

Physische Input-Output-Tabellen 1990

Carsten Stahmer, Michael Kuhn und Norbert Braun

*Band 1 der Schriftenreihe Beiträge zu den Umweltökonomischen
Gesamtrechnungen, herausgegeben vom Statistischen Bundesamt,
August 1997*

Textteil

Inhalt

	Seite
Textteil	
Vorbemerkung.....	4
Kurzfassung	5
1 Einführung	6
2 Konzepte.....	7
2.1 Überblick.....	7
2.2 Materialflußrechnung im SEEA.....	7
2.3 Physische Input-Output-Tabellen.....	13
2.3.1 Das Basiskonzept.....	13
2.3.2 Die Physische Input-(Verwendungs-)Tabelle und die Physische Output-(Aufkommens-)Tabelle	14
2.3.3 Die Materialverflechtungstabelle.....	15
2.3.4 Zusatztabelle	15
2.3.5 Das Tabellensystem	16
2.3.6 Besondere konzeptionelle Probleme	17

3	Berechnungsgrundlagen und -methoden.....	20
3.1	Überblick.....	20
3.2	Güterströme.....	20
3.3	Rohstoff- sowie Rest- und Schadstoffströme.....	21
3.3.1	Rohstoffe	21
3.3.2	Wasser und Abwasser	22
3.3.3	Energieeinsatz und Luftemissionen	22
3.3.4	Abfall	23
3.4	Biologischer Stoffwechsel	23
3.5	Abstimmung von Inputs und Outputs.....	24
3.6	Materialverflechtungstabelle	26
3.7	Zusatztabellen	26
3.8	Vorbedingungen zur Realisierung.....	26
4	Ergebnisüberblick	28
5	Anwendungsbereiche	36
5.1	Interne Anwendungen.....	36
5.2	Externe Anwendungen	36
6	Ausblick.....	38
	Literaturverzeichnis	39

Gebietsstand

Angaben für die Bundesrepublik Deutschland nach dem Gebietsstand bis zum 3.10.1990; sie schließen Berlin-West ein.

Abkürzungen

PIOT	=	Physische Input-Output-Tabellen
SEEA	=	System for Integrated Environmental and Economic Accounting
ADV	=	Automatische Datenverarbeitung
Bearb. v.	=	Bearbeitung von
EBM	=	Eisen, Blech, Metall
Erzg. v.	=	Erzeugung von
Gew. v.	=	Gewinnung von
H.v.	=	Herstellung von
Leistg.	=	Leistungen
Marktbest.	=	Marktbestimmte
NE-	=	Nichteisen-
priv. Org. oh.	=	private Organisationen ohne
Sonst.	=	Sonstige
Vertlg. v.	=	Verteilung von

Maßeinheiten

Mill.	=	Million(en)
t	=	Tonne(n)
TJ	=	Terajoule (10^{12} Joule)

Zeichenerklärung

0	=	nichts vorhanden oder weniger als die Hälfte von 1 in der letzten besetzten Stelle
---	---	--

Abweichungen in den Summen ergeben sich durch Runden der Zahlen.

Vorbemerkung

Das Statistische Bundesamt hat 1989 die Arbeiten zum methodischen Aufbau und der schrittweisen Realisierung der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) begonnen. Ziel ist die Erstellung eines Berichterstattungssystems, das die Wechselbeziehungen zwischen den wirtschaftlichen Aktivitäten des Menschen und der natürlichen Umwelt statistisch abbildet. Darüber hinaus soll es als Grundlage für weitergehende Analysen zur Beantwortung umwelt- und wirtschaftspolitischer Fragestellungen dienen.

Die UGR sind am Konzept der nachhaltigen Entwicklung orientiert und in folgende fünf Themenbereiche untergliedert:

1. Material- und Energieflußrechnungen
2. Nutzung von Fläche und Raum
3. Indikatoren des Umweltzustandes
4. Maßnahmen des Umweltschutzes
5. Vermeidungskosten zur Erreichung von Standards der Nachhaltigkeit.

Konzeptionelle Neu- bzw. Weiterentwicklungen und die Ergebnisse entsprechender Pilotprojekte werden in der Schriftenreihe „Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“ in unregelmäßigen Abständen vorgestellt.

Der vorliegende Band 1 der Schriftenreihe „Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen“ stellt die **Physischen Input-Output-Tabellen (PIOT) 1990** für das frühere Bundesgebiet vor. Damit liegt erstmals für eine Volkswirtschaft eine vollständige, aktivitätsbezogene Materialflußrechnung in Form einer Input-Output-Tabelle vor. Die PIOT sind folglich ein wichtiger Teil des Themenbereichs 1 „Material- und Energieflußrechnungen“ der UGR des Statistischen Bundesamtes.

Die PIOT stellen eine Realisierung der Konzepte des „System for Integrated Environmental and Economic Accounting“ (SEEA) der Vereinten Nationen dar. Bezüglich der Güterströme besteht auch eine weitgehende konzeptionelle Übereinstimmung mit der monetären Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes (siehe Fachserie 18 „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen“, Reihe 2 „Input-Output-Tabellen 1990“).

Die vorliegende Veröffentlichung wurde in der Abteilung „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen“ in der Gruppe „Input-Output-Rechnung, Vermögensrechnung, Satellitensysteme“ erarbeitet. Die Arbeiten wurden durch die Gruppe „Umweltökonomische Gesamtrechnungen“ unterstützt. Die Verfasser sind Dr. Carsten Stahmer, Michael Kuhn und Norbert Braun.

Kurzfassung

Die Physischen Input-Output-Tabellen (PIOT) 1990 stellen eine **gesamtwirtschaftliche, aktivitätsbezogene Materialflußrechnung** überwiegend in der Maßeinheit Tonnen dar. Damit sind sie ein wichtiger Bestandteil des Themenbereiches 1 „Material- und Energieflußrechnungen“ der **Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR)** des Statistischen Bundesamtes. Das Konzept der PIOT basiert auf den Vorgaben des „System for Integrated Environmental and Economic Accounting“ (**SEEA**) der Vereinten Nationen (United Nations 1993) für ein physisches Rechnungssystem (Baustein B).

In den PIOT werden die Aktivitäten der **inländischen Wirtschaft** (früheres Bundesgebiet) nach den 58 Produktionsbereichen der Input-Output-Rechnung, einem zusätzlichen Produktionsbereich für externe Umweltschutzleistungen und den Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte unterteilt. Neben diesen Aktivitäten werden auch die Zu- und Abgänge zum inländischen Sachvermögen sowie der Außenhandel in Tonnen beschrieben. Der Sachvermögensbestand selbst wird nicht dargestellt. Gegenüber der monetären Input-Output-Tabelle besteht die wichtigste Erweiterung in der Einbeziehung der Natur als Quelle von Rohstoffen und Senke von Rest- und Schadstoffen. Das **nichtproduzierte Naturvermögen** liefert Rohstoffe in Form von Wasser, Sauerstoff, Bodenschätzen usw. an die Wirtschaft und muß Rest- und Schadstoffe, wie Abwasser, Luftemissionen und Abfälle, aufnehmen.

Die PIOT zeigen für jeden Produktionsbereich, für die Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte und für jeden Sachvermögensbereich (z.B. Bauten, Ausrüstungen oder Naturvermögen) Input (Verwendung) und Output (Aufkommen) von Materialien. Dabei werden neun Rohstoffe, 49 Gütergruppen und elf Rest- und Schadstoffe unterschieden. Zum **Output** zählen alle im Inland produzierten und alle eingeführten Güter, die bei der Produktion und beim Konsum entstandenen Rest- und Schadstoffe sowie die Entnahmen bzw. die physischen Abgänge aus den verschiedenen Sachvermögensbereichen. Der gesamte Output an Materialien fließt als **Input** an andere Bereiche. So werden Rohstoffe und Güter als Vorleistungen in den verschiedenen Produktionsbereichen verwendet, von privaten Haushalten konsumiert, erhöhen das Sachvermögen oder werden ausgeführt. Die Rest- und Schadstoffe werden entweder an die Natur abgegeben (Input des Naturvermögens), im Bereich externe Umweltschutzleistungen entsorgt und dann an die Natur abgegeben, in geordneten Deponien gelagert oder ausgeführt.

Die Zusammenführung von Rohstoffentnahmen, Güterströmen sowie Rest- und Schadstoffen in einem **Gesamtsystem**, den PIOT, führt aufgrund des physikalischen Gesetzes der Materialerhaltung zur Identität von Materialinputs und -outputs für jeden einzelnen Produktionsbereich und für die Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte. Für die Sachvermögensbereiche und die übrige Welt ergibt sich als Saldo zwischen Input und Output die Veränderung der Materialbestände (Materialakkumulation) und der physische Außenbeitrag. Definitorisch muß die Summe aus inländischer Materialakkumulation und Außenbeitrag ebenfalls gleich Null sein.

Die PIOT 1990 stellen ein komplexes Tabellensystem dar, das sich in die physische Input-(Verwendungs-)Tabelle, die physische Output-(Aufkommens-)Tabelle, die Materialverflechtungstabelle sowie zwei Zusatztabelle unterteilt. Die **physische Input-Tabelle** zeigt, von welchen Bereichen (Produktionsbereiche, Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte, Sachvermögensbereiche oder übrige Welt) welche Materialien (Rohstoffe, Güter oder Rest- und Schadstoffe) eingesetzt bzw. aufgenommen werden. Die **physische Output-Tabelle** beschreibt, welche Bereiche welche Materialien produzieren bzw. abgeben. So erscheinen beispielsweise Rohstoffe als Output des nichtproduzierten Naturvermögens in der Output-Tabelle und als Input des entnehmenden Produktionsbereiches (z.B. Bergbau) in der Input-Tabelle. Die **Materialverflechtungstabelle** beschreibt die Materiallieferungen zwischen den oben genannten Bereichen. In dieser Tabelle sind Zeilen- und Spaltengliederung identisch und entsprechen der Spaltengliederung der Input- bzw. der Output-Tabelle. Für diese Tabellentypen (Input-, Output- und Materialverflechtungstabelle) liegen auch Untertabelle für Energie, Wasser und übrige Materialien vor. Die Materialflüsse werden in Gewichtseinheiten (Tonnen) dargestellt. Ergänzend zu der Darstellung in Tonnen werden zwei **Zusatztabelle** gezeigt. Dabei handelt es sich zum einen um die Darstellung der Energieinputs- und -outputs in Heizwerten (Joule). Zum anderen werden die Luftemissionen mit spezifischer Gewichtung hinsichtlich ihres Einflusses auf den Treibhauseffekt und die Versauerung der Luft dargestellt.

Die detaillierten PIOT befinden sich im Tabellenteil; einen Ergebnisüberblick gibt Kapitel 4 des Textteils.

1 Einführung

Die vorliegende Arbeit präsentiert - so weit wir wissen - die erste vollständige gesamtwirtschaftliche Materialflußrechnung in Form einer Input-Output-Tabelle. Solche Physischen Input-Output-Tabellen (PIOT) umfassen nicht nur die Güterströme der traditionellen Input-Output-Tabellen in physischen Einheiten, sondern auch Materialflüsse zwischen der natürlichen Umwelt und der Wirtschaft. Somit können komplette Materialbilanzen für die verschiedenen Wirtschaftsaktivitäten generiert werden.

Die PIOT sind ein wichtiger Beitrag zum Themenbereich 1 „Material- und Energieflußrechnungen“ der **Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR)** des Statistischen Bundesamtes (Radermacher, Höh 1993; Statistisches Bundesamt 1995; Radermacher, Stahmer 1996). Sie stellen gewissermaßen die Makroebene in den Materialflußrechnungen der UGR dar.

