtigen Vorteile dieses Ansatzes, der nicht unmittelbar die Kategorien der offiziellen Statistik verwendet, sind folgende:

- Die organisatorischen Einheiten, die die Produkte nachfragen, sind erkennbar; deren Verhalten ist innerhalb eines Aktivitätsfeldes weiter analysierbar (z.B. Güterverkehr im Auftrag der privaten Haushalte, der Unternehmen oder des Staates; Geschäftsverkehr ist als durch die sektorale Struktur bedingt ausgewiesen und ist, da nicht private Haushalte als entscheidungstragende Einheiten auftreten sondern Unternehmen, vom sonstigen MIV abgetrennt);
- die Komplementarität von Gütern in der Nachfrage wird berücksichtigt; Verhaltensänderungen sind dann als switch zwischen Güterbündeln darstellbar;
- die starre buchhaltungstechnische Methode, die für spezifische Zwecke entwickelt wurde, wird zugunsten des Untersuchungsziels verlassen. Dadurch wird verhindert, daß man in Sackgassen läuft, die in der Verbuchungssystematik angelegt sind (z.B. eine Vernachlässigung institutioneller Aspekte, weil die IO-Tabelle funktional gegliedert ist). Damit das Untersuchungsziel die zu verwendenden Daten bestimmt und nicht die Daten das Untersuchungsziel, ist eine überschaubare Erhöhung des Aufwands für die Datenverarbeitung in Kauf zu nehmen.

7.2.2 Zurechnungsergebnisse

Die folgenden Zurechnungsergebnisse sollen einen Einblick in die Möglichkeiten des Verfahrens sowie den Ausgangspunkt für einen Vergleich mit bottom-up-Analysen und in Fachuntersuchungen zum Verkehr verwendeten Datensätzen bieten. Im folgenden wird kein Gesamtbild für das Aktivitätsfeld „Mobilität“ gegeben. Die Addition der Produktionsbereiche, die nach Abschnitt 7.2.1 zu „Mobilität“ gehören, wurde nicht vorgenommen, da dies als weitere Aggregation nichts zu einer Diskussion der Verbindung mit Detailanalysen beitragen kann. Nach einem Überblick werden Zurechnungen auf das Bedarfswelt dargestellt, anschließend Ergebnisse zum Produktionsbereich „Straßenfahrzeugbau“⁷².

Die folgende Darstellung beruht darauf, daß die Ergebnisse der Zurechnungsmodelle als eine alternative Ordnung der in den offiziellen Statistiken ausgewiesenen Daten aufgefaßt und dementsprechend in einem modifizierten Gesamtrechnungssystem ausgewiesen werden können. Als Ausgangspunkt

wird ein aggregiertes Konto der CO₂-Emissionen für Deutschland verwendet (**Tabelle 7.2**), das an das „zusammengefaßte Güterkonto“ der VGR (Konto 0) angelehnt ist (zum „zusammengefaßten Güterkonto“ s. Statistisches Bundesamt, 1997a). Das Konto enthält Doppelzählungen, die an dieser Stelle auch in der VGR üblich sind. Die Kontendarstellung bietet den Vorteil, daß die weiteren Möglichkeiten der IO-Analyse skizziert werden können und verdeutlicht werden kann, wie die Größen in beliebiger Richtung durch das gesamte System auf verschiedenen aber konsistent miteinander verknüpften Aggregationsniveaus weiterverfolgt werden können.

Die Emissionen im Inland erkennt man auf der linken Seite als „direkte Emissionen“. Die direkten Emissionen der Haushalte sind auf der rechten Seite unter privatem Verbrauch wiederum enthalten. Alle anderen Werte erhält man aus Zurechnungsmethoden. Die Vorleistungen (auf beiden Seiten) enthalten die indirekten Emissionen (durch Produktion der Vorleistungen entstandenen Emissionen) sämtlicher Produktionsprozesse. Ihnen liegt eine fiktive Vorleistungsverflechtungsmatrix in CO₂-Einheiten zugrunde. Wendet man sich den kumulierten Emissionen (direkte + indirekte Emissionen) der einzelnen Produktionsbereiche zu, dann spaltet man diese Position und die Position „direkte Emissionen Unternehmen“ auf der linken Seite nach den einzelnen Produktionsbereichen auf. Durch eine entsprechende Aufspaltung der rechten Seite erhält man für jeden Produktionsbereich ein Konto nach Tabelle 7.2. Ebenso kann man Tabelle 7.2 nach Aktivitätsfeldern aufspalten und Überlappungen über ein dafür eingerichtetes Konto kontrollieren.

Die typischen Ergebnisse eines Zurechnungsmodells erhält man, wenn man die „Vorleistungen“ und die „direkten Emissionen der Haushalte“ saldiert. Mit der IO-Analyse errechnet man auf Grundlage der „direkten Emissionen Unternehmen“ und der IO-Tabelle folgendes: Über die Annahmen identischer Produktionsstrukturen werden die im Ausland entstehenden mit der Einfuhr verbundenen Emissionen abgeschätzt (351 Mt). Gleichzeitig werden die Emissionen errechnet, die mit der Produktion der Güter für den privaten Verbrauch, für den Staatsverbrauch, für die Nettoinvestitionen, für die Vorratsänderung und die Ausfuhr verbunden sind. Dabei ist zu bemerken, daß die der Einfuhr zugeordneten ebenso wie die mit der Berücksichtigung der Abschreibungen als Vorprodukte verbundenen Emissionen auch unter den einzelnen Positionen ausgewiesen werden könnten. Die Annahmen über die Einfuhren und die Abschreibungen sind nicht essentiell. Es handelt sich um Schätzmethode,

⁷² Gearbeitet wurde mit einer gemischt monetären IO-Tabelle, wodurch die aus einer Preisdifferenzierung im Energiebereich entstehenden Probleme eliminiert wurden. Der Verschleiß wurde als zusätzlicher Zeilen- und die Ersatzinvestitionen als zusätzlicher Spaltenvektor der Vorleistungsverflechtung berücksichtigt, für Importe wurden gleiche Produktionsprozesse wie im Inland angenommen.

die bei Vorliegen entsprechender Daten verbessert werden können. Essentiell ist die Vollständigkeit des Systems und die Möglichkeit einer konsistenten Zerlegung.

Tabelle 7.2: Zusammengefaßtes CO₂-Konto (in Mt)

„Aufkommen“		„Verwendung“	
Produktionswert	2082	Vorleistungen	1154
<i>davon: Vorleistungen</i>	<i>1154</i>	Privater Verbrauch	738
<i> direkte Emissionen Unternehmen</i>	<i>701</i>	<i>Davon: direkte Emissionen</i>	<i>227</i>
<i> direkte Emissionen Haushalte</i>	<i>227</i>	Staatsverbrauch	110
Einfuhr	351	Nettoinvestitionen	64
		Vorratsänderung	31
		Ausfuhr	336
Summe	2433	Summe	2433

Für das **Bedarfsfeld** „Mobilität“ nach Abschnitt 7.2.1 wird beispielhaft ein ähnliches Konto erstellt, an dem insbesondere zwei Ausweisungsmöglichkeiten der damit verbundenen Produktionsprozesse erläutert werden sollen. Das Bedarfsfeld Mobilität ist ein Teil der Positionen „privater Verbrauch“ und „Staatsverbrauch“ in Tabelle 7.2. Die Ausweisung ist in **Tabelle 7.3** zu sehen. Man erkennt, daß die direkten Emissionen den größten Teil ausmachen und mit staatlichem Verbrauch für Mobilität verbundene Emissionen gering sind⁷³.

⁷³ Die nicht zum **Bedarfsfeld** „Mobilität“ gehörigen Verkehrsinfrastrukturinvestitionen sind mit ebenfalls eher geringen ca. 12,4 Mt CO₂ verbunden.

Tabelle 7.3: CO₂-Konto Bedarfsfeld „Mobilität“ (in Mt)

Herkunft		Verbleib	
direkte Emissionen Haushalte Mobilität	99	privater Verbrauch Mobilität	179
Emissionen durch Produktionsbereiche	83	<i>davon: direkte Emissionen</i>	<i>99</i>
		staatlicher Verbrauch Mobilität	3
Bedarfsfeld Mobilität	182	Bedarfsfeld Mobilität	182

Für weitere Analysen ist die Aufspaltung der „Emissionen durch Produktionsbereiche“ auf die einzelnen Produktionsbereiche von besonderer Bedeutung. Dies kann auf zwei Arten geschehen, die beispielhaft anhand der Käufe von Straßenfahrzeugen durch private Haushalte erläutert werden: Im Straßenfahrzeugbau wird Elektrizität eingesetzt. Die Erzeugung von Strom verursacht CO₂-Emissionen. Diese CO₂-Emissionen können nun unter den Käufen der privaten Haushalte unter Straßenfahrzeuge ausgewiesen werden, weil der Kauf von Straßenfahrzeugen die Verbindung zu diesen Emissionen darstellt. Sie können unter den Käufen der privaten Haushalte aber auch unter Elektrizität ausgewiesen werden, weil die Emissionen dort entstehen und die Haushalte mit einem Straßenfahrzeug implizit diesen Strom kaufen. Diese zwei Arten der Ausweisung werden verwendet. Also: 1. Nach den emittierenden Produktionsbereichen (nach „Herkunft“, im Beispiel unter Elektrizität); 2. Nach den Gütergruppen, die Haushalte und Staat für Mobilitätszwecke selbst kaufen (nach „direktem Konsum“, im Beispiel unter Straßenfahrzeugen).

Die prozentualen Aufteilungen nach den beiden Konzepten sind in **Tabelle 7.4** gegenübergestellt. Die Anteile nach „direktem Konsum“ unterscheiden sich deutlich von denen nach „Herkunft“. Unter „direktem Konsum“ findet man eine sehr starke Konzentration auf wenige Bereiche⁷⁴. Interessant ist hier der hohe Dienstleistungsanteil, der bei Betrachtung nach „Herkunft“ verschwindet. Die Zahlen seien hier nicht näher interpretiert, deren Bedeutung ist jedoch einfach zu verdeutlichen: Wenn sich die CO₂-Intensität der Stromerzeugung um 10% verringert, so sinken die produktionsbedingten CO₂-Emissionen im Bedarfsfeld „Mobilität“ um 3,55%⁷⁵ (s. nach „Herkunft“, „Elektrizität“). Dagegen ist der Anteil „direkter Konsum“ für Änderungen im Konsumverhalten ausschlaggebend: Wenn die Haushalte 10% weniger Straßenfahrzeuge kaufen, verringern sich die produktionsbedingten

⁷⁴ Unter „Mineralölzeugnisse“ sind hier nicht die Emissionen durch Fahrten der privaten Haushalte enthalten. Diese können als Teil der „direkten Emissionen Haushalte „Mobilität““ in Tabelle 7.3. nicht in einer Aufgliederung von „Emissionen durch Produktionsbereiche“ zu finden sein.