Die Konzepte der PIOT werden im „System for Integrated Environmental and Economic Accounting“ (**SEEA**) der Vereinten Nationen (United Nations 1993) beschrieben. Ein erster Versuch, PIOT zu erstellen, wurde in Österreich mit Input-Output-Daten für 1983 unternommen (Katterl, Kratena 1990). Diese Pionierstudie erörterte verschiedene konzeptionelle Probleme von PIOT, und präsentierte erste Teilergebnisse für Österreich. Eine wichtige konzeptionelle Grundlage bilden die insbesondere von Robert U. Ayres entwickelten Material-/Energiebilanzen (Ayres 1978, 1993; Ayres, Simonis 1994). Seit einigen Jahren werden diese Konzepte weiterentwickelt und realisiert (siehe Baccini, Brunner 1991; Schmidt-Bleek 1994; Kuhn, Radermacher, Stahmer 1994; Bringezu 1995). Verbindungen zur Bioökonomik wurden von Günter Strassert entwickelt (Strassert 1991, 1994, 1996). Bezüglich der Güterströme besteht auch eine weitgehende konzeptionelle Übereinstimmung mit der monetären Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes (siehe Fachserie 18 „Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen“, Reihe 2 „Input-Output-Tabellen 1990“).

In der vorliegenden Veröffentlichung wird die statistische Realisierung des im SEEA vorgeschlagenen konzeptionellen Rahmens für Materialflußrechnungen bzw. PIOT getestet und Möglichkeiten aufgezeigt, diese Konzepte zu verbessern. Zudem sollen Interpretations- und Analysemöglichkeiten von PIOT aufgezeigt werden.

Wesentliche Unterstützung beim Aufbau der PIOT kam vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Stefan Bringezu und Helmut Schütz). Insbesondere wurden Ergebnisse für bestimmte Einzelaspekte, wie den biologischen Stoffwechsel von Pflanzen, Tieren und Menschen, im Rahmen von Werkverträgen außerhalb des Statistischen Bundesamtes ermittelt (Wuppertal Institut, Stephan Moll, Markus Imle u.a.).

Die hier präsentierten PIOT 1990 für das frühere Bundesgebiet entsprechen bezüglich der Datenqualität nicht den üblichen hohen Standards des Statistischen Bundesamtes und könnten sicherlich noch deutlich verbessert werden. Ein erster Versuch, PIOT zu erstellen, ist notwendigerweise mit vielen Unzulänglichkeiten verbunden, die in nachfolgenden Versionen behoben werden können. Deshalb sind Kommentare willkommen, die zur Verbesserung der vorliegenden Version beitragen können. Wir hoffen, daß andere Länder ähnliche Arbeiten realisieren, um Erfahrungen austauschen zu können.

2 Konzepte

2.1 Überblick

PIOT beziehen sich auf den Baustein B des „System for Integrated Environmental and Economic Accounting“ (SEEA) der Vereinten Nationen (United Nations 1993). Das **SEEA** legt den Schwerpunkt auf eine kombinierte Bestands- und Flußrechnung von Materialien und Energie. Materialien (einschließlich Energieträger) werden aufgrund ökonomischer Aktivitäten gefördert, umgewandelt und früher oder später wieder an die Umwelt zurückgegeben. Diese ökonomischen Aktivitäten werden in den PIOT entsprechend den in Input-Output-Tabellen gebräuchlichen Klassifikationen unterteilt, mit dem Ziel, für jeden Produktionsbereich und für die Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte vollständige Materialbilanzen aufzustellen. Zudem weist die PIOT Zu- und Abgänge zum produzierten Sachvermögen, z.B. Bauten, und zum nichtproduzierten Naturvermögen, z.B. Bodenschätze, aus. Bestände selbst werden in den PIOT nicht gezeigt. Das SEEA hingegen fordert eine vollständige Bestandsrechnung.

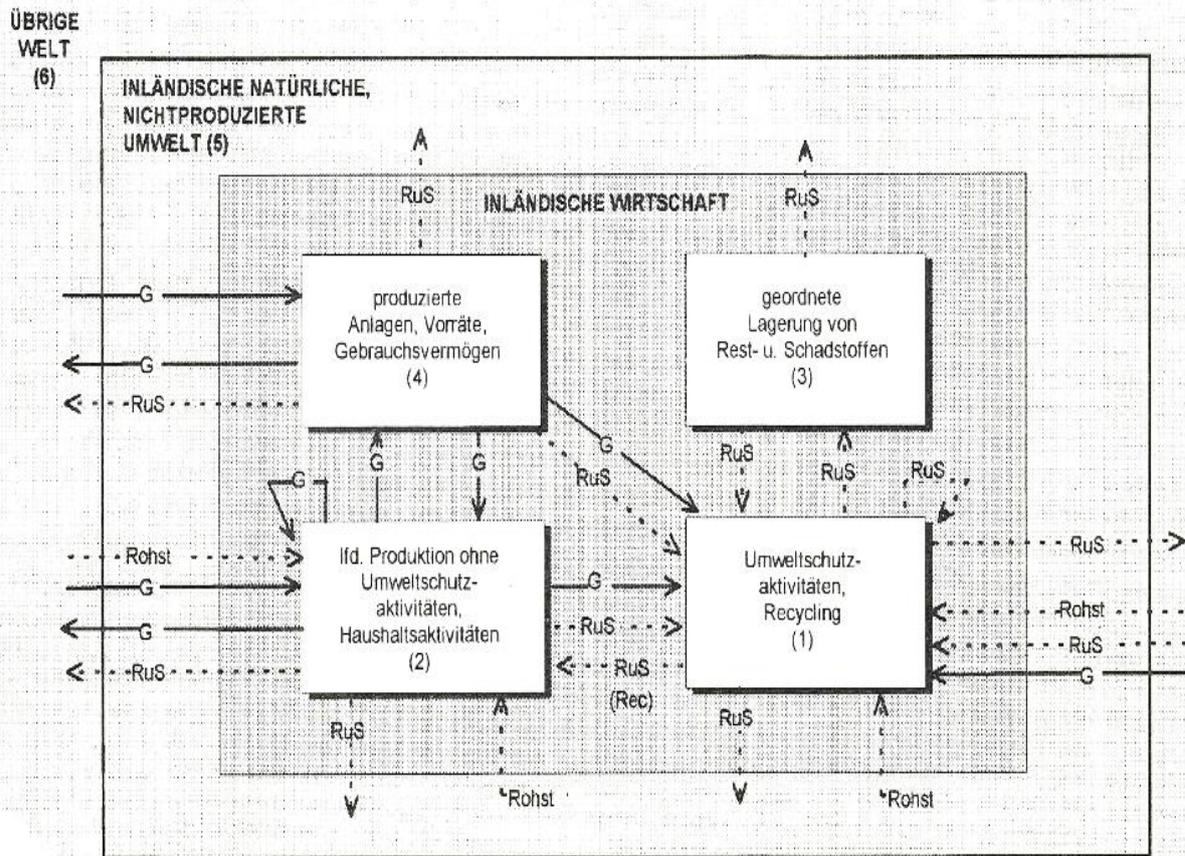
Im folgenden wird zunächst das allgemeine Konzept des SEEA für eine physische Materialfluß- und -bestandsrechnung (Baustein B des SEEA) dargestellt. Ausgehend von einer graphischen Darstellung der gesamten Wirtschaft, werden Matrizen des SEEA abgeleitet, die die konzeptionelle Grundlage der PIOT bilden. Die gemäß SEEA zu verwendenden Klassifikationen werden weitgehend in die PIOT übernommen, teilweise sind Anpassungen an die deutschen Verhältnisse notwendig. Im Anschluß daran beschreiben wir die aus dem Konzept des SEEA resultierende Ausgestaltung der Konzepte der PIOT. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den konzeptionellen Weiterentwicklungen und Besonderheiten.

2.2 Materialflußrechnung im SEEA

Schema 1 zeigt die Materialflüsse der inländischen Wirtschaft. Die komplexen Beziehungen zwischen der natürlichen Umwelt und der Wirtschaft sind auf ein Minimum reduziert, um die Grundzüge des doch recht komplizierten Systems aufzuzeigen. Die Beschreibung umfaßt drei Materialarten (Rohstoffe, Güter, Rest- und Schadstoffe), zwei wirtschaftliche Aktivitätsarten (Umweltschutzaktivitäten und andere Aktivitäten) und zwei Arten von produziertem Sachvermögen (produzierte Anlagen u.a. sowie geordnete Lagerung von Rest- und Schadstoffen). Die nichtproduzierte inländische Natur ist als Raum um die Wirtschaft dargestellt. Gleichmaßen umgibt der Rest der Welt das betreffende Land, das die inländische Natur und die inländische Wirtschaft umfaßt.

Es erscheint nicht notwendig, jeden gezeigten Materialfluß in Schema 1 zu erklären. Rohstoffe und Güter, in- oder ausländischer Herkunft, sind die Materialinputs der inländischen Wirtschaft. Umwandlungen dieser Inputs innerhalb der Wirtschaft führen zu neuen Gütern, die konsumiert oder akkumuliert werden. Rest- und Schadstoffe als Nebenprodukte dieser Umwandlung werden in Umweltschutzanlagen behandelt und (oder) in geordneten Deponien gelagert. Früher oder später verlassen die Materialien die Wirtschaft als Rest- oder Schadstoffe oder als exportierte Güter. Diese Materialien werden durch die inländische Natur oder vom Rest der Welt aufgenommen.

Schema 1: Mengenströme der Volkswirtschaft



G: Güter, RuS: Rest- und Schadstoffe, Rohst: Rohstoffe, Rec: Recycling.

Anmerkungen (1) bis (6) sind die Spalten des erweiterten Input-Output-Schemas. (1) bis (4) bezeichnen ökonomische Kategorien der inländischen Produktion und des produzierten Sachvermögens, (5) die natürliche, nichtproduzierte Umwelt (= nichtproduziertes Naturvermögen) (6) kennzeichnet die übrige Welt.

Die in Schema 1 beschriebenen Materialströme (Rohstoffe, Güter sowie Rest- und Schadstoffe) können folgendermaßen klassifiziert werden:

Materialströme

1 Rohstoffe

- a Nichtproduzierte Biomasse (wilde Tiere, Pflanzen und ihre Produkte)
- b Bodenschätze
- c Wasser
- d Luft, Wind u.a.
- e Boden (Erosion)

2 Güter

- a Erzeugnisse der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
- b Bergbauerzeugnisse
- c Elektrizität, Gas und Wasser
- d Erzeugnisse des Verarbeitenden Gewerbes
- e Bauleistungen
- f Materialströme der Dienstleistungen

3 Schadstoffe

- a Abfall (fest, flüssig)
- b Abwasser (Kühlwasser, produktionsspezifisches Abwasser u.a.)
- c Luftemissionen (Gase, Staub, Wasserdampf)

Weitere Informationen über die Klassifikation der Rohstoffe und Rest- und Schadstoffe werden im SEEA (Absatz 233 bzw. Tabelle 3.5) aufgezeigt. Bezüglich der Produkte empfiehlt das SEEA die Central Product Classification (CPC).

Die in Schema 1 dargestellten Aktivitätsblöcke (1) „Umweltschutzaktivitäten, Recycling“ und (2) „Ifd. Produktion ohne Umweltschutzaktivitäten, Haushaltsaktivitäten“ werden im SEEA, wie folgt, durch eine erweiterte Version der International Standard Industrial Classification (ISIC) mit besonderer Beachtung von Umweltschutzaktivitäten konkretisiert und unterteilt:

Wirtschaftsaktivitäten

1 Produktionsaktivitäten der Wirtschaftszweige (ISIC)

37	Recycling
90	Abwasser- und Abfallbeseitigung und sonstige Entsorgung
A + B	Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Fischzucht
C	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
D + E	Verarbeitendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung
(ohne 37)	(ohne Recycling)
F	Baugewerbe
G + H	Handel, Gastgewerbe
I	Verkehr und Nachrichtenübermittlung
J + K	Dienstleistungen der Kreditinstitute u. Versicherungen, Vermietung, Dienstleistungen für Unternehmen
L	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung
M + N + O	Erziehung und Unterricht, Gesundheits- und Sozialwesen
(ohne 90)	sowie sonstige Dienstleistungen (ohne Entsorgung)

2 Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte

Bei **privaten Haushalten** können neben den Verbrauchsaktivitäten auch Produktionsaktivitäten beschrieben werden. Das SEEA geht in seinem Kapitel V darauf ein. In den PIOT werden dagegen, wie im traditionellen System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR), nur die Verbrauchsaktivitäten dargestellt. Die einzigen „Outputs“ des Verbrauchsprozesses sind Rest- und Schadstoffe. Trotzdem hebt die Beschreibung der Verbrauchsaktivitäten als Umwandlungsprozesse von Materialien

und die besondere Behandlung der langlebigen Gebrauchsgüter (Abschnitt 2.3.6) die Grenze zwischen Produktion und Konsum teilweise auf.