⁷⁵ Dies gilt unter der Annahme „kostenloser“ Emissionsreduktionen. Änderungen im Produktionsprozeß „Elektrizität“ können natürlich berücksichtigt werden.

CO₂-Emissionen um 3,58% (s. nach „direktem Konsum“, Straßenfahrzeuge“). Durch ein parallele Berechnung nach beiden Möglichkeiten hat man so gleichzeitig neuralgische Produktionsprozesse und Konsummuster im Blick.

Um einen beliebigen einzelnen Produktionsprozeß näher zu analysieren, kann man von der Seite Anteile nach „direktem Konsum“ auf diesen Produktionsprozeß schwenken. Als Beispiel sei „Straßenfahrzeugbau“ aufgeführt. Hier könnte man wiederum ein Konto nach Tabelle 7.2 schreiben. Auf der rechten Seite würde dann der in Tabelle 7.4 ausgewiesene Anteil nach „direktem Konsum“ als absolute Zahl auftauchen. Die Darstellung der linken Seite kann wiederum analog zu Anteil an „direktem Konsum“ oder Anteil nach „Herkunft“ ausgewiesen werden⁷⁶. Im folgenden wird nur der Anteil nach „Herkunft“ aufgeführt (**Tabelle 7.5**). Aus der Verbindung der beiden Ausweisungsarten kann man für „Straßenfahrzeugbau“ eine Analyse von Substitutionen im Produktionsprozeß mit der Identifikation neuralgischer vorgelagerter Prozesse verbinden.

Tabelle 7.4: „Emissionen durch Produktionsbereiche“ nach „direktem Konsum“ und „nach Herkunft“ in Prozent (Summe 83Mt CO₂)

Anteile nach „direktem Konsum“		Anteile nach „Herkunft“ in %	
Straßenfahrzeuge 23	35,8%	Elektrizität 3	35,5%
sonst. Verkehr 48	20,4%	sonst. Verkehr 48	13,6%
Mineralölerzeugnisse 11	15,0%	Mineralölerzeugnisse 11	9,5%
Eisenbahn 45	8,1%	Eisen 16	8,8%
Einzelhandel 44	4,0%	Steine/Erden 13	4,7%
Großhandel 43	3,4%	Erdöl, Erdgas 8	3,7%
Versicherungen 50	2,6%	Großhandel 43	2,5%
Gebietskörperschaften 56	2,6%	Straßenfahrzeuge 23	2,4%
Gummi 12	2,0%	Chemie 9	2,4%
restl. Produktionsbereiche	6,1%	Eisenbahn 45	2,3%
		Restl. Produktionsbereiche	14,6%

⁷⁶ Zur Methodik, die analoge Ergebnisse wie nach „direktem Konsum“ liefert, s. Schulz 19.5.1999.

Tabelle 7.5: Aufgliederung der kumulierten CO₂-Emissionen für den Bereich „Straßenfahrzeuge“ nach „Herkunft“

Produktionsbereich	Anteil nach Herkunft in %
Elektrizität, Dampf, Warmwasser (Nr.3)	44,33
Eisen und Stahl (Nr. 16)	17,15
Straßenfahrzeuge (Nr. 23), direkte Emissionen	6,21
Steine und Erden, Baustoffe (Nr. 13)	5,27
Chemische Erzeugnisse (Nr. 9)	3,27
Dienstleistungen des sonstigen Verkehrs (Nr.48)	2,71
Dienstleistungen des Großhandels (Nr. 43)	1,92
Glas und Glaswaren (Nr. 15)	1,85
Mineralölerzeugnisse (Nr. 10)	1,69
Kohlenbergbau (Nr. 6)	1,49
sonstige marktbestimmte Dienstleistungen (Nr.55)	1,43
Gießereierzeugnisse (Nr.18)	1,30
Nichteisen-Metalle, -Metallhalbzeug (Nr.17)	1,13
Gewinnung von Erdöl, Erdgas (Nr. 8)	1,07
restliche Produktionsbereiche	9,18

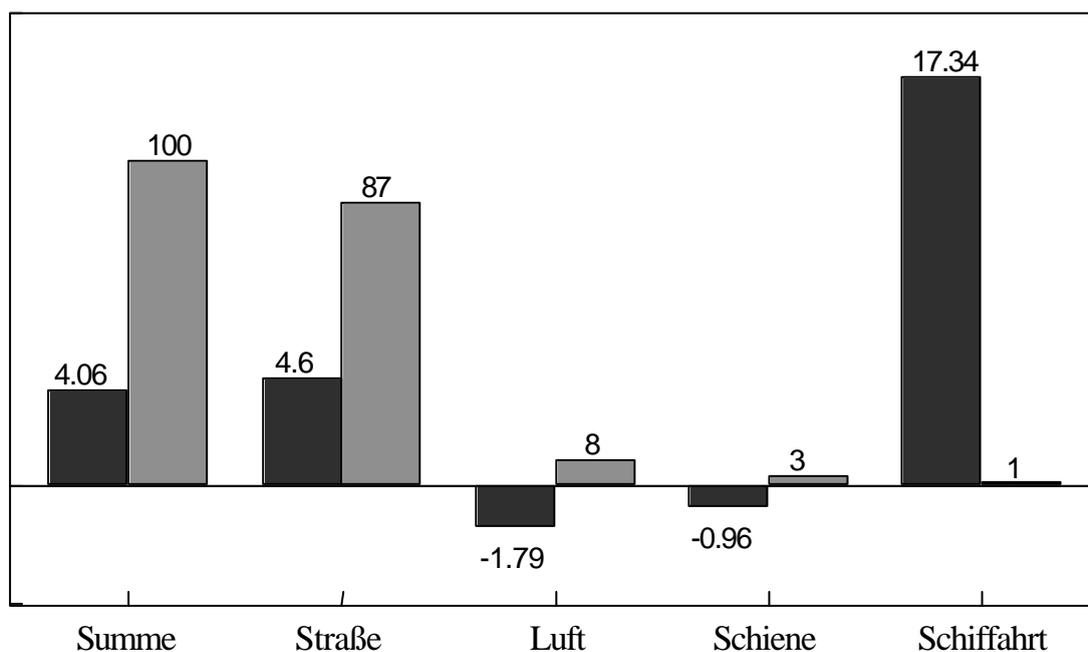
Eine andere Verbindungsmöglichkeit ergibt sich über Tabelle 7.4. Elektrizität nach „Herkunft“ trägt 44,33% zu den kumulierten Emissionen durch „Straßenfahrzeugbau“ bei. Über den Straßenfahrzeugbau gelangen nun insgesamt 35,8% der produktionsbedingten Emissionen zum Bedarfsfeld „Mobilität“ (s. Tabelle 7.4, nach „direktem Konsum“). Damit kommen ca. 15,9% der produktionsbedingten Emissionen über den Einsatz von Strom im Straßenfahrzeugbau zum Bedarfsfeld „Mobilität“. Oder: Von den 35,5% CO₂-Emissionen durch Elektrizität im Bedarfsfeld „Mobilität“ (s. Tabelle 7.4, nach „Herkunft“) stammen allein ca. 15,9 Prozentpunkte vom „Straßenfahrzeugbau“. Derartige Zahlen liefern die Verbindung zwischen spezifischen Eigenschaften einzelner Produktionsprozesse und Bedürfnissen.

Eine nicht näher aufgeführte Analysemöglichkeit besteht in einer Betrachtung über die Zeit. Z.B. zeigte ein Vergleich mit Ergebnissen aus der IO-Tabelle 1991, daß der Produktionsbereich „Steine und Erden“ 1993 deutlich mehr zu den Emissionen im Straßenfahrzeugbau beitrug. Welche konkreten Prozesse hinter dieser Änderung stehen, wurde noch nicht geklärt. Das Ergebnis verdeutlicht aber bereits, wie die IO-Analyse neuralgische Produktionsprozesse zu identifizieren hilft. Gleichzeitig sollte deutlich geworden sein, wie man mit Hilfe der IO-Analyse durch Perspektivenwechsel in einem in sich konsistenten System eine differenzierte Bestandsaufnahme durchführen und eine konsistente Aggregation trotz flexibler Untersuchungsmethoden auf disaggregierter Ebene unterstützen kann.

7.2.3 Daten- und Ergebnisdiskussion

Die Daten der IO-Tabelle sind mit Datenstrukturen aus anderen Quellen zu verbinden. Eine auch im Mobilitätsbereich wichtige Verbindung ist die mit der Energiebilanz. Die energetische IO-Tabelle wurde zum Vergleich in die Staffelnrechnung der Energiebilanz umgeformt, wobei die Hauptschwierigkeit die Umwandlungsbilanz in der Energiebilanz sowie nichtenergetische Verbräuche bereiten. Dies erkennt man bereits an den in den Summen gut passenden Resultaten: Der Primärenergieverbrauch ist nach der IO-Tabelle um ca. 0,3% niedriger als nach der Energiebilanz, der Endenergieverbrauch ist um ca. 2,7% höher; demnach sind die aus der IO-Tabelle abgeschätzten Umwandlungsverluste zu gering. Für einzelne Energieträger sind mitunter deutlichere Abweichungen festzustellen. Eine genaue Diagnose der Unterschiede kann aufgrund der unterschiedlichen sektoralen Aufteilung in den beiden Bilanzen schwierig werden. Erwähnt sei beispielhaft die Zusammenfassung des Handwerks und der Landwirtschaft zu Kleinverbrauchern, die in der IO-Tabelle auf verschiedene Produktionsbereiche aufgeteilt sind, sowie der Industriesektor „Nichteisenmetalle“ in der Energiebilanz, der Nichteisenmetall-Gießerei enthält, die in der IO-Tabelle nicht unter „Nichteisenmetallen“ sondern unter „Gießerei“ subsumiert ist. Die Ergebnisse des Vergleichs für den Endenergieverbrauch im Verkehr sind in **Abbildung 7.1** dargestellt.