Im SEEA werden Bestände und Bestandsänderungen der nichtproduzierten, inländischen Natur in **Vermögenskonten** dargestellt, die wie folgt klassifiziert sind:

Inländisches Sachvermögen (ohne immaterielles Sachvermögen)

1 Sachvermögen der Wirtschaft

- a Abfalldeponien
- b Ausrüstungen, Bauten, Vorräte
- c Produziertes Naturvermögen

2 Gebrauchsgüter der privaten Haushalte

3 Nichtproduziertes Naturvermögen

- a Nichtproduzierte Biomasse (wilde Tiere, Pflanzen)
- b Bodenschätze
- c Grund und Boden (einschließlich Ökosystemen)
- d Wasser
- e Luft

Das SEEA beinhaltet eine detaillierte Vermögensklassifikation (Absatz 145 und Anhang D des SEEA), die weitere Disaggregationen der oben beschriebenen Positionen aufzeigt. Im Kontext von physischen Rechnungen, wie den PIOT, spielen immaterielle nichtproduzierte Vermögen sowie der Grund und Boden keine Rolle. Ansonsten werden Zu- und Abgänge der oben genannten Vermögensbestandteile in den PIOT berücksichtigt.

In den **Tabellen 1 bis 3** werden die Materialflüsse des Schemas 1 für die verschiedenen Materialarten in Matrixform präsentiert. Hier unterscheiden wir nur zwischen den Materialarten Rohstoffe, Güter, Rest- und Schadstoffe. Selbstverständlich ist weitere Disaggregation notwendig, um aussagefähige Analysen der Materialflüsse zu ermöglichen. Mit diesen Matrizen soll nur das Konzept erläutert werden. Die Zeilen der Tabellen zeigen Aktivitäten oder Vermögensbestände, die Materialien abgeben. Die Spalten repräsentieren Aktivitäten oder Vermögensbestände, die Materialien aufnehmen. Die Zeilen bzw. Spalten 1 bis 4 beziehen sich auf die inländische Wirtschaft (dunklere schattierte Fläche), Zeile und Spalte 5 auf das nichtproduzierte inländische Naturvermögen sowie Zeile und Spalte 6 auf den Rest der Welt (heller schattierte Fläche). Zeile 7 und Spalte 7 zeigen den Gesamtverbrauch resp. die Gesamtlieferung. Jedes Kreuz (x) repräsentiert einen Materialfluß.

Die Materialflüsse der Tabellen 1 bis 3 des SEEA faßt **Tabelle 4** zusammen. Die Spaltensummen (Zeile 7) der Tabellen 1 bis 3 sind in den Zeilen 2 bis 4 der Tabelle 4 aufgezeigt. Die Zeilensummen (Spalte 7) der Tabellen 1 bis 3 entsprechen den Zeilen 5 bis 7 der Tabelle 4. Somit sind alle Materialflüsse von Schema 1 enthalten, jedoch sind besondere Informationen über die Beziehungen zwischen liefernden und empfangenden Aktivitäten (oder Beständen) nicht mehr ersichtlich. Eine derartige zusammengefaßte Präsentation von Materialflußdaten hat den Vorteil, übersichtlich zu sein und könnte die Realisierung von Materialflußanalysen in vielen Ländern erleichtern, da die Datenerfordernisse wesentlich eingeschränkt sind. Die **Vermögensgrößen** des SEEA (Tabelle 4) umfassen Anfangsbestände (Zeile 1 von Tabelle 4) und Endbestände (Zeile 9). Eine zusätzliche Position „Andere Volumensänderungen“ mußte eingeführt werden, um eine komplette Materialbestandsbilanz zu erreichen. Diese Position umfaßt Änderungen, die nicht durch den ökonomischen Gebrauch der Materialien verursacht wurden, sondern z.B. durch politische oder natürliche Ursachen.

In den PIOT werden keine physischen Bestände, sondern nur Materialflüsse beschrieben (**Tabelle 5**). Entsprechend ist Tabelle 4 anzupassen. Die Zeilen 1 bis 6 der Tabelle 5 repräsentieren die Materialflüsse des Schemas 1. In Zeile 7 werden Salden eingeführt, die die Sachvermögensänderungen oder die Akkumulation von Materialien - bedingt durch ökonomische Aktivitäten - widerspiegeln. Salden sind auch bezüglich der Beziehungen zwischen inländischer Wirtschaft und dem Rest der Welt notwendig. Diese Salden repräsentieren Nettozuflüsse vom Rest der Welt in die inländische Wirtschaft oder umgekehrt. Bei den Wirtschaftsaktivitäten sind die Materialinputs und -outputs ausgeglichen. Die Konzepte des SEEA und insbesondere die Tabelle 5 bilden die Grundlage für die PIOT.

Tabelle 1: Rohstoffströme

Lfd. Nr.	Verbleib Herkunft	Wirtschaftsaktivitäten		Inländisches Sachvermögen			Übrige Welt (Exporte) (6)	Herkunft insgesamt (7)
		Umweltschutz, Recycling	sonstige (einschl. Haushaltsaktivitäten)	geordnete Deponien	sonstiges produziertes Sachvermögen	nichtproduziertes Naturvermögen		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
1	Wirtschaftsaktivitäten							
	Umweltschutz, Recycling							
2	Sonstige							
Inländisches Sachvermögen								
3	geordnete Deponien							
4	sonstiges produziertes Sachvermögen							
5	nichtproduziertes Naturvermögen	X	X					X
6	Übrige Welt (Importe)	X	X					X
7	Verbleib insgesamt	X	X					X

Tabelle 2: Güterströme

Lfd. Nr.	Verbleib Herkunft	Wirtschaftsaktivitäten		Inländisches Sachvermögen			Übrige Welt (Exporte) (6)	Herkunft insgesamt (7)						
		Umweltschutz, Recycling	sonstige (einschl. Haushaltsaktivitäten)	geordnete Deponien	sonstiges produziertes Sachvermögen	nichtproduziertes Naturvermögen								
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)								
1	Wirtschaftsaktivitäten													
	Umweltschutz, Recycling													
2	Sonstige								X	X		X		X
Inländisches Sachvermögen														
3	geordnete Deponien													
4	sonstiges produziertes Sachvermögen	X	X				X							
5	nichtproduziertes Naturvermögen													
6	Übrige Welt (Importe)	X	X		X			X						
7	Verbleib insgesamt	X	X		X		X	X						

Tabelle 3: Rest- und Schadstoffströme

Lfd. Nr.	Herkunft	Wirtschaftsaktivitäten		Inländisches Sachvermögen			Übrige Welt (Exporte)	Herkunft insgesamt
		Umweltschutz, Recycling	sonstige (einschl. Haushaltsaktivitäten)	geordnete Deponien	sonstiges produziertes Sachvermögen	nichtproduziertes Naturvermögen		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
	Wirtschaftsaktivitäten							
1	Umweltschutz, Recycling	X	X	X		X	X	X
2	Sonstige	X				X	X	X
	Inländisches Sachvermögen							
3	geordnete Deponien	X				X		X
4	sonstiges produziertes Sachvermögen	X				X	X	X
5	nichtproduziertes Naturvermögen							
6	Übrige Welt (Importe)	X						X
7	Verbleib insgesamt	X	X	X		X	X	X

Tabelle 4: Erweiterte Input-Output-Tabelle

Lfd. Nr.		Wirtschaftsaktivitäten		Inländisches Sachvermögen			Übrige Welt	Insgesamt
		Umweltschutz, Recycling	sonstige (einschl. Haushaltsaktivitäten)	geordnete Deponien	sonstiges produziertes Sachvermögen	nichtproduziertes Naturvermögen		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
1	Anfangsbestände			X	X	X		
	+ Verbleib							
2	Rohstoffe	X	X					X
3	Güter	X	X		X		X	X
4	Rest- und Schadstoffe	X	X	X		X	X	X
	- Herkunft							
5	Rohstoffe					X	X	X
6	Güter		X		X		X	X
7	Rest- und Schadstoffe	X	X	X	X		X	X
8	± Sonstige Volumensänderungen			X	X	X		
9	= Endbestände			X	X	X		

Tabelle 5: Erweiterte Input-Output-Tabelle ohne Bestandsangaben

Lfd. Nr.		Wirtschaftsaktivitäten		Inländisches Sachvermögen			Übrige Welt	Insgesamt
		Umwelt-schutz, Recycling	sonstige (einschl. Haushalts-aktivitäten)	geordnete Deponien	sonstiges produziertes Sach-vermögen	nicht-produziertes Natur-vermögen		
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
	+ Verbleib							
1	Rohstoffe	X	X					X
2	Güter	X	X		X		X	X
3	Rest- und Schadstoffe	X	X	X		X	X	X
	- Herkunft							
4	Rohstoffe					X	X	X
5	Güter		X		X		X	X
6	Rest- und Schadstoffe	X	X	X	X		X	X
7	= Endbestände	0	0	X	X	X	X	0

2.3 Physische Input-Output-Tabellen

2.3.1 Das Basiskonzept

Die PIOT 1990 stellen eine **gesamtwirtschaftliche, aktivitätsbezogene Materialflußrechnung** in Tonnen dar. Dabei werden die Aktivitäten der inländischen Wirtschaft (früheres Bundesgebiet) nach den 58 Produktionsbereichen der Input-Output-Rechnung, einem zusätzlichen Produktionsbereich für externe Umweltschutzleistungen und den Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte unterteilt. Zudem werden in den PIOT auch die Zu- und Abgänge zu Beständen - also die Sachvermögensänderungen, beispielsweise der Bauten, Ausrüstungen und des Naturvermögens - sowie der Außenhandel in Tonnen beschrieben. Die Höhe der Bestände selbst wird nicht dargestellt.

Die PIOT sind bezüglich der Güterströme weitgehend mit den **monetären Input-Output-Tabellen** vergleichbar. Gegenüber den monetären Input-Output-Tabellen besteht die wichtigste Erweiterung der PIOT in der Einbeziehung des Naturvermögens als Quelle von Rohstoffen und Senke von Rest- und Schadstoffen. Dabei wird produziertes und nichtproduziertes Naturvermögen unterschieden. Mit Hilfe des **nichtproduzierten Naturvermögens** soll ein Hinweis auf die ökonomische Nutzung der natürlichen Umwelt gegeben werden. Diese Nutzung spiegelt sich in den Materialflüssen zwischen Natur und ökonomischen Aktivitäten wider. Das **produzierte Naturvermögen** umfaßt in den PIOT Nutzpflanzen und Nutztiere. Auf diese Erweiterungen gehen wir im Abschnitt 2.3.6 „Besondere konzeptionelle Probleme“ ein.

In den PIOT werden für jede Aktivität und jeden Sachvermögensbereich Output (Aufkommen) und Input (Verwendung) von Materialien gezeigt. Der **Output** an Materialien umfaßt alle im Inland produzierten und alle eingeführten Güter, die bei der Produktion und beim Konsum entstandenen Rest- und Schadstoffe sowie die Entnahmen bzw. physischen Abgänge aus den verschiedenen Sachvermögensbereichen. Dabei werden neun Rohstoffe, 49 Gütergruppen und elf Rest- und Schadstoffe unterschieden. Diese Materialien fließen als **Input** an die verschiedenen Bereiche. So werden Rohstoffe und Güter als Vorleistungen in den verschiedenen Produktionsbereichen verwendet, von privaten Haushalten konsumiert, erhöhen das Sachvermögen oder werden ausgeführt. Die Rest- und Schadstoffe werden entweder an die Natur abgegeben bzw. von ihr

aufgenommen, behandelt oder exportiert. Diese Behandlung von Materialien findet in den Produktionsbereichen externe Umweltschutzleistungen oder Rückgewinnung statt. Die behandelten Rest- und Schadstoffe werden dann an die Natur abgegeben oder als Sekundärrohstoffe wiederverwendet.