a) nach Sektoren



b) nach Energieträgern

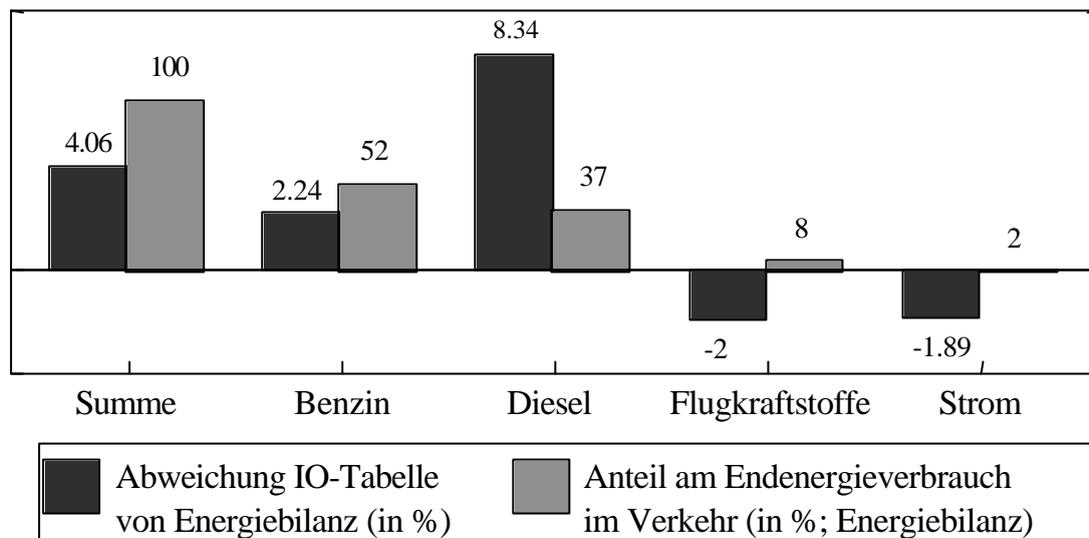


Abbildung 7.1: Endenergieverbrauch im Verkehr (in %)

Die Zahlen aus der Energiebilanz (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, 1997, Tabelle 3.2, Deutschland) wurden als Referenz verwendet. Dies bedeutet nicht, daß die Zahlen in der Energiebilanz für genauer gehalten werden, vielmehr wird dieses Vorgehen durch das Ziel, die Zahlen der Energiebilanz aus Umformungen der energetischen IO-Tabelle zu replizieren, nahegelegt. Der Endenergieverbrauch im Verkehr beträgt nach der Energiebilanz 2596 PJ, was ca. 28,3% des gesamten Endenergieverbrauchs in Deutschland entspricht. Der Endenergieverbrauch im Verkehr war nach der IO-Tabelle um ca. 4,06% (105 PJ) höher. Diese Zahl ist in Abbildung 7.1 der erste Balken. Die Abweichung ist in Abbildung 7.1a) nach Verkehrssektoren der Energiebilanz zerlegt, in Abbildung 7.1b) nach Energieträgern. In beiden Abbildungen ist neben der Abweichung der IO-Tabelle von der Energiebilanz der Anteil am Endenergieverbrauch angegeben, um auch die jeweilige Relevanz zu verdeutlichen. Für den Luft- und Schienenverkehr ist eine ziemlich gute Übereinstimmung festzustellen. Der Endenergieverbrauch der Binnen- und Küstenschifffahrt (in Abbildung 7.1a) verkürzt als „Schifffahrt“ bezeichnet) ist in der IO-Tabelle deutlich höher. Aufgrund des geringen Anteils ist diese Abweichung für den gesamten Endenergieverbrauch im Verkehr allerdings nahezu irrelevant. Die große Abweichung ist vermutlich auf Abgrenzungsprobleme zur Seeschifffahrt zurückzuführen⁷⁷. Im Aktivitätsfeld „Mobilität“ ist zu klären, inwieweit die Seeschifffahrt berücksichtigt werden soll. Falls die Schifffahrt als besonders nachhaltigkeitsrelevant eingestuft wird, muß der Abgrenzung Deutsch-

⁷⁷ Seeschiffe unter deutscher Flagge werden im Inlandskonzept der VGR als territoriale Exklaven Deutschlands unter „Inland“ berücksichtigt.

lands ein besonderes Augenmerk gelten⁷⁸. Die prozentuale Abweichung im Straßenverkehr ist zwar erträglich, aufgrund des großen Energieverbrauchs ist jedoch eine nähere Betrachtung naheliegend. Diese kann anhand der Energieträger erfolgen⁷⁹. Hier wird deutlich, daß ca. 3,1 Prozentpunkte der gesamten Abweichung im Verkehrsbereich (4,06%) vom Dieselmotorkraftstoff herrühren. Da der Dieselmotorkraftstoffverbrauch im Schienenverkehr recht gut übereinstimmt (in IO-Tabelle 1,9% zu hoch; in Abbildung 7.1 nicht ersichtlich) und der Schiffsverkehr quantitativ zu unbedeutend ist, um nennenswerte Teile der Abweichung zu erklären (ca. 0,5 Prozentpunkte der 8,34%), wird in der Umformung der IO-Tabelle dem Straßengüterverkehr ein deutlich höherer Energieverbrauch zugewiesen als in der Energiebilanz⁸⁰. Dies bestätigt die aus der energetischen IO-Tabelle abgeleitete Aufteilung in **Abbildung 7.2**.

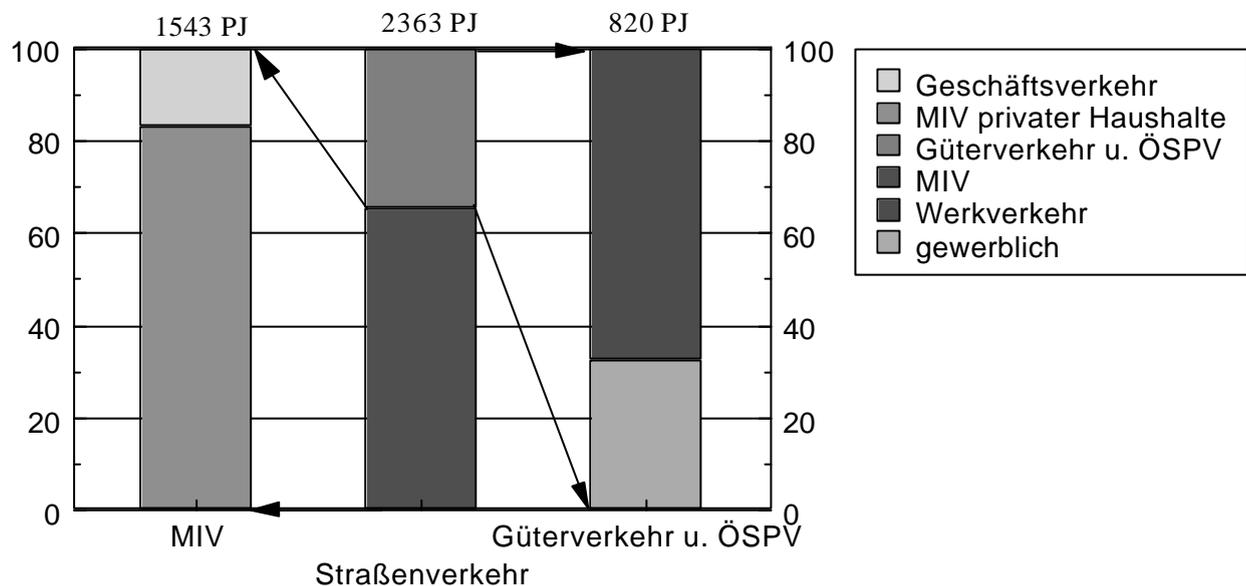


Abbildung 7.2: Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr aus IO-Tabelle (Anteile in %)

Der Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (mittlerer Balken) beträgt 2363 PJ, woraus sich die Abweichung von 4,6% im Vergleich zur Energiebilanz (s. Abbildung 7.1a)) ergibt. 65,3% des Kraftstoffverbrauchs (1543 PJ) entfallen auf den motorisierten Individualverkehr (MIV), 34,7% auf den Güterverkehr und den öffentlichen Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) (820 PJ). Der Wert für den MIV stimmt recht gut mit den 1588 PJ aus BMV (1996, S. 293) überein, während die 820 PJ für den Güterverkehr und den ÖSPV die sich aus BMV (1996, S.293) ergebenden 671 PJ deutlich

⁷⁸ Dies gilt auch für den Luftverkehr.

⁷⁹ Die Energieträger „Kohle“ und „Flüssiggas“, die einen positiven aber äußerst geringen Beitrag zum Endenergieverbrauch im Verkehr leisten, wurden in Abbildung 7.1b) nicht getrennt ausgewiesen.

⁸⁰ Das Statistische Bundesamt verwendet auch noch einen geringeren Heizwert für Dieselmotorkraftstoff als die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanz.

übersteigen. Da der Kraftstoffverbrauch des gewerblichen Güterverkehrs (265 PJ) und MIV durch private Haushalte (1281 PJ) – also ohne Geschäftsverkehr, über den ja von Unternehmen entschieden wird – aus der IO-Tabelle unmittelbar ersichtlich ist, sind der Geschäfts- und Werksverkehr die Problembereiche. Vermutlich wurde ein Kraftstoffverbrauch von um die 50 PJ dem Werkverkehr statt dem Geschäftsverkehr zugeordnet. Des weiteren veranschlagt das Statistische Bundesamt einen um ca. 91 PJ – im Verkehrsbereich ca. 81 PJ – höheren Endenergieverbrauch von Dieselmotoren als die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Auch hier könnte die Abgrenzung Deutschlands eine Rolle spielen (z.B. ausländische Tätigkeiten inländischer Speditionen). Die beiden Aspekte können um 130 PJ der Abweichung im Güterverkehr erklären. Die Abschätzung des Kraftstoffverbrauchs im Geschäftsverkehr und im Werkverkehr sollte im Hauptprojekt also besonders sorgfältig diskutiert werden. Bei zusätzlicher Berücksichtigung der Abgrenzung Deutschlands müßte dann eine gute Übereinstimmung der Energiedaten erreichbar sein. Damit dürften auch die Schadstoffemissionen, die hauptsächlich durch den Energieverbrauch entstehen, eher geringe Probleme bereiten⁸¹.

Vergleiche zwischen Ökobilanzen und IO-Tabellen liegen in der Literatur vor. Für den Strassenfahrzeugbau kamen Wagner/Wenzel (1996) auf ähnliche Ergebnisse. Da sie sich ebenfalls auf das Jahr 1993 beziehen, wird diese Rechnung hier nicht wiederholt. Wichtig ist, daß das Preiskonzept der IO-Tabelle verwendet wird; offensichtlich erhält man beispielsweise einen um 16% zu hohen Beitrag, wenn man Preise mit Mehrwertsteuer verwenden würde. Wagner/Wenzel (1996) machen auch darauf aufmerksam, daß Standardversionen von Autos verwendet werden sollten, da zusätzliche Ausstattungen häufig zu starken Preisanstiegen führen, denen keine entsprechende materielle Basis zugrunde liegt. Sollte eine verstärkte Produktdifferenzierung im Automobilbau erwartet werden, so ist mit einer Verschlechterung der IO-Ergebnisse für einzelne Bereiche zu rechnen. Gegenwärtig läuft im DLR in der Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung ein Vergleich von Ökobilanzen mit Hybridansätzen, die Ökobilanzen und IO-Analysen verbinden. Es zeigten sich teilweise erhebliche Unterschiede, die noch nicht genauer untersucht wurden. Aufgrund der Systemgrenzen wird es um die Bewertung von Vorgängen im Dienstleistungssektor gehen.