Die Zusammenführung aller Materialströme (Rohstoffentnahmen, Güterströme sowie Rest- und Schadstoffe) in den PIOT führt aufgrund des physikalischen Gesetzes der Materialerhaltung (1. Hauptsatz der Thermodynamik) zur Identität von Materialinputs und -outputs für jeden einzelnen Produktionsbereich und für die Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte. Für die Sachvermögensbereiche und die übrige Welt ergibt sich als Saldo zwischen Input und Output die Veränderung der Materialbestände (Materialakkumulation) und der physische Außenbeitrag. Definitorisch ist die Summe aus inländischer Materialakkumulation und Außenbeitrag ebenfalls gleich Null.

Die Physischen Input-Output-Tabellen 1990 unterteilen sich in die physische Input-(Verwendungs-) Tabelle, die physische Output-(Aufkommens-)Tabelle, die Materialverflechtungstabelle sowie bestimmte Zusatztabellen. In den folgenden Abschnitten des zweiten Kapitels werden zunächst die einzelnen Tabellentypen, dann das Tabellensystem und zum Abschluß einige ausgewählte, konzeptionelle Probleme der PIOT erläutert.

2.3.2 Die Physische Input-(Verwendungs-)Tabelle und die Physische Output-(Aufkommens-)Tabelle

Die **physische Input-Tabelle** zeigt, von welchen Bereichen - Produktionsbereiche, Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte, Sachvermögensbereiche oder übrige Welt - welche Materialien - Rohstoffe, Güter oder Rest- und Schadstoffe - eingesetzt bzw. aufgenommen werden. Die **physische Output-Tabelle** beschreibt, welche Bereiche welche Materialien produzieren bzw. abgeben. So erscheinen beispielsweise Rohstoffe als Output des nichtproduzierten Naturvermögens in der Output-Tabelle und als Input des Bergbaus zur Erstellung von Bergbauerzeugnissen in der Input-Tabelle.

Input-Tabelle und Output-Tabelle sind spaltenweise nach 59 Produktionsbereichen, den Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte, sieben Sachvermögensbereichen (private Gebrauchsgüter, Vorratsveränderungen, Deponien, Bauten, Ausrüstungen sowie produziertes und nichtproduziertes Naturvermögen) und der übrigen Welt untergliedert. Zeilenweise zeigen sie neun Rohmaterialien, 49 Gütergruppen und elf Arten von Emissionen (zu weiteren Unterteilungen der Luftemissionen siehe Abschnitt 2.3.4).

Im Verlauf der Arbeiten an den PIOT erschien es sinnvoll, die Input-Tabelle und die Output-Tabelle jeweils in drei **Untertabellen** zu zerlegen. Dies erhöht die Übersichtlichkeit im Hinblick auf die verschiedenen Problemfelder und erleichtert die Abstimmung von Inputs und Outputs. Auf der Aggregationsebene der Gesamttabellen wären bereits die Problemquellen beim Abgleich von Inputs und Outputs nur schwer zu erkennen. Eine getrennte Darstellung beispielsweise von Wasseraufkommen und -verwendung ist weiterhin allein schon wegen der Dimension der Wassermengen notwendig. Die in unserer Volkswirtschaft verwendeten Wassermengen sind so groß, daß alle anderen Materialströme daneben unwesentlich erscheinen. Die Aufteilung erfolgte auch pragmatisch anhand der Basisstatistiken. Unterschieden werden Untertabellen für folgende Materialinputs:

- Energie
- Wasser
- Übrige Materialien.

Die Untertabelle **Energie** umfaßt auf der Inputseite alle Energieträger sowie weitere zur Verbrennung und Umwandlung von Energieträgern notwendigen Materialien (z.B. Sauerstoff). Dem stehen auf der Outputseite die aus der Verbrennung resultierenden **Luftemissionen**, Wasserdampf und Verbrennungsrückstände sowie aus Energieträgern produzierte Güter gegenüber. Die Untertabelle **Wasser** stellt dem gesamten Wasserinput der verschiedenen Bereiche den Wasseroutput in Form von **Abwasser**, Wasserdampf und in Gütern enthaltene Wasserbestandteile gegenüber. Nachdem die Energie- und die Wassertabelle definiert sind, bleibt ein Rest aus im wesentlichen nichtenergetischen Rohstoffen und Gütern auf der Inputseite, dem hauptsächlich Güter und **Abfälle** (einschließlich Bestandsabgänge, wie Bauschutt oder Sperrmüll) gegenüberstehen. Diese sehr unterschiedlichen Materialien faßt die Untertabelle der **übrigen Materialien** zusammen.

Die Zeilen- und Spaltengliederungen der Untertabellen sind mit den Gliederungen der Gesamttabellen voll kompatibel. Für die Untertabellen gilt spaltenweise die Identität von Inputs und Outputs für Produktionsbereiche und Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte (nicht jedoch für das Sachvermögen und die übrige Welt) ebenso wie für die Gesamttabelle. Zeilenweise kann es hingegen bei den Untertabellen zu Abweichungen zwischen Inputs und Outputs kommen. Dies ist der Fall, wenn ein Teil des Outputs einer Untertabelle als Input in einer anderen Untertabelle gebucht wird. Bei der

Herstellung von z.B. Lacken wird Wasser verwendet. In dem Gesamtgewicht der produzierten Lacke ist auch ein Anteil Wasser enthalten. Der Input, der diesem Wasser gegenübersteht, ist Teil der Wasserentnahme aus der Natur. Entsprechend wird diesem Input in der Output-Tabelle für Wasser ein Teil des Güteroutputs „Lack“ gegenübergestellt. Die Verwendung des gesamten Gutes „Lack“ wird jedoch aus Vereinfachungsgründen in der Tabelle der übrigen Materialien dargestellt.

2.3.3 Die Materialverflechtungstabelle

Die **Materialverflechtungstabelle** zeigt in den Zeilen und Spalten die Produktionsbereiche, die Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte, die Sachvermögensbereiche und die übrige Welt (Ausfuhren bzw. Einfuhren). Diese Gliederung entspricht der Spaltengliederung in der Input-Tabelle und Output-Tabelle. Eine Unterscheidung nach Materialarten, wie in diesen Tabellen, wird nicht vorgenommen. Die Materialverflechtungstabelle zeigt zeilenweise die Verwendung des gesamten Materialaufkommens (Rohstoffe, Güter und Rest- und Schadstoffe) durch die verschiedenen Bereiche. Das gesamte Materialaufkommen beispielsweise eines Produktionsbereiches setzt sich aus dem Materialoutput aus inländischer Produktion und den Einfuhren gleichartiger Güter zusammen. Letzteres bedeutet, daß beispielsweise Einfuhren von landwirtschaftlichen Gütern dem Materialaufkommen des Produktionsbereiches 1 „Erzeugung von Produkten der Landwirtschaft“ zugeordnet werden. Spaltenweise erkennt man, welche und wieviel Materialien ein Bereich aufnimmt, und wie hoch das Materialaufkommen ist. Das gesamte Materialaufkommen (Spaltensummen) ist identisch mit der gesamten Materialverwendung (Zeilensummen).

Auch die Materialverflechtungstabelle wird in verschiedene **Untertabellen** zerlegt. Die Untertabellen zeigen im einzelnen die Verwendung von Gütern und Rohstoffen, von Rest- und Schadstoffen sowie die Verwendung der eingeführten Güter. Die Untertabelle der Rest- und Schadstoffe wird weiter unterteilt in die Verwendung der Rest- und Schadstoffe aus dem Einsatz von Energie, von Wasser und der übrigen Materialien.

Konzeptionell weicht die Materialverflechtungstabelle von der Input-Tabelle und der Output-Tabelle bei der Buchung der land- und forstwirtschaftlichen Produkte ab. In der Input- und Output-Tabelle werden die Veränderungen des **produzierten Naturvermögens** brutto nachgewiesen. Das heißt, der gesamte Biomassenzuwachs (Output der Land- und Forstwirtschaft) wird zunächst als Input des produzierten Naturvermögens gebucht. Die Outputs des produzierten Naturvermögens sind die in der Periode verwendeten land- und forstwirtschaftlichen Produkte. Damit weichen wir zwar vom Konzept des SNA ab, jedoch ist die Bruttodarstellung für die Beschreibung des biologischen Stoffwechsels von Vorteil. In der Materialverflechtungstabelle hingegen beschreiben wir das produzierte Naturvermögen netto. Das heißt, die in der Periode verwendeten land- und forstwirtschaftlichen Produkte werden direkt den Verwendern zugebucht und nur echte Bestandszunahmen oder -abgänge werden beim produzierten Naturvermögen gezeigt. Als Saldo des produzierten Naturvermögens ergeben sich die Bestandsveränderungen an Nutzpflanzen und -tieren. Die Materialströme im Bereich des produzierten Naturvermögens - und ebenso bei den Input-Tabellen und Output-Tabellen insgesamt - sind folglich in der Materialverflechtungstabelle niedriger als in der Input-Tabelle und Output-Tabelle. Die Vorgehensweise in der Materialverflechtungstabelle entspricht hier dem Konzept des revidierten SNA. Ansonsten stimmen beide Tabellentypen konzeptionell und quantitativ überein.

Das Konzept der **Physischen Input-Tabelle** und **Output-Tabelle** ermöglicht eine sehr viel detailliertere Darstellung der Zuordnung von Materialien zu Bereichen - Produktionsbereiche, Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte, Sachvermögensbereiche und übrige Welt - und damit der Beziehungen zwischen inländischer Wirtschaft und Natur als die **Materialverflechtungstabelle**. Allerdings sagen die Input-Tabelle und die Output-Tabelle nichts über die Verknüpfungen zwischen den Bereichen aus. Die Materialverflechtungstabelle hingegen hat gerade die **Verknüpfung von Bereichen** zum Darstellungsgegenstand und bildet somit die Grundlage für Input-Output-Analysen. Sind Materialflußuntersuchungen ohne Input-Output-Analysen auf der Ebene der Bereiche durchzuführen, dürften die Input- und Output-Tabellen das geeignetere Werkzeug sein.

2.3.4 Zusatztabellen

Die bisherigen Erläuterungen der Konzepte der PIOT bezogen sich auf eine geschlossene Darstellung der Materialflußrechnung in Tonnen. Eine solche Darstellung nur in Tonnen abstrahiert natürlich von **qualitativen Aspekten** der Materialströme. Die Konzepte der PIOT sind jedoch auch auf andere Maßeinheiten anwendbar. Aus unserer Sicht muß es Ziel jeder Materialflußrechnung sein, soweit sinnvoll und möglich, ergänzende Tabellen in anderen Maßeinheiten als Tonnen anzubieten und qualitative Aspekte zu beschreiben.

Derzeit ist es nur möglich, zwei **Zusatztabellen** zu erstellen. Diese Tabellen sind selbstverständlich konzeptionell voll kompatibel mit den entsprechenden Angaben in Tonnen. Die erste Zusatztabelle zeigt die Untertabellen für **Energie** der Physischen Input-Tabelle und der Output-Tabelle in Terajoule. Die Spaltengliederung der Untertabelle für Energie in Tonnen und in **Terajoule** ist voll identisch. Bei der Zeilengliederung ergeben sich durch die Wahl von Heizwerten als Einheiten jedoch Unterschiede. So wurde bei den Rohstoffen eine neue Position für Energie aus Wasserkraft eingeführt. Auf der Outputseite

müssen Positionen, wie Nutzenergie (Licht, Heizung u.a.) und Wärmeverluste, dargestellt werden. Hier kann nun auch die Erzeugung und Verwendung von elektrischem Strom dargestellt werden.

Die zweite Zusatztablette zeigt die **Luftemissionen** der Produktionsbereiche und der privaten Haushalte nach Luftemissionsarten detaillierter als die Physische Output-Tabelle. Zudem werden die Luftemissionen mit sogenannten **Äquivalenzziffern** bezüglich der Umweltprobleme Treibhauseffekt und Versauerung der Luft gewichtet. Die Äquivalenzziffern geben beispielsweise an, daß der Ausstoß einer Tonne Stickstoffdioxid (N₂O) 320 mal stärker das Klima erwärmt als der Ausstoß einer Tonne Kohlendioxid (CO₂). Durch die Gewichtung wird der Einfluß einzelner Produktionsbereiche an dem gesamten, durch anthropogene Luftemissionen verursachten, **Belastungspotential** bezüglich des Treibhauseffektes bzw. der Versauerung deutlich. Solche Berechnungsergebnisse wurden bereits vom niederländischen Amt für Statistik veröffentlicht (De Haan, Keuning, Bosch 1993).