7.2.4 Zusammenfassung

⁸¹ Auf die teilweise größeren Änderungen der Daten durch Revisionen sei hier nur hingewiesen (vgl. z.B. Energie- und Emissionsdaten in BMV 1995, 1996 und 1998). Derartiges ist auch aus der VGR wohlbekannt (zu beispielhaften Darstellungen der Änderungen von als vorläufig bezeichneten Daten über nicht mehr vorläufige zu revidierten s. z.B. Stobbe, 1994, S. 352ff.).

Insgesamt zeigt sich die IO-Analyse als sehr flexibel und gut für das HGF-Projekt geeignet. Insbesondere ermöglicht das Gesamtrechnungsschema den Überblick auch über große Datenmengen und erleichtert eine Konsistenzprüfung. Die Verbindung mit anderen Datensätzen führte zu befriedigenden Ergebnissen. Sie sollte im Laufe des Projekts verbessert werden können. Eine Verbindung von Ökobilanzen mit IO-Analysen wird nicht regelmäßig zu vergleichbaren Daten führen, eine Diskussion der Systemgrenzen u.ä. ist stets erforderlich. Der laufende Vergleich zwischen einem Hybridansatz und Ökobilanzen kann für die weitere Ausarbeitung der Verbindung als besonders aufschlußreich angesehen werden.

Anhang

Anhang 1: Beispiel zur zeitlichen Zuordnung

Zur Verdeutlichung der bedarfs- und der entstehungsorientierten Sichtweisen wird ein fiktives Beispiel verwendet. Angenommen ein Land stellt seine Stromerzeugung von 100% Kohlekraftwerke auf 100% solarthermische Kraftwerke um. Für die gesamte Stromerzeugung werden jeweils fünf Kraftwerke benötigt. Die Lebensdauer und Leistung der Kraftwerke sei identisch, der Stromverbrauch bleibe konstant. Jedes Jahr wird eine gleichbleibende Anzahl von Kraftwerken (20% vom ursprünglichen Bestand, d.h. bei Linearität 20% Werteverbleib pro Jahr) ersetzt. Der Materialverbrauch pro Geldeinheit Investition sei in jeder Periode konstant und für solarthermische und Kohlekraftwerke identisch. Die Kapitalkosten eines Solarkraftwerks betragen das 2,5fache der entsprechenden Kosten eines Kohlekraftwerks, die Kohlekosten entsprechen über die Lebenszeit des Kraftwerks genau dieser Differenz. Der Materialaufwand entspreche für alle Verwendungszwecke dem monetären Aufwand, nur für Kohle liege er beim 1,1fachen des monetären Aufwands. Der Anpassungsprozeß kann nun in „Kohlekraftwerkseinheiten“ dargestellt werden.

Die **Tabelle A.1** ist auf ein Kohlekraftwerk in Materialeinheiten normiert (1 \equiv Materialverbrauch pro Kohlekraftwerk). Zeitraum -1 zeigt den Verbrauch vor Beginn der Umstellung. Ein Kohlekraftwerk wird neu gebaut, um ein altes zu ersetzen: Die Bruttoinvestitionen sind 1 („Kohlekraftwerkeinheit“), die Nettoinvestitionen null. Zur Befuerung der Kraftwerke werden 1,5 Geldeinheiten verwendet, also 1,65 Materialeinheiten. Die entstehungs- und bedarfsorientierten Betrachtungsweisen unterscheiden sich nicht, da die Nettoinvestitionen 0 sind. Im Zeitraum 0 wird nun das erste Solarkraftwerk gebaut, das erst zu Beginn des Zeitraums 1 ans Netz geht. Folglich bleiben die Kohlaufwendungen gleich, die Bruttoinvestitionen steigen jedoch. Ebenso die Nettoinvestitionen, da ein Solarkraftwerk das 2,5fache Kapital erfordert. Die dafür zusätzlich benötigte Ersparnis ergibt sich aus einer entsprechenden Konsumverringerng⁸². Die positiven Nettoinvestitionen führen bei einer bedarfsorientierten Betrachtung zu

⁸² Es werden fundamentale Zusammenhänge aus der VGR verwendet. Für das Beispiel vereinfacht: Das Brutto-sozialprodukt (Y) führt definitionsgemäß zu einer Nachfrage in gleicher Höhe, die sich auf Konsum (C) und Investitionen (I) aufteilt ([1] $Y=C+I$). Andererseits wird Y wiederum definitionsgemäß auf Ersparnis (S) und Konsum aufgeteilt: [2] $Y=S+C$. Nimmt man - um die Vergleichbarkeit verschiedener Perioden zu gewährleisten - im Beispiel an, daß Y konstant bleibt, dann ergibt sich aus [1] $\Delta I=-\Delta C$ und aus [2] $-\Delta C=\Delta S$. Diese Gleichungen werden verwendet.

einer entsprechenden Verringerung des festgestellten Materialverbrauchs, während sich bei einer entstehungsorientierten Betrachtung nichts ändert. In der nächsten Periode 1 ist ein Solarkraftwerk am Netz, der Kohleverbrauch verringert sich um 20%, ebenso die Nettoinvestitionen, da der Werteverbrauch eines teureren Solarkraftwerks zu berücksichtigen ist. In der entstehungsorientierten Sichtweise verringert sich der Materialverbrauch aufgrund des Rückgangs des Kohleeinsatzes; die bedarfsorientierte Sichtweise weist im Vergleich zur Vorperiode einen erhöhten Verbrauch auf, da der Konsum wieder gestiegen ist, und dieser Anstieg den Rückgang des Kohleverbrauchs überkompensiert. Derart geht es bis zum fünften Zeitraum: Nun ist die Stromerzeugung ganz auf Solarenergie umgestellt, die Abschreibungen pro Jahr entsprechen genau dem Wert eines Solarkraftwerkes: Die Nettoinvestitionen sind Null. Die entstehungs- und bedarfsorientierte Sichtweise sind wieder identisch; es wird wieder in gleicher Höhe konsumiert wie im Zeitraum -1, der damit verbundene Materialeinsatz ist jedoch um 0,15 „Kohlekraftwerkeinheiten“ gesunken.

Offensichtlich mißt die *entstehungsorientierte* Sichtweise - im Gegensatz zur bedarfsorientierten - in jedem Zeitraum den *tatsächlichen* Materialverbrauch. Die Problematik ist in Periode 0 deutlich zu erkennen: In Periode 0 wird durch Konsumverzicht der größte Teil der Kosten der Umstrukturierung getragen. Dem geringeren Konsum wird jedoch derselbe Materialverbrauch wie in Periode -1 zugerechnet; pro DM Konsum wird also ein höherer Materialverbrauch als in -1 ausgewiesen. Hier besteht die Gefahr, dies als einen negativ zu bewertenden Trend aufzufassen: Entweder als Steigerung der Materialintensität der Produktion, oder als Verlagerung des Konsums auf materialintensivere Produkte. Beides ist falsch. Das ist aber aus den Ergebnissen für eine Periode nicht zu erkennen. Ein dem Beispiel entsprechender zeitlicher Verlauf dürfte z. B. für regenerative Energiequellen nutzende Technologien nicht untypisch sein, die ständig benötigte Ressourcen durch eine einmalige größere Investition zu Beginn ersetzen. Das Muster in den Spalten 7 und 8 der Tabelle kann dabei auch anders verlaufen; z.B. kann auch ein vorübergehender Anstieg des Materialverbrauchs nicht ausgeschlossen werden. Ein solcher könnte sich im Beispiel für Spalte 8 ergeben, wenn der Materialverbrauch pro Geldeinheit Konsum geringer als 1 (der Materialverbrauch pro Geldeinheit Investition) wäre.

Die Summe des von $t=-1$ bis 6 ausgewiesenen Materialverbrauchs ist bei der bedarfsorientierten Betrachtung niedriger als bei der entstehungsorientierten. Der Unterschied in jeder Periode entspricht den Nettoinvestitionen der Periode (in Materialeinheiten), in der Summe über den Zeitraum von -1 bis 6 also genau dem Anstieg des Kapitalstocks (in Materialeinheiten). Bleibt der Kapitalstock konstant, dann tauchen diese 4,5 Einheiten nicht mehr auf. Sie werden sukzessive immer weiter in die

Zukunft verschoben. Sobald jedoch der Kapitalstock sinkt, erscheinen sie in der Berechnung. Das wird in der **Tabelle A.1** anhand der Perioden 10-15 gezeigt. Es wird angenommen, daß ab Periode 10 für den Bau eines Solarkraftwerks nur noch eine Materialeinheit (und Geldeinheit) benötigt wird. Die Zahlen ergeben sich analog zur obigen Beschreibung. Nun übersteigen in der Übergangsphase (Perioden 10 bis einschließlich 14) die Abschreibungen die Bruttoinvestitionen. Der Materialverbrauch bei einer bedarfsorientierten Betrachtung ist deshalb höher als bei einer entstehungsorientierten. Da der Kapitalstock sich um den gleichen Betrag verändert wie zwischen $t=-1$ bis 4, ergibt sich aufsummiert über $t=10$ bis 15 auch in Bezug auf den Materialverbrauch betragsmäßig die gleiche Differenz. Die Ausweisung des Materialverbrauchs wurde bei einer bedarfsorientierten Betrachtung also teilweise vom Zeitraum 0 bis 4 auf den Zeitraum von 10 bis 14 verschoben.

Tabelle A.1: Materialverbrauch in einem fiktiven Beispiel (Zahlen in Materialeinheiten auf „Kohlekraftwerk“ normiert)

t	Bruttoinvest.	Ab-schr.	Nettoinvest.	Kapitalstock (jeweils Ende t)	Kohleverbrauch (3)	Δ Konsum (4)	Materialverbrauch Bedarf (2)+(3)+(4)	Materialverbrauch Entstehung (1)+(3)+(4)
	(1)	(2)	(1)-(2)	s. a)	s. b)	s. c)		
-1	1	1	0	3	1,65	0	2,65	2,65
0	2,5	1	1,5	4,5	1,65	-1,5	1,15	2,65
1	2,5	1,3	1,2	5,7	1,32	-1,2	1,42	2,62
2	2,5	1,6	0,9	6,6	0,99	-0,9	1,69	2,59
3	2,5	1,9	0,6	7,2	0,66	-0,6	1,96	2,56
4	2,5	2,2	0,3	7,5	0,33	-0,3	2,23	2,53
5	2,5	2,5	0	7,5	0	0	2,5	2,5
6	2,5	2,5	0	7,5	0	0	2,5	2,5
	„	„	„	„	„	„	„	„
	„	„	„	„	„	„	„	„
10	1	2,5	-1,5	6	0	+1,5	4	2,5
11	1	2,2	-1,2	4,8	0	+1,2	3,4	2,2
12	1	1,9	-0,9	3,9	0	+0,9	2,8	1,9
13	1	1,6	-0,6	3,3	0	+0,6	2,2	1,6
14	1	1,3	-0,3	3	0	+0,3	1,6	1,3
15	1	1	0	3	0	0	1	1

- a) Der Kapitalstock (eine Bestandsgröße) ist ausgewiesen, um den Ablauf zu verdeutlichen. Er berechnet sich wie folgt: Ende $t=-1$ sind 5 Kohlekraftwerke vorhanden. Aufgrund der linearen Abschreibung ergibt sich z.B. der Kapitalstock Ende -1 als $1+0,8+0,6+0,4+0,2=3$. Der Kapitalstock Ende 0 ist mit dem neuen Solarkraftwerk $2,5+0,8+0,6+0,4+0,2=4,5$ (=Kapitalstock Ende -1 + Nettoinvestitionen während $t=0$).
- b) Annahmegemäß verbraucht jedes Kohlekraftwerk über die gesamte Lebenszeit (5 Perioden) Kohle für 1,5 Werteinheiten (Wert Solarkraftwerk 2,5 - Wert Kohlekraftwerk 1). Bei gleichmäßigem Verbrauch also $1,5:5=0,3$ Werteinheiten pro Periode. Der Kohleverbrauch pro Periode in Werteinheiten ergibt sich dann aus $0,3 \times$ (Anzahl der in der Periode arbeitenden Kohlekraftwerke). Der Kohleverbrauch in Materialeinheiten errechnet sich als (Kohleverbrauch in Werteinheiten) $\times 1,1$.
- c) Im Vergleich zu Zeitraum -1. Die Spalte wurde eingeführt, damit das Bruttosozialprodukt (Werteinheiten!) konstant bleibt, die Zeilen also vergleichbar sind.

Nicht nur wie der Materialverbrauch über die Zeit zugeordnet wird, sondern auch welche Teilbereiche als problematisch erkannt werden, ist wichtig. Bei richtiger Zurechnung würden eindeutig die Bedarfsfelder, in denen relativ viel Strom verbraucht wird, als problematisch erkannt; genau dort wurde aber in umweltverträglichere Technologien investiert. Insgesamt verleitet Kapitalakkumulation bei unvorsichtiger Interpretation zu falschen Aussagen. Der bedarfsorientierte Ansatz erfordert eine Berücksichtigung der Abschreibungen als Vorleistungen. Da natürlich auch der tatsächliche Materialverbrauch pro Periode bedeutsam ist, sollte man die Nettoinvestitionen getrennt ausweisen und detailliert untersuchen. Dadurch kann der bedarfs- mit dem entstehungsorientierten Ansatz verbunden werden. Der Unterschied zwischen bedarfs- und entstehungsorientierten Ansatz berührt einen Kerngedanken der nachhaltigen Entwicklung: Es geht um Zusammenhang und Beurteilung der Veränderung künstlichen Kapitals und Naturkapitals.

Nach den obigen Ausführungen ist klar, daß die Bruttoinvestitionen entsprechend der statistischen Ausweisung zuzurechnen sind, wenn man von der Entstehungsseite ausgeht. Geht man von der Bedarfsseite aus, so sind nur die Abschreibungen im jeweiligen Zeitraum zu berücksichtigen. Die Bruttoinvestitionen sind dann in Netto- und Ersatzinvestitionen aufzuspalten, die Nettoinvestitionen und der ihnen zugeordnete Umweltverbrauch sind nicht diesem Zeitraum zuzurechnen⁸³. Die Ersatzinvestitionen können über die Abschreibungen den einzelnen Aktivitätsfeldern zugeordnet werden. Der tatsächliche Belastungsbeitrag, der mit den vergangenen Investition verbunden ist, ist allerdings nicht ohne weiteres festzustellen. Dazu müßte man den Zeitpunkt der Investitionen und die damaligen Produktionstechnologien kennen. Wegen dieses Datenproblems werden die bekannten Belastungsbeiträge der aktuellen Investitionsgüter zugrundegelegt⁸⁴. Dieses Vorgehen wird im HGF-Projekt vorläufig verwendet werden. Im Laufe des HGF-Projekts wird geprüft werden, ob USM, in denen die Sachkapitalakkumulation abgebildet ist, als Basis für eine verfeinerte Methode dienen können.

⁸³ Die bedarfsorientierte Betrachtung impliziert, daß Fehlinvestitionen in der Periode, in der sie sich als solche erweisen, auf die letzten Verwender verrechnet werden. Die „Ersatzinvestitionen“ sind rein hypothetisch, sofern der Kapitalstock sinkt. Positive Nettoinvestitionen sind im übrigen keine Mischung aus unzulänglichen statistischen Erfassungen und Konjunkturabhängigkeit, wie Drake (1996, S.41) suggeriert, sondern ein typisches Merkmal wachsender Volkswirtschaften. Der Sachkapitalstock wächst langfristig ein Wenig schneller als das Bruttoinlandsprodukt.

⁸⁴ Es handelt sich nicht um ein originäres Problem der Zurechnung von Belastungsbeiträgen. Eine monetäre Bewertung des Kapitalbestandes kann zu konstanten Preisen, zu Anschaffungspreisen und zu Wiederbeschaffungspreisen bewertet werden. Als Analogie ergibt sich: Ein bedarfsorientierter Ansatz würde eine Bewertung zu „Anschaffungspreisen“ erfordern, die Bewertung im statischen IO-Modell erfolgt zu „konstanten Preisen“. Die Analogie zu „Wiederbeschaffungspreise“ würde eine Bewertung entsprechend der letzten in Betrieb genommenen Anlage erfordern.

Anhang 2: Produktionstechnologie und technischer Fortschritt

Um technologische und ökonomische Untersuchungen zu verknüpfen, ist ein Verständnis der Abbildung von „Produktionstechnologien“, „technischem Fortschritt“ sowie des jeweiligen Sprachgebrauchs erforderlich. Der folgende Abriß orientiert sich an Methoden, die – sei es durch eigene Verwendung oder Übernahme von Daten – voraussichtlich im HGF-Projekt angewendet werden.

Volkswirtschaftlich wird in Schätzungen und auch in USM de facto Technik im eigentlichen Sinn und Organisation zu einer Funktion zusammengefaßt. Die Funktion gibt die obere Grenze der Menge der Produktionsmöglichkeiten in Abhängigkeit von den Inputs an. Je nach Untersuchungsziel kann dabei die Anpassungszeit einzelner Inputs variabel gestaltet werden. Häufig werden CES-Produktionsfunktionen verwendet. Für anderen Funktionen, die z.B. in ökonometrischen Arbeiten auftauchen, ergeben sich ähnliche Aussagen⁸⁵. In den USM sind geschachtelte CES-Produktionsfunktion relevant:

$$Y = A [b_1 (a_1 X_1)^{\psi_1} + (1 - b_1) (a_{23} X_{23})^{\psi_1}]^{1/\psi_1}$$

$$X_{23} = [b_2 (a_2 X_2)^{\psi_2} + (1 - b_2) (a_3 X_3)^{\psi_2}]^{1/\psi_2}$$

mit:

Y: Output (i. allg. Bruttoproduktionswert)

X_i: Input in Mengeneinheiten (Arbeit, Kapital, Vorprodukte...)

a_i X_i: Input in Effizienzeinheiten

A: Parameter für hicksneutralen „technischen Fortschritt“

b_i: Verteilungsparameter

$\sigma_i \equiv 1/(1 - \psi_i)$ Substitutionselastizität der entsprechenden Inputs (in der jeweiligen „Schachtel“) in Effizienzeinheiten (CES: Constant elasticity of substitution); sie gibt z.B. an um wieviel Prozent das Einsatzverhältnis von Energie zu Arbeit sinkt, wenn das Verhältnis von Energiepreis zu Lohnkosten um 1% steigt⁸⁶.

⁸⁵ Auch zur Beschreibung der Haushaltsentscheidung werden ähnliche Funktionen verwendet.

⁸⁶ Bei geschachtelten CES-Produktionsfunktionen ist die Elastizität zwischen verschiedenen Schachteln nicht unmittelbar zu erkennen. Es sind verschiedene Elastizitäten möglich (s. Varian, 1985, S.76). Im allgemeinen wird die Allen-Substitutionselastizität verwendet. Schätzungen entsprechender Elastizitäten und einer angemessenen Schachtelung von Energie, Kapital und Arbeit für Deutschland sind in Kemfert (1998) zu finden; eine Diskussion im Zusammenhang mit LEAN-TCM bieten Kemfert/Welsch (1997). Diese Elastizitäten sind für die Wirkung einer Energiesteuer wichtig. CES-Produktionsfunktion sind weithin von großer Bedeutung, z.B. verwandte die Deutsche Bundesbank eine geschätzte CES-Produktionsfunktion für Deutschland um das Produktionspotential zu bestimmen, das u.a. für geldpolitische Überlegungen eine entscheidende Rolle spielt. Das Ergebnis der Schätzung wird von Feess (1997) dargestellt und erläutert.

Auf jeder Ebene können beliebig viele Inputs berücksichtigt, entsprechend viele Schachteln sowie beliebig viele Ebenen eingeführt werden. Die Funktion wurde auf Basis beobachtbarer Regelmäßigkeiten entwickelt und kann empirisch als brauchbar gelten. Die in IO-Analysen verwendete Produktionsfunktion ist ein Spezialfall einer CES-Funktion: Eine Leontieff-Produktionsfunktion ($\psi_i \rightarrow -\infty$ für alle i ; $Y = \min(v_1 X_1, v_2 X_2, v_3 X_3, \dots)$; mit v_i : Verbrauchskoeffizienten (Kehrwerte der Inputkoeffizienten))⁸⁷. Solche Parameterwerte können, sofern nicht sehr kurze Zeiträume unterstellt werden, m. W. in Hypothesentests immer statistisch abgelehnt werden. Für eine nähere Beschreibung eines Zustands kann eine Leontieff-Produktionsfunktion als lokale Linearisierung interpretiert und angewendet werden. Für Szenariorechnungen ist eine allgemeine CES-Produktionsfunktion eindeutig vorzuziehen. Die sich ergebenden Inputkoeffizienten sind im allgemeinen von sämtlichen Parametern der Produktionsfunktion und vom Relativpreisvektor abhängig⁸⁸. Der typische Parameter für eine Implementierung von technischem Fortschritt ist a_i . Eine Erhöhung von a_i „vermehrt“ den Faktor i . Mißt man den Faktor in Effizienzeinheiten (s.o.), so ergeben sich Veränderungen der Inputkoeffizienten allein durch die vom technischen Fortschritt induzierten Preis- und Einkommensänderungen. Wenn eine bestimmte neue Technologie bei gleichen Preisen einen Faktor im Vergleich zur implementierten Technologie besonders stark nutzt (z.B. relativ kapitalintensiv ist), dann muß vermutlich ψ_i oder b_i verändert werden⁸⁹. Als technischen Fortschritt definiert man ökonomisch i.allg. die zeitliche Veränderung von A unter Konstanz aller anderen Parameter (auch der a_i). Diese Zahl – die Veränderung der „totalen Faktorproduktivität“ – ist meßbar (s. z.B. Young, 1995)⁹⁰.