2.3.5 Das Tabellensystem

Da die PIOT ein komplexes Tabellensystem darstellen, erscheint es notwendig, einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den Gesamt- und den Untertabellen zu geben. Auf die Zusatztabellen für Energie in Heizwerten und für Luftemissionen gehen wir hier nicht mehr ein, da dies für das Verständnis der Zusammenhänge des Tabellensystems der PIOT nicht notwendig erscheint.

Zunächst wird das System der Physischen **Input-Tabellen und Output-Tabellen** verdeutlicht. Dies erfolgt mit Hilfe der folgenden Staffeldrechnung für die entsprechenden Gesamtmengen an Inputs und Outputs der verschiedenen Tabellen. Die Angaben in Klammern entsprechen den Nummern der Tabellen, die sich im Tabellenteil befinden.

	Insgesamt Mill. t
(1) Physische Input-(Verwendungs-)Tabelle 1990	
(1.2) Energie	4 543,3
+ (1.3) Wasser.....	103 704,0
+ (1.4) Übrige Materialien.....	4 808,1
= (1.1) Insgesamt	113 055,4
 (2) Physische Output-(Aufkommens-) Tabelle 1990	
(2.2) Energie	4 564,9
+ (2.3) Wasser.....	103 905,5
+ (2.4) Übrige Materialien.....	4 585,0
= (2.1) Insgesamt	113 055,4

Bei dieser Staffeldrechnung wird deutlich, daß zwar die Gesamtsummen von Inputs und Outputs übereinstimmen, die Eckzahlen der Untertabellen jedoch unterschiedlich sind. Dies liegt an den Transformationen von einer Materialart in eine andere, die sich in Übergängen zwischen den Untertabellen für Energie, Wasser oder übrige Materialien zeigen (siehe Abschnitt 2.3.2). Die Spaltensummen der Produktionsbereiche und der Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte hingegen stimmen - wie bereits erläutert - stets überein.

Der Unterschied zwischen der gesamten Materialmenge gemäß Input-Tabelle und Output-Tabelle gegenüber derjenigen in der Materialverflechtungstabelle erklärt sich aus der bereits erwähnten konzeptionellen Abweichung. Dabei handelt es sich um die unterschiedliche Buchung der land- und forstwirtschaftlichen Produkte im produzierten Naturvermögen (siehe Abschnitt 2.3.3). In der folgenden Staffeldrechnung wird der Übergang quantifiziert:

Mill. t

Input/Output gemäß Input-Tabelle oder Output-Tabelle	113 055,4
- Unterschiede beim produzierten Naturvermögen	221,7
= Gesamtes Materialaufkommen/gesamte Materialverwendung gemäß Materialverflechtungstabelle	112 833,7

Auch die **Materialverflechtungstabelle** ist in verschiedene Untertabellen unterteilt. Die folgende Staffeldrechnung soll den Zusammenhang zwischen den Tabellen verdeutlichen. Die Angaben in Klammern beziehen sich wiederum auf die Nummern der Tabellen im Tabellenteil.

	Input bzw. Output insgesamt Mill. t
(3) Materialverflechtungstabelle 1990	
(3.2) Verwendung der Güter und Rohstoffe - inländische Produktion	58 741,4
+ (3.3) Verwendung der Rest- und Schadstoffe - inländische Produktion 3.3.1 Insgesamt	53 699,8
+ (3.4) Verwendung der eingeführten Güter	392,6
= (3.1) Insgesamt - inländische Produktion und Einfuhr	112 833,7

Die Verwendung der Güter und Rohstoffe - ohne Rest und Schadstoffe und ohne eingeführte Güter - zeigt die Tabelle 3.2. Die Tabelle 3.3 „Verwendung der Rest- und Schadstoffe - inländische Produktion“ wird weiter in folgende Untertabellen unterteilt:

	Insgesamt Mill. t
(3.3) Verwendung der Rest- und Schadstoffe - inländische Produktion	
(3.3.2) Energie	2 069,4
+ (3.3.3) Wasser	50 614,5
+ (3.3.4) Übrige Materialien	1 015,9
= (3.3.1) Insgesamt	53 699,8

Die Verwendungstabellen für Rest- und Schadstoffe (Tabellen 3.3.1 bis 3.3.4) beschreiben, wohin die in den verschiedenen Bereichen anfallenden Rest- und Schadstoffe fließen. Damit wird u.a. nachgewiesen, ob die Rest- und Schadstoffe direkt an die Natur abgegeben oder beispielsweise im Produktionsbereich „Externe Umweltschutzleistungen“ entsorgt werden. Die Tabelle 3.4 zeigt die Verwendung der Einfuhren nach Gütergruppen und Produktionsbereichen bzw. privaten Haushalten.

2.3.6 Besondere konzeptionelle Probleme

Sachvermögensänderungen

Wie bereits erwähnt, zeigen die vorliegenden PIOT keine Sachvermögensbestände, sondern nur Sachvermögensänderungen. Sie beschränken sich demnach auf Materialzu- und -abgänge zum Sachvermögen. Neben den weiter unten beschriebenen Sachvermögensbereichen (private Gebrauchsgüter und Naturvermögen) zeigen die PIOT Zu- und Abgänge zu den

Ausrüstungen und Bauten sowie die Bestandszunahme in Abfalldeponien. Übergänge von den geordneten Deponien an die Natur konnten wir wegen mangelhafter Datenlage nicht nachweisen. Zugänge zum Sachvermögen sind Investitionen (in Tonnen) und auf Deponien abgelagerte Abfälle. Abgänge vom physischen Vermögen sind im wesentlichen Bauschutt und Schrott. Der Saldo von Inputs und Outputs beschreibt die Bestandsveränderung der entsprechenden Sachvermögensarten in Tonnen. Die Vorratsveränderung von Gütern (Zugänge abzüglich Abgänge) wird in der Verwendungstabelle gezeigt. Bei den Vorräten ist es - abgesehen von den Vorräten an lebenden Tieren und Pflanzen - derzeit nicht möglich, Zu- und Abgänge getrennt darzustellen. Hingewiesen sei noch auf zwei spezielle Probleme. **Militärische Bauten** und **Ausrüstungen** werden in den PIOT als Output der Gebietskörperschaften und Input der entsprechenden Sachvermögensbereiche dargestellt, da sie in der Regel über mehrere Jahre im physischen Vermögensbestand bleiben. Dies entspricht nicht in vollem Umfang den Konzepten des SNA, wonach nur das theoretisch auch für zivile Zwecke nutzbare Vermögen und nicht die rein militärischen Ausrüstungen als Vermögensbestände angesehen werden. Zudem werden gemäß ESVG (Europäisches System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen) kleinere **Instandhaltungsreparaturen** nicht als Zugänge zum Vermögen, sondern als Vorleistungsverbrauch gebucht. In den PIOT sind mit der Instandhaltung verbundene Materialströme als physische Zugänge zum Vermögen dargestellt.

Naturvermögen

Die wesentliche Erweiterung der PIOT gegenüber der monetären Input-Output-Tabelle stellt, wie bereits erwähnt, die Einbeziehung des **Naturvermögens** dar. Dabei wird produziertes und nichtproduziertes Naturvermögen unterschieden. Das **produzierte Naturvermögen** umfaßt in den PIOT Nutzpflanzen und Nutztiere und ist folglich eng mit den Produktionsbereichen Land- und Forstwirtschaft verzahnt. Hierauf gehen wir im folgenden Abschnitt über die Land- und Forstwirtschaft ein. Mit Hilfe des **nichtproduzierten Naturvermögens** soll ein Hinweis auf die ökonomische Nutzung der natürlichen Umwelt gegeben werden. Diese Nutzung spiegelt sich in einer Materialflußrechnung, wie den PIOT, in den Materialflüssen zwischen Natur und Volkswirtschaft wider. Ohne die Ab- und Zugänge zum Naturvermögen können gesamtwirtschaftliche Materialbilanzen, wie die PIOT, nicht geschlossen werden. Vereinfacht dargestellt, fließt ein Materialstrom von Bodenschätzen, Wasser, Sauerstoff usw. von der Natur in die inländische Wirtschaft. Der Mensch nutzt diese Materialien, wandelt sie um und gibt sie früher oder später in Form von Rest- und Schadstoffen wieder an die Natur ab. Die PIOT versuchen, diese Materialströme - zunächst ohne qualitative Bewertung - abzubilden. Das wesentliche Kriterium in den PIOT für eine Entnahme oder Abgabe an die Natur ist der unmittelbare Übergang von der Natur an die Wirtschaft bzw. umgekehrt und stellt letztlich auf die unmittelbare Verfügbarkeit der Materialien ab. Würde beispielsweise ein Betrieb Abwasser auf seinem Betriebsgelände versickern lassen, so entspräche dies in den PIOT einer Abgabe an die Natur, obgleich dieses Gelände nicht als Natur bezeichnet werden kann. Analog verhält es sich bei den Entnahmen aus der Natur. Die Entnahme von Wasser aus einem Stausee würde in den PIOT als Entnahme aus der Natur interpretiert werden, obgleich dieses Wasser auch als Vorrat innerhalb der Wirtschaft betrachtet werden könnte. Die Systemgrenze ist in einigen Fällen nicht eindeutig und wurde per Konvention, auch mit Blick auf die statistischen Datengrundlagen, gezogen.

Als Saldo zwischen Input und Output des nichtproduzierten Naturvermögens ergibt sich eine Größe, die die Änderung der Verteilung von Materialien zwischen inländischer Wirtschaft und Natur angibt. Es würde allerdings zu kurz greifen, wollte man daraus die Belastung der natürlichen Umwelt ableiten. Zu diesem Zweck müßten zusätzlich qualitative Indikatoren an die verschiedenen Materialströme angekoppelt werden. Außerdem müßte der natürliche Austausch von Rest- und Schadstoffen zwischen In- und Ausland einbezogen werden.

Land- und Forstwirtschaft

In diesem Bereich weicht die Darstellung der PIOT in starkem Maße vom Konzept der monetären Input-Output-Tabellen in der bisherigen (unrevidierten) Form ab, berücksichtigt dagegen aber schon weitgehend die Konzepte des revidierten SNA. Die land- und forstwirtschaftliche Produktion ist kaum trennbar mit der Natur verbunden, daher ist die Abgrenzung besonders schwierig. Die Betrachtung beispielsweise der Erntemenge greift hier zu kurz. Der Output der Land- und Forstwirtschaft entspricht in den PIOT dem gesamten Zuwachs an Biomasse an Nutzpflanzen und -tieren (z.B. Wachstum des forstwirtschaftlich betriebenen Waldes, von Getreide oder Kartoffeln und dem Zuwachs an Rindern). Dieser Biomassenzuwachs kann nun das produzierte Naturvermögen der Land- und Forstwirtschaft erhöhen oder wird in der Periode verbraucht.

Land- und Forstwirtschaft sowie produziertes und nichtproduziertes Naturvermögen sind eng miteinander verknüpft. In den PIOT liefert das nichtproduzierte Naturvermögen einen großen Teil der für das Biomassenwachstum notwendigen Materialien, wie Regenwasser, Kohlendioxid und Sauerstoff, an die Land- und Forstwirtschaft. Wichtige Einflußgrößen, wie die Sonnenenergie können, da nicht in Tonnen meßbar, leider nicht berücksichtigt werden. Die Land- und Forstwirtschaft erzeugt mit Hilfe dieser Lieferungen des nichtproduzierten Naturvermögens Nutzpflanzen und -tiere. Zum nichtproduzierten

Naturvermögen zählen Pflanzen oder Tiere dann, wenn sie nicht unmittelbar der land- oder forstwirtschaftlichen Produktion zuzuordnen sind. Dies könnten beispielsweise Bäume in einem nicht forstwirtschaftlich betriebenen Wald sein oder frei lebende wilde Tiere.