In **Abbildung A.2.1** sind Technologien dargestellt, wie sie im Grundsatz, aber dort weniger flexibel, in LP-Modellen abgebildet werden. An den Achsen sind die beiden Inputs X_1 und X_2 in Mengen-

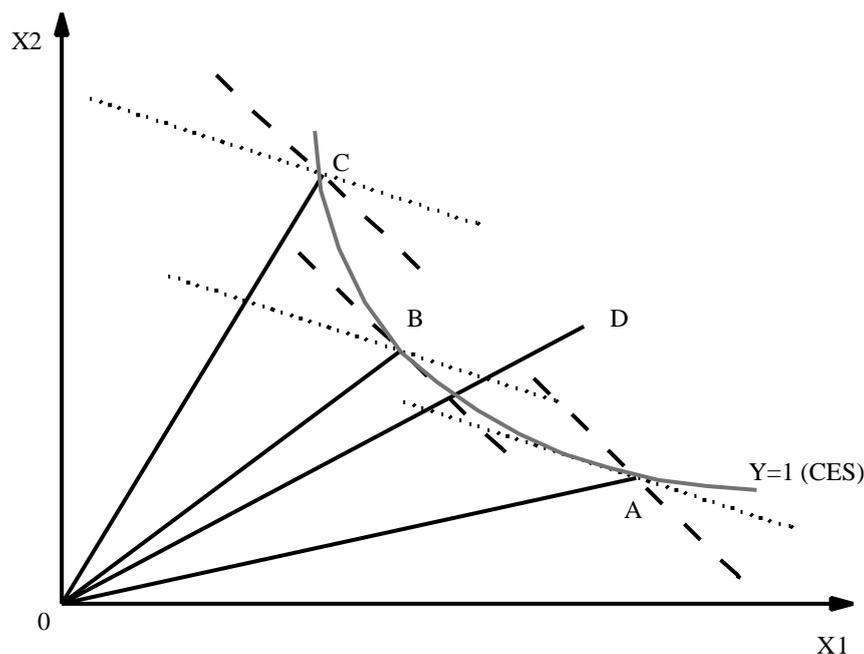
⁸⁷ Aus der IO-Tabelle erhält man keine übliche Produktionsfunktion, da die Inputkoeffizienten nicht die Dimension Mengeneinheit Input/Mengeneinheit Output besitzen. Durch geschickte Normierung oder über die Verwendung von Preisen kann jedoch eine Produktionsfunktion ermittelt werden. Vergleicht man verschiedene Jahre, dann kann man natürlich nur für ein Jahr normieren, für die andere Jahre sind die Preisentwicklungen zu eliminieren.

⁸⁸ Eine Erhöhung des Outputs bei konstanten Preisen ändert die Inputkoeffizienten nicht. Für eine nichtgeschachtelte CES-Produktionsfunktion mit zwei Faktoren wurden die entsprechenden Koeffizienten zur Probe bestimmt. In den USM wird i. allg. nicht von der Produktionsfunktion sondern von der dazugehörigen Kostenfunktion ausgegangen, da das rechnerisch bedeutend einfacher ist (Dualer Ansatz, die wesentlichen verwendeten Zusammenhänge für die Unternehmen sind z.B. in Varian 1985, ca. S.55ff. zu finden, dort wird S. 34f. die Kostenfunktion hergeleitet; prägnant dargestellt wird der Dualitätsansatz in Dixit/Norman, 1998, Kapitel 2). Ob man technische Daten und volkswirtschaftliche Beschreibung über Kosten- oder Produktionsfunktionen verbindet, ist eine pragmatische Frage.

⁸⁹ Aufgrund von Böhringer (1998) läßt sich vermuten, daß die Berücksichtigung völlig verschiedener Technologien in einer homothetischen Produktionsfunktion problematisch werden kann.

⁹⁰ Einen kurzen methodischen Überblick zu Schätzungen der totalen Faktorproduktivität und zur Integration zweier Modelltypen der endogenen Wachstumstheorie bietet Barro (1999). Mikroökonomisch sind totale Faktorproduktivitäten z.B. für die verbreitete price-cap Regulierung wichtig (s. z.B. Bernstein/Sappington, 1999).

einheiten abgetragen⁹¹. A,B,C und D stellen verschiedene Produktionsprozesse dar, mit deren Hilfe der gleiche Output produziert wird. Der Output ist für alle Prozesse auf eine Mengeneinheit normiert. Geht man von den Spitzen der vier Fahrstrahle waagrecht bzw. senkrecht zu den beiden Achsen, dann erkennt man wie viele Einheiten der beiden Inputs pro Outputeinheit benötigt werden. Prozeß B wird demnach stets Prozeß D vorgezogen, da er eine geringere Menge von beiden Inputs benötigt. Prozeß D kann deshalb in einem solchen Modell nur in der Lösung erscheinen, wenn für Prozeß B insgesamt eine bindende Obergrenze gilt, und wird in der Lösung erscheinen, wenn man eine minimale Produktion mittels Prozeß D vorschreibt. A, B und C benötigen jeweils von einem Input mehr und vom anderen weniger: C benötigt relativ viel X2, A relativ viel X1, B liegt in der Mitte. Welcher Prozeß der günstigste ist, hängt nun davon ab, wie teuer X1 im Vergleich zu X2 ist. Wenn X1 nichts kosten würde, würde A gewählt, da A am wenigsten X2 benötigt; wäre X2 kostenlos, so würde C gewählt. Die Kosten kann man demnach in Abbildung A.2.1 ablesen, wenn man an die Spitzen der Fahrstrahle eine Gerade anträgt, die den relativen Preis von X1 und X2 angibt. Wenn X1 sehr teuer ist, verläuft die Gerade steil; sie wird flacher je teurer X2 ist. Die Kosten in Einheiten X2 kann man am Schnittpunkt der Geraden mit der X2-Achse ablesen, die in Einheiten X1 am Schnittpunkt mit der X1-Achse. Ein Prozeß ist um so kostengünstiger je näher die Schnittpunkte am Ursprung liegen. Für die gepunkteten Preisgeraden (X2 ist relativ teuer) ist der Prozeß A der günstigste. Steigt der Preis von X1 (gestrichelte Preisgerade), dann wird plötzlich B günstiger. Es wird von einem Produktionsprozeß zum nächsten gesprungen.



⁹¹ Die Erklärung gilt für beliebig viele Inputs analog.

Abbildung A.2.1: Technologie in LP-Modellen und in CES-Produktionsfunktionen

Eine CES-Produktionsfunktion kann nun als Näherung an die Summe aller effizienten Prozesse (D ist z.B. ausgeschlossen) gesehen werden. Die Lücken zwischen den einzelnen Technologien werden geschlossen. Es wird eine unendlich große Menge von Technologien angenommen (z.B. auch rechts unterhalb von A). Die Menge aller möglichen effizienten Technologien aus einer CES-Produktionsfunktion ist in Abbildung A.2.1 als graue Linie eingezeichnet. Verändern sich die Faktorpreise allmählich von der gepunkteten zur gestrichelten Linie, so bewegt man sich technologisch entlang der grauen Linie von A nach B.

Beide Beschreibungen gehen von Abstraktionen aus: In technologischen Beschreibungen wird die Vielfalt der individuellen Reaktionsmöglichkeiten auf eine gewisse Anzahl genau spezifizierter Prozesse beschränkt. Organisatorische Änderungen z. B. finden kaum Platz. Sofern man das technologisch und organisatorisch innerhalb eines größeren Gebiets (d.h. auch unter Berücksichtigung von Standortfaktoren) auf längere Frist Mögliche auf sektoraler Ebene zu beschreiben versucht, so wird man feststellen, daß eine typische ökonomische Produktionsfunktion, z.B. in CES-Form, eine gute Beschreibung liefert. Das eigentliche Problem sind eventuelle Pfadabhängigkeiten oder Fragen, mit welchem Aufwand und in welcher Zeit ein Übergang erfolgen kann. Diese Aspekte werden sowohl in ökonomisch orientierten als auch in technisch orientierten Modellen eher über die Einstellung einiger Parameter und Randbedingungen gesteuert als über die Produktionsfunktion selbst. Die zwei Beschreibungen von Produktionstechnologien sind daher als Abstraktionen in verschiedener Richtung aufzufassen. Beide Arten der Abstraktion müssen durch eine Vorstellung von genauen zeitlichen Abläufen ergänzt werden⁹².

Der Begriff „technischer Fortschritt“ wird aus den beiden Sichtweisen mitunter unterschiedlich verwendet: Wird Prozeß D technisch so weiterentwickelt, daß er auf der entsprechenden Ursprungsgerade auf der grauen Linie zu liegen kommt, so würde eine ökonomische empirische Analyse dies nicht als technischen Fortschritt identifizieren und höchstens den Teil der Entwicklung so bezeichnen,

⁹² Die in Harberger (1998) zusammengefaßt dargestellten Daten deuten darauf hin, daß nur ein Modell, das Unternehmen explizit als Population beschreibt und die spezifische Umgebung (insbesondere die Informationsmengen und deren Entwicklung) einzelner Akteure berücksichtigt, die Interdependenz von Technologie und gesamtwirtschaftlicher Entwicklung wesentlich besser beschreiben *könnte*.

der nicht durch eine mögliche Kombination von Prozeß A und B erreichbar ist. Entsprechende Veränderungen der eingesetzter Produktionsprozesse würden als Substitution bezeichnet⁹³

Die verschiedenen Beschreibungen von Technologie sollten weitgehend in Einklang zu bringen sein. Für einen Szenarioentwurf ist eine genauere Vorstellung von zeitlichen Abläufen unerlässlich. Die Überlegungen zeigen auch, daß eine Beschreibung eines neuen Produktionsprozesses, z.B. in Form einer Referenztechnik, nicht *unmittelbar* in eine volkswirtschaftliche Analyse eingefügt werden kann⁹⁴.