Biologischer Stoffwechsel

Wie oben beschrieben, wird in den PIOT das natürliche Wachstum der produzierten Biomasse als Output der Land- und Forstwirtschaft abgebildet. Dieses Konzept erlaubt es, ein vollständiges Bild des Stoffwechsels der Nutzpflanzen und der Nutztiere zu zeichnen. Inputs der Stoffwechselprozesse sind Rohstoffe, wie Wasser oder Luft (Sauerstoff, Kohlendioxid) und Güter, wie Tierfutter oder Düngemittel. Die Outputs des Stoffwechsels umfassen das natürliche Wachstum der Bäume u.ä., Güter, wie Eier oder Äpfel, und Rest- und Schadstoffe (Wasserdampf, Gülle usw.). Die Notwendigkeit, solche Stoffwechselprozesse einzubeziehen, ergibt sich aus einer konsequenten Anwendung der Identität von Materialinputs und -outputs. So sind Gülle und Methan wesentliche Schadstoffoutputs der Landwirtschaft, deren korrespondierende Inputs, nämlich Wasser, Futter und Atmung der Nutztiere, folglich einbezogen werden müssen. Neben dem biologischen Stoffwechsel im Bereich Land- und Forstwirtschaft sind auch analoge Vorgänge im Bereich der privaten Haushalte, nämlich der biologische Stoffwechsel von Menschen und Haustieren, einbezogen. Die Ergebnisse zum biologischen Stoffwechsel sind aufgrund der Datenqualität nur im Ergebnisüberblick (Kapitel 4) und nicht im Tabellenteil explizit ausgewiesen.

Private Haushalte

Der Bereich private Haushalte wird in den PIOT unterteilt in Verbrauchsaktivitäten und in die Akkumulation von langlebigen Gebrauchsgütern der privaten Haushalte. Der Bereich der Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte beschreibt alle Materialinputs und -outputs, die in einer Berichtsperiode verwendet bzw. wieder abgegeben werden. Um eine vollständige Materialbilanz für diese Flußrechnung aufzubauen, müssen nicht nur die Käufe von Verbrauchsgütern, sondern auch der gesamte Stoffwechsel der Menschen und der Haustiere einbezogen werden. Als Outputs aus den Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte werden nur Rest- und Schadstoffe nachgewiesen. Mögliche Güteroutputs der privaten Haushalte für eigene Verwendung werden - abgesehen vom Eigenverbrauch in der Landwirtschaft - nicht berücksichtigt. Bei der Akkumulation der privaten Gebrauchsgüter stehen dem Kauf (Input) von Gebrauchsgütern Abgänge, beispielsweise in Form von Sperrmüll oder ausrangierten Kraftfahrzeugen, gegenüber. Als Saldo ergibt sich die Veränderung des Bestandes an privaten Gebrauchsgütern in Tonnen.

Externe Umweltschutzleistungen

In den PIOT wird gegenüber den monetären Input-Output-Tabellen ein zusätzlicher Produktionsbereich für die externen Umweltschutzleistungen ausgewiesen. Dieser Bereich ist in den monetären Input-Output-Tabellen Teil der Produktionsbereiche „Übrige marktbestimmte Dienstleistungen“ und „Leistungen der Gebietskörperschaften“. Als extern wird eine Umweltschutzleistung dann bezeichnet, wenn sie für Dritte erbracht wird, d.h. nicht der Entsorgung von im eigenen Unternehmen entstandenen Rest- oder Schadstoffen dient. Zu den Umweltschutzleistungen dieses Bereichs gehören insbesondere die Klärung von Abwasser und die Behandlung von Abfällen. Die Deponierung von Abfällen ist eine Materialakkumulation und wird bei den Sachvermögensänderungen dargestellt.

Dienstleistungen

Auf konzeptioneller Ebene stellt sich die Frage, ob und, falls ja, in welcher Form die Inanspruchnahme von Dienstleistungen in eine Materialflußrechnung einzubeziehen ist. In den PIOT sollen möglichst alle Materialien erfaßt werden, die die dargestellten Bereiche aufnehmen oder abgeben. Mit der Inanspruchnahme von Dienstleistungen sind zum Teil auch Materialflüsse verbunden. So ist beispielsweise mit der Dienstleistung „Bewirtung in Gaststätten“ ein Materialfluß an private Haushalte in Höhe des Gewichts der verzehrten Nahrungsmittel und Getränke verbunden. Einige dieser Materialströme konnten schätzungsweise in die PIOT einbezogen werden. Wegen mangelnder statistischer Grundlagen läßt sich hier aber kein vollständiges Bild zeichnen. Die wichtigsten dieser Materialströme, wie in Gaststätten und Kantinen verzehrte Speisen und Getränke, dürften aber in den PIOT erfaßt sein.

3 Berechnungsgrundlagen und -methoden

3.1 Überblick

Die Erstellung der PIOT 1990 kann verkürzt in fünf Schritten dargestellt werden:

1. Zunächst werden die **Outputs** (Aufkommen) und **Inputs** (Verwendung) von Gütern in Tonnen, ohne die Materialströme zwischen Natur und Wirtschaft, berechnet. Als Ergebnis erhält man das physische Gegenstück zu den monetären Input-Output-Tabellen (Abschnitt 3.2).
2. Danach werden die **Materialflüsse zwischen Wirtschaft und Natur** ermittelt. Dabei werden die der Natur entnommenen Materialien und die entstandenen Rest- und Schadstoffe angekoppelt sowie das Naturvermögen als Gegenbuchungsbereich für diese Materialströme eingefügt (Abschnitte 3.3, 3.4).
3. Im dritten Schritt werden die Inputs und Outputs der einzelnen Produktionsbereiche und der Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte **abgestimmt** und die Salden in den Sachvermögensbereichen und bei der übrigen Welt überprüft (Abschnitt 3.5).
4. Im Anschluß daran werden Input-Tabelle und Output-Tabelle in eine symmetrische **Materialverflechtungstabelle** überführt (Abschnitt 3.6).
5. Nach Abschluß der Berechnung der PIOT in Tonnen werden die oben genannten **Zusatztabellen** erstellt (Abschnitt 3.7).

3.2 Güterströme

Im **ersten Schritt** werden Vektoren für die inländische Produktion, die Einfuhren und die Ausfuhren in Tonnen ermittelt. Dabei stehen die Güter des Produzierenden Gewerbes sowie der Land- und Forstwirtschaft im Mittelpunkt. Daten in physischen Einheiten, die aus den Statistiken über die Produktion und den Außenhandel verfügbar sind, bilden die Basis für die Vektoren.

Die Statistik der **Produktion im Produzierenden Gewerbe** beschreibt etwa 60 % der von **größeren Unternehmen¹⁾** des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes produzierten Güterarten in Gewichtseinheiten (Tonnen). Die anderen in dieser Statistik erfaßten Güter müssen von physischen Einheiten - wie Stück, Liter, Quadratmeter - mit speziellen Durchschnittsgewichten in Tonnen umgerechnet werden. Diese Umrechnungsfaktoren können zum größten Teil mit Relationen aus der Außenhandelsstatistik errechnet werden, z.B. mit Relationen von Tonnen zu Stück oder zu Quadratmetern. Ein Teil der Umrechnungsfaktoren mußte durch spezielle Untersuchungen und Zusatzinformationen ermittelt werden. In etwa 10 % der Fälle werden Relationen von Tonnen zu DM angesetzt. Die Umrechnung erfolgte auf einem möglichst niedrigen Aggregationsniveau, um die Heterogenität der Güter und damit den Fehlerspielraum bei der Umrechnung zu minimieren. In den PIOT werden dabei etwa 1 500 Güter unterschieden.

Da die Statistik der Produktion des Produzierenden Gewerbes in der Regel nur größere Unternehmen (mit mehr als 19 Beschäftigten) einbezieht, wurden Zuschätzungen für **kleinere Unternehmen** (mit weniger als 20 Beschäftigten) vorgenommen. Weitere Ergänzungen für **Verpackungsmaterial** waren für einige Gütergruppen (z.B. Getränke, Spielzeug oder Musikinstrumente) notwendig.

Daten über das Gewicht der erstellten **Bauten** können der amtlichen Statistik nicht entnommen werden. Hilfsweise werden die Inputs an Baumaterialien in die Produktionsbereiche „Hoch- und Tiefbau u.ä.“ sowie „Ausbau“ zur Schätzung der erstellten Bauten in Tonnen herangezogen. Dieser Output der Baubereiche erhöht die Akkumulation von Materialien und ist entsprechend als Erhöhung des Sachvermögens zu buchen.

Im Bereich der **Land- und Forstwirtschaft** weicht die Darstellung der PIOT stark vom Konzept der monetären Input-Output-Tabellen ab. Wie in Kapitel 2 erläutert, stellt der Biomassenzuwachs der kultivierten Pflanzen und der Nutztiere den Output der Landwirtschaft dar. Grundlage für die Berechnung des Biomassenzuwachses sind Angaben in physischen Einheiten aus den Statistiken der Land- und Forstwirtschaft über Erntemengen, Tier- und Pflanzenbestände sowie Informationen aus der Agrarwissenschaft. Hierauf gehen wir noch in Abschnitt 3.4 ein.

Aus den Statistiken der Produktion im Produzierenden Gewerbe, der Land- und Forstwirtschaft sowie den genannten Zuschätzungen ergibt sich ein Vektor für die **inländische Warenproduktion in Tonnen**, unterteilt nach etwa 1 500 Warenarten gemäß der Systematik der Input-Output-Tabellen (SIO). Nicht erfaßt sind Produktionsergebnisse, die nicht unmittelbar in Tonnen meßbar sind, wie Elektrizität. Die Außenhandelsstatistik stellt die **Warenimporte und -exporte** sehr

¹⁾ Die Statistik der Produktion im Produzierenden Gewerbe erfaßt in der Regel nur Betriebe von Unternehmen mit mehr als 19 Beschäftigten.

detailliert in **Tonnen** dar. Somit ist es möglich, für jede einzelne der 1 500 Gütergruppen die folgende Gleichung zu konstruieren:

Inländische Produktion + Einfuhr = Inländische Verfügbarkeit²⁾ + Ausfuhr = Gesamtaufkommen.

Mit diesen Vektoren sind die Grunddaten für die Güterströme in den PIOT festgelegt. Der wesentliche nächste Schritt besteht darin, die dem Inland zur Verfügung (inländische Verfügbarkeit) stehenden Güter auf die **verwendenden Bereiche** - Produktionsbereiche, Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte und Sachvermögensbereiche - aufzuteilen. Dies erfolgt zum Teil mit Hilfe von physischen Daten, zum Teil werden die Verwendungsstrukturen der monetären Input-Output-Rechnung herangezogen. Diese beschreiben, in welchen Produktionsbereichen und Kategorien der letzten Verwendung jede einzelne der 1 500 Gütergruppen eingesetzt werden. Da die Verwendungsstrukturen vielfach von monetären Daten abgeleitet sind, müssen Korrekturen vorgenommen werden, wenn bei einer Gütergruppe wesentliche Preisunterschiede zwischen verschiedenen Verwendern bzw. Käufern auftreten. Für die Beschreibung der Verwendung bestimmter Gütergruppen konnte auf physische Angaben zurückgegriffen werden. So liegen beispielsweise für alle Energieträger nicht nur monetäre Angaben vor, sondern auch Angaben in physischen Einheiten. Auch die Wasserverteilung bzw. der Kauf von Frischwasser wird separat ermittelt (hierauf wird in Abschnitt 3.3 eingegangen). Das Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist eine Lieferstruktur der Güterströme in Tonnen an die verschiedenen Produktionsbereiche, an die privaten Haushalte, an die Sachvermögensbereiche (inländische Verfügbarkeit), sowie an die übrige Welt (Ausfuhr).

Einige **Besonderheiten** bei der Berechnung der Güterströme der PIOT gegenüber den monetären Input-Output-Tabellen werden im folgenden kurz erläutert.

Im Produktionsbereich „Großhandel, Rückgewinnung“ werden die Aktivitäten zur **Rückgewinnung** von Rohstoffen (aus Abfällen zur Verwertung) zusammengefaßt, um einen Gesamtüberblick über die Verwertungsanstrengungen der Wirtschaft zu erhalten. Neben den Rückgewinnungsaktivitäten des Handels sind hier auch die des Produzierenden Gewerbes enthalten. Bei der Rückgewinnung entstehen **Sekundärrohstoffe**. Als Sekundärrohstoffe werden in den PIOT diejenigen Materialien bezeichnet, die nach der Aufbereitung verwertbarer Abfälle wieder in den Produktionsprozeß zurückfließen und dort andere Rohstoffe substituieren. Angaben zur Höhe der inländischen Produktion an Sekundärrohstoffen sind nur z.T. in der Produktionsstatistik enthalten. Als weitere Quellen zur Bestimmung des Produktionsumfangs und der Verwendung von Sekundärrohstoffen wurden im wesentlichen die Eisen- und Stahlstatistik und die Abfallstatistiken des Statistischen Bundesamtes sowie verschiedene Verbandsstatistiken herangezogen.

Der Produktionsbereich „**Externe Umweltschutzleistungen**“, den die monetären Input-Output-Tabellen nicht explizit zeigen, wird auf Grundlage von Informationen aus den Abfall- und Abwasserstatistiken sowie den Umweltschutzausgabenrechnungen des Statistischen Bundesamtes gebildet.

Zusätzlich werden einige weitere mit **Dienstleistungen** verbundene Materialströme in die PIOT aufgenommen. Ein wesentlicher Strom sind die in Gaststätten und Kantinen verzehrten Speisen. Schätzungen hierzu beruhen auf der Nationalen Verzehrstudie und physiologischen Zusammenhängen bzw. Kennzahlen.

Nach dem Aufbau der Basistabelle für die Güterströme in Tonnen werden die Materialströme zwischen der Umwelt und der Wirtschaft angekoppelt. Dabei handelt es sich um Rohstoffe, die dem nichtproduzierten Naturvermögen für Produktion und Konsum entnommen werden und um Rest- und Schadstoffe, die von der Volkswirtschaft an das nichtproduzierte Naturvermögen abgegeben werden. In diesem Arbeitsschritt, den der folgende Abschnitt beschreibt, werden auch die Untertabellen für Wasser und Energie der Physischen Input-Tabelle und der Output-Tabelle gebildet. Die Untertabelle der übrigen Materialien wird später als Restgröße ermittelt (Abschnitt 3.5).

3.3 Rohstoff- sowie Rest- und Schadstoffströme

3.3.1 Rohstoffe

Die **Entnahmen von Rohstoffen** aus der Natur umfassen nicht nur Bodenschätze, sondern auch den bei der Förderung anfallenden Abraum, Bodenaushub für Bauzwecke, Wasser, Sauerstoff - insbesondere für die Verbrennung - und andere Materialien, die bei der Produktion in die Waren eingehen und/oder als Rest- und Schadstoffe anfallen.

Spezielle Bergbaustatistiken und bestimmte Verbandsstatistiken erfassen die aus der Natur entnommenen **Bodenschätze** und häufig auch die bei der Förderung anfallenden Abraumengen. Der anfallende und nicht genutzte Abraum wird auf der Input- und Outputseite in gleicher Höhe gebucht. Die **Sauerstoffinputs** werden auf der Grundlage der verbrannten Energieträger und der dabei entstandenen Luftemissionen geschätzt. Hinzu kommen noch Sauerstoffinputs im Zusammenhang mit dem biologischen Stoffwechsel von Mensch und Tier.

²⁾ Einschließlich Vorratsveränderungen.

3.3.2 Wasser und Abwasser

Die **Entnahme** von **Wasser** als Teil der Rohstoffe aus dem nichtproduzierten Naturvermögen, die **Wasserverteilung** innerhalb der Volkswirtschaft und das **Abwasser** bilden als Materialfluß und auch von der Datengrundlage her, eine nicht zu trennende Einheit. Die Datengrundlage bilden die Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsstatistiken des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt 1991). Diese bieten vielfältige und wertvolle Informationen für den Aufbau von PIOT. Leider liegen diese Statistiken nicht für das Berichtsjahr 1990 vor, sondern für 1991. Die Umrechnungen auf das Jahr 1990 erfolgten mit Hilfe von Verbandsangaben, sonstigen Hilfsgrößen oder mittels Interpolation. Weitere Berechnungen mußten vorgenommen werden, um die Konzepte und die Gliederungstiefe der PIOT zu erreichen. Schwierig gestaltete sich die Aufteilung einer Sammelposition, die die privaten Haushalte, den Dienstleistungsbereich, die Land- und Forstwirtschaft sowie kleinere Unternehmen des Produzierenden Gewerbes (mit in der Regel weniger als 20 Beschäftigten) umfaßt. Zur Auflösung dieser Position wurden Untersuchungen insbesondere der Wasserentnahme und -verteilung durchgeführt. Hierauf gehen wir weiter unten ein. Zudem weisen diese Statistiken Ergebnisse nach Wirtschaftsbereichen aus, während in den PIOT Ergebnisse nach Produktionsbereichen abgebildet werden. Der Unterschied ist, daß Wirtschaftsbereiche aus Institutionen mit gleichem wirtschaftlichen Schwerpunkt gebildet werden, wohingegen Produktionsbereiche ausschließlich die Güter einer Gütergruppe produzieren. Um von Wirtschaftsbereichen auf Produktionsbereiche überzugehen, müssen die Wassermengen für und die Abwassermengen aus Nebenproduktionen zu den Produktionsbereichen umgesetzt werden, die entsprechende Güter schwerpunktmäßig produzieren. Da die Erhebungseinheit der Wasserversorgungs- und der Abwasserbeseitigungsstatistik Betriebe sind, genügt es, nur wenige mengenmäßig signifikante Wasser- und Abwassermengen umzusetzen.

Bei der Zusammenstellung der **Untertabelle Wasser** werden zunächst die **Entnahmen von Wasser** aus der Natur für die 58 Produktionsbereiche der Input-Output-Rechnung, die externen Umweltschutzleistungen und die privaten Haushalte bestimmt. Für größere Unternehmen des Produzierenden Gewerbes (mit in der Regel mehr als 19 Beschäftigten) und die Wasserversorgungsunternehmen können diese Informationen aus den Wasserstatistiken (Statistisches Bundesamt 1991) und Verbandsangaben ermittelt werden. Zuschätzungen sind im wesentlichen für den Bereich Landwirtschaft und die privaten Haushalte aber auch für die nichterfaßten kleineren Unternehmen und den Dienstleistungsbereich notwendig. Der Wasserinput der Landwirtschaft wird anhand der produzierten Pflanzen und Tiere mittels physiologischer Kennzahlen ermittelt³⁾. Die Schätzung der Wasserentnahme durch private Haushalte fußt auf dem Anschlußgrad der Bevölkerung an die Wasserversorgung. Durch diese Berechnungen erhält man die gesamte Wasserentnahme aus der Natur und damit eine wichtige Eckzahl der Wassertabelle.

Im nächsten Schritt ist die **Wasserverteilung** durch Wasserversorgungsunternehmen zu ermitteln. Für größere Unternehmen des Produzierenden Gewerbes liegen wiederum Informationen aus der Wasserstatistik vor. Die oben genannte Sammelposition für die Wasserabgabe an private Haushalte u.a. ist aufzuteilen, um die Gliederung der PIOT zu erfüllen. Die Berechnungen für die kleineren Unternehmen des Produzierenden Gewerbes, die Land- und Forstwirtschaft und die Dienstleistungsbereiche, basieren zum Teil auf Produktions- oder Beschäftigtenzahlen, zum Teil werden zusätzliche Informationen einbezogen. Die Wasserverteilung an private Haushalte wird als Restgröße ermittelt. Zusammen mit den Entnahmen von Wasser aus der Natur ergibt sich der gesamte Frischwasserinput der Bereiche.

Das **Abwasseraufkommen** (der Output an Abwasser) muß ebenfalls für die 58 Produktionsbereiche, die externen Umweltschutzleistungen und die privaten Haushalte ermittelt werden. Für die größeren Unternehmen des Produzierenden Gewerbes liefern die Abwasserstatistiken (Statistisches Bundesamt 1991) die Datenbasis. Die darüber hinausgehenden Aufteilungen des Abwasseraufkommens werden auf der Grundlage des Frischwasserinputs der verschiedenen Bereiche geschätzt. Die Abwasserstatistiken zeigen auch die intern und extern geklärten Abwassermengen. Diese Daten beschreiben für größere Unternehmen, welcher Bereich wieviel Abwasser zur externen Entsorgung an den Produktionsbereich „Externe Umweltschutzleistungen“ abgibt und wieviel Abwasser in betriebseigenen Kläranlagen behandelt wird. Es wird unterstellt, daß die privaten Haushalte, der Dienstleistungsbereich und die kleineren Unternehmen ihr Abwasser vollständig zur externen Entsorgung leiten. Zumindest für die privaten Haushalte trifft dies nicht ganz zu, da in ländlichen Gebieten zum Teil Hauskläranlagen genutzt werden. Allerdings dürfte es sich hierbei um geringe Abwassermengen handeln.

3.3.3 Energieeinsatz und Luftemissionen

Das Statistische Bundesamt berechnet bereits seit mehreren Jahren das Aufkommen und die Verwendung von Energie in physischen Einheiten (Tonnen u.ä., Joule) und darauf aufbauend die **Luftemissionen** (Statistisches Bundesamt 1996). Diese Ergebnisse werden weitgehend unverändert in die PIOT übernommen. Bei der Zusammenstellung der **Untertabelle Energie** wird entsprechend dem Verwendungszweck zwischen Energieträgern, die im Produktionsprozeß verbrannt werden, und

³⁾ Dabei erhält man nur den Teil der Bewässerung, des Regens usw., der tatsächlich in die landwirtschaftlichen Produkte eingegangen ist. Davon abzuziehen sind die von der öffentlichen Wasserversorgung erhaltenen Wassermengen, um zur Wasserentnahme der Land- und Forstwirtschaft aus der Natur zu gelangen.

solchen, die nicht verbrannt werden, unterschieden. Die anthropogen bedingten Luftemissionen resultieren zum überwiegenden Teil aus der Verbrennung von Energieträgern. Entsprechend erfolgt die Berechnung der Luftemissionen durch Multiplikation der zur Verbrennung eingesetzten Mengen mit spezifischen Emissionskoeffizienten.⁴⁾ In den Untertabellen Energie der PIOT müssen neben den Energieträgern und den aus der Verwendung von Energieträgern resultierenden Luftemissionen zusätzliche Materialströme berücksichtigt werden, um die spaltenweise Identität von Inputs und Outputs zu erreichen. Hierzu zählen der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff und bestimmte chemische Produkte, die bei der Umwandlung von Energieträgern notwendig sind. Auf der Outputseite müssen neben den Energieträgern aus der Umwandlung und den Luftemissionen (einschließlich Wasserdampf) auch bestimmte chemische Produkte, die aus Energieträgern gewonnen werden, und Verbrennungsrückstände nachgewiesen werden.

3.3.4 Abfall

Grundlage für die Darstellung des **Abfallaufkommens** (Output an Abfall) und der **Abfallbeseitigung** in den PIOT sind die Statistiken über die Abfallbeseitigung und die daraus abgeleitete Abfallbilanz (Statistisches Bundesamt 1990), die das Abfallaufkommen und die Entsorgung insgesamt gegenüberstellt. In einem ersten Schritt muß das Abfallaufkommen gemäß Abfallbilanz auf die 58 Produktionsbereiche, die privaten Haushalte und die Sachvermögensbereiche aufgeteilt werden. Für das Produzierende Gewerbe werden die Abfälle der **größeren Unternehmen** in der Abfallstatistik erfaßt. Analog den Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungsstatistiken zeigt auch die Abfallbilanz nur eine Sammelposition für die Abfälle der privaten Haushalte, des Dienstleistungsbereiches, der kleineren Unternehmen des Produzierenden Gewerbes sowie der Land- und Forstwirtschaft (soweit diese Abfälle von der Müllabfuhr abgeholt werden). Die Abfälle der **kleineren Unternehmen** des Produzierenden Gewerbe werden durch Zuschläge entsprechend der Zuschätzungen für kleinere Unternehmen bei den Materialinputs bzw. Güterinputs (siehe Abschnitt 3.2) eingerechnet. Das Aufkommen an Haus- und Sperrmüll der privaten Haushalte wird mit Hilfe der Ergebnisse der bundesweiten Hausmüllanalyse 1980 und 1985 und den Eckwerten der Abfallbilanz geschätzt. Die verbleibende Menge der Sammelposition wird anhand von ausgewählten Güterinputs auf die Dienstleistungsbereiche aufgeteilt.