Anhang 3: Übersicht über die Produktionsbereiche

Nummer	offizielle Bezeichnung (tiefere Gliederungen s. Stat. BA, 1997, S.196ff.)
1	Erzeugung von Produkten der Landwirtschaft
2	Erzeugung von Produkten der Forstwirtschaft, Fischerei usw.
3	Erzeugung und Verteilung von Elektrizität, Dampf, Warmwasser
4	Erzeugung und Verteilung von Gas
5	Gewinnung und Verteilung von Wasser
6	Gewinnung von Kohle, Herstellung von Erzeugnissen des Kohlebergbaus
7	Gewinnung von Bergbauerzeugnissen (ohne Kohle, Erdöl, Erdgas)
8	Gewinnung von Erdöl, Erdgas
9	Herstellung von chemischen Erzeugnissen, Spalt- und Brutstoffen
10	Herstellung von Mineralölerzeugnissen
11	Herstellung von Kunststoffherzeugnissen
12	Herstellung von Gummierzeugnissen
13	Gewinnung von Steine und Erden, Herstellung von Baustoffen usw.
14	Herstellung von feinkeramischen Erzeugnissen
15	Herstellung von Glas und Glaswaren
16	Herstellung von Eisen und Stahl
17	Herstellung von NE-(Nichteisen-)Metallen, NE-Metallhalbzeug
18	Herstellung von Gießereierzeugnissen
19	Herstellung von Erzeugnissen der Ziehereien, Kaltwalzwerke usw.
20	Herstellung von Stahl- und Leichtmetallerzeugnissen, Schienenfahrzeugen
21	Herstellung von Maschinenbauerzeugnissen
22	Herstellung von Büromaschinen, ADV-Geräten und -einrichtungen
23	Herstellung von Straßenfahrzeugen
24	Herstellung von Wasserfahrzeugen

⁹³ In der Volkswirtschaftslehre wird i. allg. jede Änderung - sei es auf der Produktions- oder Nachfrageseite - in einen Niveau- und einen Substitutionseffekt zerlegt. Substitution in diesem Sinn ist nicht unmittelbar beobachtbar.

⁹⁴ Die Modellentwickler von PANTA RHEI haben bereits die Telekom bei der Abschätzung der Wirkung neuer Kommunikationstechnologien unterstützt. Die Implementation auch breit streuender technologischer Änderungen hat sich also als durchführbar erwiesen. Zu Möglichkeiten der Implementation von technischem Fortschritt in USM und dazugehörigen produktionstheoretischen Aspekten s. auch Klemmer u.a. (1999, S.128ff.). Zu einem ersten Schritt für eine Verbindung von technischer und ökonomischer Analyse s. Walz u.a. (1999).

Nummer	offizielle Bezeichnung (tiefere Gliederungen s. Stat. BA, 1997, S.196ff.)
25	Herstellung von Luft- und Raumfahrzeugen
26	Herstellung von elektrotechnischen Erzeugnissen
27	Herstellung von feinmechanischen und optischen Erzeugnissen, Uhren
28	Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren (EBM-Waren)
29	Herstellung von Musikinstrumenten, Spielwaren, Sportgeräten, Schmuck usw.
30	Bearbeitung von Holz
31	Herstellung von Holzwaren, Reparaturen an Gebrauchsgütern aus Holz u.ä.
32	Herstellung von Holzschliff, Zellstoff, Papier und Pappe
33	Herstellung von Papier- und Pappwaren
34	Herstellung von Erzeugnissen der Druckerei und Vervielfältigung
35	Herstellung von Leder, Lederwaren, Schuhen
36	Herstellung von Textilien
37	Herstellung von Bekleidung
38	Herstellung von Nahrungsmittel (ohne Getränke)
39	Herstellung von Getränken
40	Herstellung von Tabakwaren
41	Hoch- und Tiefbau u.ä.
42	Ausbau
43	Leistungen des Großhandels u.ä., Rückgewinnung
44	Leistungen des Einzelhandels
45	Leistungen der Eisenbahnen
46	Leistungen der Schifffahrt, Wasserstraßen, Häfen
47	Leistungen des Postdienstes und des Fernmeldewesens
48	Leistungen des sonstigen Verkehrs
49	Leistungen der Kreditinstitute
50	Leistungen der Versicherungen (ohne Sozialversicherung)
51	Vermietung von Gebäuden und Wohnungen
52	Marktbestimmte Leistungen des Gastgewerbes und der Heime
53	Leistungen der Wissenschaft und Kultur und der Verlage
54	Marktbestimmte Leistungen des Gesundheits- und Veterinärwesens
55	Sonstige marktbestimmte Dienstleistungen usw.
56	Leistungen der Gebietskörperschaften
57	Leistungen der Sozialversicherungen
58	Leistung der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck, Häusliche Dienste

Literaturverzeichnis

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanz (1997): Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland, Ergänzungslieferung zum Ringbuch Band IV mit Auswertungstabellen, Frankfurt/Main.

Atherton, E./S. French (1999): Valuing the future: An application of hyperbolic discounting with time weights, *Risk Decision and Policy* 4, S. 17-29.

Barro, R. J. (1999): Notes on growth accounting, *Journal of Economic Growth* 4, S.119-137.

Barro, R. J./X. Sala-i-Martin (1998): Wirtschaftswachstum, München u.a.

- Behrensmeier, R./S. Bringezu (1995):** Zur Methodik der volkswirtschaftlichen Material-Intensitäts-Analyse: Ein quantitativer Vergleich des Umweltverbrauchs der bundesdeutschen Produktionssektoren, Wuppertal Papers 34.
- Behrensmeier, R./S. Bringezu (1995a):** Zur Methodik der volkswirtschaftlichen Material-Intensitäts-Analyse: Der bundesdeutsche Umweltverbrauch nach Bedarfsfeldern, Wuppertal Papers 45.
- Beirat „Umweltökonomische Gesamtrechnung“ (1998):** Umweltpolitik. Umweltökonomische Gesamtrechnung. Dritte Stellungnahme. Veröffentlicht vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Bernstein, J. I./D. E. M. Sappington (1999):** Setting the X factor in price-cap regulation plans, *Journal of Regulatory Economics* 16, S. 5-25.
- BMV (Hrsg.)(1995):** Verkehr in Zahlen 1995.
- BMV (Hrsg.)(1996):** Verkehr in Zahlen 1996.
- Bogun, R. (1997):** Lebensstilforschung und Umweltverhalten. Anmerkungen und Fragen zu einem komplexen Verhältnis, in: Brand, K.-W. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung. Eine Herausforderung an die Soziologie. Opladen.
- Böhringer, C. (1998):** The Synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modelling, *Energy Economics* 20, S.233-248.
- Bolleyer, R./W. Radermacher (1993):** Aufbau der Umweltökonomischen Gesamtrechnung. Ein Bericht aus der Werkstatt, in: *Wirtschaft und Statistik* 2/1992, S. 138-152.
- Bräutigam, K.-R./D. Brune/V. Schulz (1995):** Bestimmung der durch die private Nachfrage nach pflanzlichen Produkten, Fleisch und Fleischerzeugnissen sowie Molkereiprodukten und Eiern hervorgerufenen Emissionen, Abschlußbericht, FZK (ITAS).
- Buchanan, J. M. (1999):** Konsum ohne Produktion: Die unmögliche Idylle des Sozialismus; Consumption without production: The impossible idyll of socialism, in: Vanberg, V. (Hrsg.): Freiheit, Wettbewerb und Wirtschaftsordnung. Hommage zum 100. Geburtstag von Friedrich A. Hayek. S. 171-200 deutsche Übersetzung, S. 201-226 englisches Original.
- Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.)(1998):** Verkehr in Zahlen 1998. 27. Jahrgang. Deutscher Verkehrs-Verlag, Hamburg.
- Caballero, R. J./M. I. Hammour (1996):** On the timing and efficiency of creative destruction, *Quarterly Journal of Economics* 113, S. 805-852.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) (Juli 1998):** Energie-Effizienz-Indikatoren: Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis. Berlin und Karlsruhe.
- Dixit, A./V. Norman (1998):** Außenhandelstheorie. 4. Aufl. München u.a.
- Drake, F.-D. (1996):** Kumulierte Treibhausgasemissionen zukünftiger Energiesysteme, Berlin u.a.
- Economist (27.08.1999):** Gilt complex, British government debt, S.60.
- Engelenburg, B. C. W. van, u.a. (1994):** Calculating the energy requirement of household purchases, *Energy Policy* 22, S.648-656.
- Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1994):** Die Industriegesellschaft gestalten. Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen, Economica Verlag, Bonn.
- Ernst Basler + Partner AG (1998):** Nachhaltigkeit: Kriterien im Verkehr. Berichte des Nationalen Forschungsprogramms 41 „Verkehr und Umwelt“. Bericht C 5. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ). Bern.
- Faber, M./J. L. R. Proops (1998):** Evolution, Time, Production, and the Environment, 3. Aufl., Heidelberg u. a.

- Feess, E. (1997):** Mikroökonomie. Eine spieltheoretisch- und anwendungsorientierte Einführung, Marburg.
- Fleissner, P. u. a. (1993):** Input-Output-Analyse. Eine Einführung in Theorie und Anwendung, Wien u. a.
- Forum für Energiemodelle und Energiewirtschaftliche Systemanalysen in Deutschland (1999):** Modellexperiment 1. Strukturelle und gesamtwirtschaftliche Auswirkungen des Klimaschutzes: Die nationale Perspektive. Heidelberg.
- Frenkel, M./K. D. John (1996):** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, 3. Aufl., München.
- Frey, B. S./G. Kirchgässner (1994):** Demokratische Wirtschaftspolitik, 2. Aufl., München.
- Frohn, J./U. Leuchtmann/R. Kräussl (1998):** Fünf makroökonomische Modelle zur Erfassung der Wirkungen umweltpolitischer Maßnahmen - eine vergleichende Betrachtung. Abschlußbericht im Projekt „Modellvergleich“ des wissenschaftlichen Beirats zur UGR. Band 7 der Schriftenreihe „Beiträge zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung“ des Statistischen Bundesamtes, Stuttgart.
- Frohn, J./U. Leuchtmann/R. Kräussl (1998a):** Eignung ökonomischer und empirisch orientierter Allgemeiner Gleichgewichtsmodelle zur Identifizierung alternativer Handlungsstrategien im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung, Universität Bielefeld.
- Greene, W. H. (1997):** Econometric analysis, 3. Aufl., London u.a.
- Haan, M. de (1999):** On the international harmonization of environmental accounting: comparing the National Accounting Matrix including Environmental Accounts of Sweden, Germany, the UK, Japan and the Netherlands: *Structural Change and Economic Dynamics 10*, S. 151-160.
- Harberger, A. (1998):** A vision of the growth process, *American Economic Review 88*, S.1-32.
- Heiner, R. A. (1989):** The origin of predictable dynamic behavior, *Journal of Economic Behavior and Organization 12*, S. 233-257.
- Heinze, A. (1998):** Material- und Energieflußinformationssystem. Methodik und Aufbau, in: *Wirtschaft und Statistik 4/1998*, S. 346-352.
- Hellsten, E. u.a. (1999):** Swedish environmental and economic accounts, in: *Structural Change and Economic Dynamics 10*, S. 39-72.
- Hoffmann-Kroll, R. u.a. (1997):** Naturvermögen in der Umweltökonomischen Gesamtrechnung, in: *Wirtschaft und Statistik 10/1997*, S. 696-706.
- Hoffmann-Kroll, R. u.a. (1998):** Biodiversität und Statistik - Ergebnisse des Pilotprojekts zur Ökologischen Flächenstichprobe, in: *Wirtschaft und Statistik 1/1998*, S. 60-75.
- Holub, H. W./H. Schnabl (1985):** Input-Output-Rechnung: Input-Output-Tabellen, 2. Aufl., München u. a.
- Holub, H. W./H. Schnabl (1994):** Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse, München u. a.
- Ike, T. (1999):** A Japanese NAMEA, *Structural Change and Economic Dynamics 10*, S. 123-149.
- Institut für praxisorientierte Sozialforschung (IPOS) (1996):** Repräsentativ-Befragung von 1994 im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. In: *Umweltbundesamt (Hrsg.):* Daten zur Belästigung der Bevölkerung durch Lärm. Berlin.
- ITAS, IWU, ifib und Partner (1996):** Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen, Bericht für die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages, Karlsruhe.
- Kemfert, C. (1998):** Estimated substitution elasticities of a nested CES production function for Germany, *Energy Economics 20*, S.249-264.
- Kemfert, C./H. Welsch (1997):** Energy-capital-labor substitution and the economic effects of CO₂ Abatement: Evidence for Germany, Wirtschaftswissenschaftliches Diskussionspapier V-178-97, Universität Oldenburg.

- Keuning, S. J./J. van Dalen/M. de Haan (1999):** The Netherlands' NAMEA; presentation, usage and future extensions, *Structural Change and Economic Dynamics 10*, S. 15-37.
- Keuning, S. J./A. E. Steenge (1999):** Introduction to the special issue on „Environmental extensions of national accounts: the NAMEA framework“, *Structural Change and Economic Dynamics 10*, S. 1-13.
- Klemmer, P. u.a. (1999):** Umweltinnovationen, Berlin.
- Knapp, F. (1998):** Meßprobleme bei der Ermittlung der Wirkungen von Verkehr und Verkehrsinfrastruktur, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Nr. 4/1998*, S. 224-244.
- Krack-Rohberger, E./D. Schäfer (1997):** ESI Deutschland Teil II. Bodenbedeckung. Abschlußbericht. Wiesbaden.
- Kreps, D. M. (1990):** A course in microeconomic theory, New York u.a.
- Leininger, W. (1986):** Mikroökonomie, in: Hagen, J. v. u.a. (Hrsg.): *Springers Handbuch der Volkswirtschaftslehre 1*. Berlin u.a.
- Lutz, C. (1998):** Umweltpolitik und die Emissionen von Luftschadstoffen, Berlin.
- Mankiw, N. G. (1995):** The growth of nations, *Brookings Papers on Economic Activity 1:1995*, S. 275-310.
- Marheineke, T., u.a. (1998):** Total greenhouse gas emissions from electricity generating systems based on fossil fuels with geographic reference to Germany, Paper zum Advisory Group Meeting of the greenhouse gas emissions from the full energy chain of fossil fuels based electricity generating systems am 2.-5.6.1998 in Wien, IER Universität Stuttgart..
- Markusen, J. R. u.a. (1995):** International trade, New York u.a.
- Meyer, B./A. Bockermann/G. Ewerhardt/ C. Lutz (1998):** Modellierung der Nachhaltigkeitslücke, Heidelberg.
- Meyer, B./A. Bockermann/G. Ewerhardt/C. Lutz (1999):** Marktkonforme Umweltpolitik, Heidelberg.
- Olson, M. (1991):** Umfassende Ökonomie, Tübingen.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (1994):** Environmental Indicators. OECD Core Set. Paris.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (1997):** Towards Sustainable Transportation. Teh Vancouver Conference.
- Palokangas, Z. (1997):** The centralization of wage bargaining, investment, and technological change, *Journal of Institutional and Theoretical Economics 153*, S. 657-673.
- Pindyck, R. S./D. L. Rubinfeld (1998):** Econometric models and economic forecasts, 4. Aufl. Boston u.a.
- PLANCO Consulting GmbH (April 1995):** Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritte im Umweltschutz für die Bundesverkehrswegeplanung (BVWP). FE-Vorhaben 90387/92 des Bundesministers für Verkehr. Schlußbericht.
- Radermacher, W. (1992):** Konzept für eine Umweltökonomische Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes, *Wirtschaft und Statistik 7/1992*, S. 411-417.
- Radermacher, W./H. Höh (1993):** Verbrauch von Rohstoffen. Darstellungsbereich der Umweltökonomischen Gesamtrechnung, *Wirtschaft und Statistik 8/1993*, S. 585-596.
- Ragaly, S./A. Heinze (1998):** Material- und Energieflußinformationssystem. Stoffstrombilanzierung in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen - umweltpolitisches Anforderungsprofil und Konzeption, *Wirtschaft und Statistik 3/1998*, S. 259-267.
- Richter R./E. Furubotn (1996):** Neue Institutionenökonomik, Tübingen.
- Richter, R./U. Schlieper/W. Friedmann (1981):** Makroökonomik, Berlin u.a.

- Romer, P. M. (1995):** Comment on Mankiw (1995): „The growth of nations“, *Brookings Papers on Economic Activity I:1995*, S.313-320.
- Rose, K. (1995):** Grundlagen der Wachstumstheorie, 6. Aufl., Göttingen.
- Rose, K./K. Sauernheimer (1992):** Theorie der Außenwirtschaft, 11. Aufl., München.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (1998):** Vor weitreichenden Entscheidungen, Jahresgutachten 1998, Stuttgart.
- Schmidt, T. F. N. (1999):** Integrierte Bewertung umweltpolitischer Strategien in Europa, Heidelberg.
- Schnabl, H. (1992):** Ökonomische Strukturanalyse mit Hilfe von Verflechtungsschichten - Ein neues Verfahren der Input-Output-Analyse, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik 209*, S. 385.
- Schulz, V. (02.11.1998):** Vergleich der Verfahren der Prozeßkettenanalyse und der Input-Output-Analyse zur Bestimmung von kumulierten Emissionen, Arbeitspapier, ITAS/FZK.
- Schulz, V. (19.05.1999):** Zurechnungsmodelle der Input-Output-Analyse für die Zuordnung und Aufgliederung von kumulierten Emissionen, Arbeitspapier, ITAS/FZK.
- Sohmen, E. (1992):** Allokationstheorie und Wirtschaftspolitik, 2. Aufl., Tübingen.
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen):** Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Verlag Metzler-Poeschel. Stuttgart 1994.
- Stäglin, R. (1998):** Möglichkeiten der Erfassung länderübergreifender Materialströme mit Hilfe von internationalen Input-Output-Tabellen, Band 6 der Schriftenreihe „Beiträge zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung“ des Statistischen Bundesamtes, Stuttgart.
- Stahmer, C./M. Kuhn/N. Braun (1997):** Physische Input-Output-Tabellen 1990, Band 1 der Schriftenreihe „Beiträge zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung“ des Statistischen Bundesamtes, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (1996):** Umweltökonomische Gesamtrechnung - Basisdaten und ausgewählte Ergebnisse 1996; Fachserie 19, Reihe 4, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (1997):** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Fachserie 18, Reihe 2, Input-Output-Tabellen 1993, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (1997a):** Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Hauptbericht 1996, Fachserie 18, Reihe 1.3, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (1998):** Umweltökonomische Gesamtrechnung - Material- und Energieflußrechnung 1997; Fachserie 19, Reihe 5, Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (1998a):** Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1998, Stuttgart.
- Steenge, A. E. (1999):** Input-output theory and institutional aspects of environmental policy, *Structural Change and Economic Dynamics 10*, S. 161-176.
- Streit, M. E./U. Mummert/D. Kiwit (Hrsg.) (1997):** Views and comments on cognition, rationality, and institutions, *Journal of Institutional and Theoretical Economics 153*, S. 688-779.
- Stobbe, A. (1994):** Volkswirtschaftliches Rechnungswesen, 8.Aufl., Berlin u.a.
- Tjahjadi, B. u.a. (1999):** Material and Energy flow accounting in Germany - Data base for applying the national accounting matrix including environmental accounts concept, *Structural Change and Economic Dynamics 10*, S. 73-97.
- Thomas, J. (1993):** Aufbau der Emittentenstruktur der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung, *Wirtschaft und Statistik 6/1993*, S. 432-446.
- Thomas, J. (1996):** Luftemissionsentwicklung der Produktionsbereiche, Ergebnisse aus der Emittentenstruktur der umweltökonomischen Gesamtrechnung, *Wirtschaft und Statistik 1/1996*, S. 40-52.

- Tirole, J. (1988):** The theory of industrial organization, Cambridge u.a.
- Umweltbundesamt (1997):** Nachhaltiges Deutschland. Berlin.
- UN u.a. (Hrsg.) (1993):** System of National Accounts 1993. Brüssel u.a.
- UNDP (1998):** Bericht über die menschliche Entwicklung, Bonn.
- United Nations Commissions on Sustainable Development (CSD) (1996):** Indicators of Sustainable Development. Framework and Methodologies. United Nations. New York.
- Varian, H. R. (1985):** Mikroökonomie, 2. Aufl., München u.a.
- Vaze, P. (1999):** A NAMEA for the UK, *Structural Change and Economic Dynamics* 10, S. 99-121.
- Wacker, H./J. E. Blank (1998):** Ressourcenökonomik, Band I, Regenerative natürliche Ressourcen, München u.a.
- Wacker, H./J. E. Blank (1999):** Ressourcenökonomik, Band II, Erschöpfbare natürliche Ressourcen, München u.a.
- Wagner, H.-J./Wenzel, B. (1997):** Energetische Input-Output-Analyse und Prozeßkettenanalyse - Möglichkeiten und Grenzen beider Methoden, VDI-Berichte 1328, S. 9-24.
- Walz, R. u. a. (1996):** Weiterentwicklung von Indikatorensystemen für die Umweltberichterstattung. Forschungsvorhaben 121 05 016 des Umweltbundesamtes. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FH-ISI). Karlsruhe.
- Walz, R. u.a. (1999):** Mikroökonomische Fundierung der innovativen Wirkungen einer CO₂/Energieabgabe, in: Klemmer, P. (Hrsg.): Innovationen und Umwelt, Berlin.
- Weber, C. u. a. (1996):** Consumers' lifestyles and pollutant emissions, IER Forschungsbericht 32, Stuttgart.
- Weber, C. u. a. (1996a):** Energy consumption and airborne emissions in a consumer perspective, IER Forschungsbericht 30, Stuttgart.
- Weber, C. (1998):** Zerlegung kumulierter Energieaufwendungen als Instrument der umweltorientierten Verflechtungsanalyse, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 23.
- Weber, C./U. Fahl (1993):** Energieverbrauch und Bedürfnisbefriedigung, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 43/9, S.605-612.
- Wieser, W. (1998):** Die Erfindung der Individualität, Heidelberg u.a.
- Williamson, O. E. (1985/1990):** Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus, Tübingen.
- Young, A. (1995):** The tyranny of numbers: Confronting the statistical realities of the East Asia growth experience, *Quarterly Journal of Economics* 111, S.641-680.