Die gemäß Abfallstatistik anfallenden Abfallmengen enthalten auch Abfälle aus langlebigen Gütern, wie Bauschutt, Schrott u.ä. Diese Abfälle werden anhand der Abfallarten als Output der **Sachvermögensbereiche** Bauten und Ausrüstungen dargestellt. Analog werden die Abfälle der **privaten Haushalte** in Abfälle aus Verbrauchsgütern und solche aus Gebrauchsgütern aufgeteilt. Eine wesentliche Abfallart der **Landwirtschaft**, nämlich die Gülle- und Jauchemengen, werden von der Abfallstatistik nicht erfaßt. Diese Mengen wurden auf Basis von Tierbeständen und Durchschnittsfaktoren berechnet. Gülle und Jauche werden als Abgaben von anderen Materialien an die Natur in den PIOT nachgewiesen. Um den Übergang vom Abfallaufkommen zur Entsorgung zu erleichtern, unterscheidet die PIOT

- Abfälle zur Verwertung,
- Abfälle zur Behandlung und
- Abfälle zur Deponierung.

Die Abfälle zur Verwertung stellen Inputs des Produktionsbereiches „Rückgewinnung“ dar. Die Abfälle zur Behandlung werden entweder intern, d.h. im Betrieb, in dem der Abfall entsteht, oder extern im Produktionsbereich „Externe Umweltschutzleistungen“ behandelt (z.B. verbrannt). Abfälle zur Deponierung fließen in den PIOT in vollem Umfang an den Sachvermögensbereich „Geordnete Deponien“.

Auch hier bildet die Abfallstatistik in Verbindung mit der Abfallbilanz die zentrale Datengrundlage. Allerdings bestehen große Unterschiede zwischen Aufkommen und Entsorgung von Abfällen, die mit plausiblen Annahmen zu schließen sind. So wird nur etwa die Hälfte des Bodenaushubes, der als Abfallaufkommen in der Abfallstatistik erfaßt wird, auch entsorgungsseitig nachgewiesen. Es wird unterstellt, daß der nicht erfaßte Teil wieder an die Natur abgegeben wird.

3.4 Biologischer Stoffwechsel

Zum biologischen Stoffwechsel (Tiere und Pflanzen, Menschen) liegen nur grobe Schätzungen der Materialinputs und -outputs vor. Für diese Schätzungen werden physiologische Informationen mit Daten über den Verbrauch der Güter zur Ernährung kombiniert. Hieraus resultieren auch die Angaben über den Verzehr von Speisen in Gaststätten und Kantinen oder die Wasserentnahme der Landwirtschaft. Diese Berechnungen wurden im Kontext zweier Forschungsprojekte von Stephan Moll (Wittlich) und Helmut Schütz (Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie) ausgeführt. Die Ergebnisse können nicht als

⁴⁾ Luftemissionen, die nicht aus der Verwendung von Energieträgern resultieren, werden auf Basis von physischen Mengen geschätzt.

„amtliche“ Ergebnisse interpretiert werden. Sie sind eher als beispielhafte Beschreibung anzusehen, die jedoch notwendig ist, um eine Identität von Materialinputs und -outputs herzustellen.

3.5 Abstimmung von Inputs und Outputs

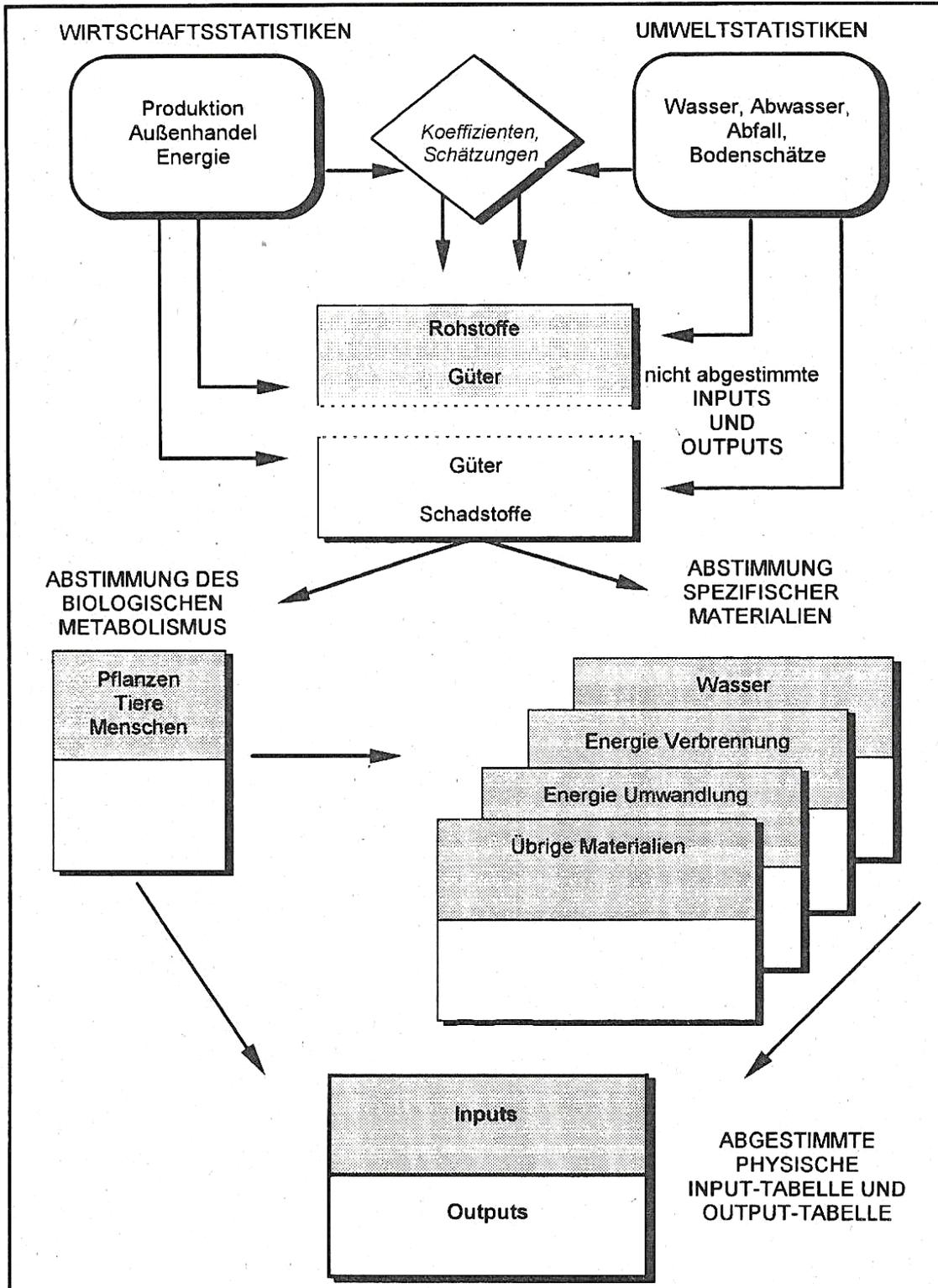
Materialinputs und -outputs der Produktionsbereiche und der Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte müssen identisch sein. Die Zu- oder Abnahme des Materialbestandes in der inländischen Wirtschaft spiegelt sich im Saldo der Sachvermögensspalten und im Saldo der Einfuhren und Ausfuhren wider. Ist beispielsweise der Saldo des produzierten Sachvermögens insgesamt positiv, so hat sich der Bestand an Materialien in der inländischen Wirtschaft erhöht, und zwar zu Lasten der Bestände des inländischen nichtproduzierten Naturvermögens und/oder der übrigen Welt. Das heißt, dort muß ein korrespondierender negativer Betrag erscheinen. Die Abstimmung von Inputs und Outputs erfolgt auf der Ebene der Untertabellen für Wasser, Energie und übrige Materialien.

Zunächst werden die Inputs und Outputs der Untertabellen für **Wasser und Energie** abgeglichen. Dabei treten die Schwächen und Lücken der Basisdaten wegen der zwingenden Identität von Inputs und Outputs deutlich zutage. Änderungen bei der Zuordnung von Materialinputs und -outputs zu Untertabellen ebenso wie zu Bereichen sowie zusätzliche Schätzungen sind notwendig, um die Lücken zu schließen. In der Regel erfolgt letztlich der Ausgleich durch die Schätzung von angemessenen Materialoutputs. Ein Verfahren, das übrigens im Gegensatz zur Methode in der monetären Input-Output-Rechnung steht. Dort liegen normalerweise die Outputs vor und die Hauptaufgabe besteht darin, korrespondierende Inputs zu ermitteln. Inputs und Outputs dieser beiden Untertabellen werden von den nichtbilanzierten Gesamtpositionen (Rohstoffe, Güter sowie Rest- und Schadstoffe) subtrahiert. Die verbleibenden physischen Materialströme reflektieren überwiegend sowohl Inputs von festen Rohstoffen und Gütern als auch Outputs von festen Gütern und Abfällen. Diese dritte Untertabelle wird als **Tabelle der übrigen Materialien** bezeichnet. Zu den übrigen Materialien zählen auch Investitionsgüter, die das produzierte Anlagevermögen (Bauten, Ausrüstungen, langlebige Gebrauchsgüter) erhöhen. Auch hier erfolgt zunächst eine unabhängige Abstimmung. Letztlich muß jedoch ein simultaner Abstimmungsprozeß zwischen den drei Untertabellen erfolgen, um eine plausible Gesamttabelle zu erreichen.

Die Abstimmung der Inputs und Outputs des **biologischen Stoffwechsels** reflektiert eine Kombination der Untertabellen für Wasser, Energie und übrige Materialien. Somit wurden diese Stoffwechselprozesse in einem besonderen Erstellungsschritt analysiert und abgestimmt. Dies erfolgte im Rahmen der oben genannten Forschungsaufträge. Die Ergebnisse sind in die PIOT integriert.

Schema 2 gibt einen Überblick über die zur Realisierung der physischen Input-Tabelle und Output-Tabelle notwendigen Schritte. Diese Übersicht ist sehr vereinfacht, sie zeigt jedoch die Hauptgesichtspunkte der Berechnung.

Schema 2: Erstellung der Physischen Input-Tabelle und der Output-Tabelle



3.6 Materialverflechtungstabelle

Die Materialverflechtungstabelle wird aus der Input-Tabelle und der Output-Tabelle abgeleitet. Ausgangspunkt der Berechnung sind die in der Output-Tabelle dargestellten Materialoutputs der einzelnen Produktionsbereiche, der Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte, der verschiedenen Sachvermögensbereiche und der übrigen Welt. Dabei muß der gesamte Output, d.h. die Summe aus Rohstoffen, Gütern sowie Rest- und Schadstoffen, eines jeden Bereiches auf die jeweils empfangenden Bereiche aufgeteilt werden. Die hierfür notwendigen Informationen können weitgehend der Input-Tabelle entnommen werden. Der Output eines Bereiches an Rohstoffen und Gütern wird von den inländischen Bereichen verwendet oder exportiert. Die Rest- und Schadstoffe fließen entweder direkt an die Natur, an Abfalldeponien oder an Produktionsbereiche, die die Rest- und Schadstoffe entsorgen oder wieder nutzbar machen (externe Umweltschutzleistungen, Rückgewinnung). Bei dieser Darstellung der Materialverflechtungen zwischen den Bereichen muß wiederum die Identität von Inputs und Outputs in den einzelnen Produktionsbereichen und bei den privaten Haushalten gewährleistet sein. Die Akkumulationen in den Sachvermögensbereichen und der physische Außenbeitrag müssen sich in der Summe wieder ausgleichen.

3.7 Zusatztabellen

Die Zusatztabellen für **Energie** in **Heizwerten** wurden, wie die Untertabellen für Energie in Tonnen, aus bereits vorhandenen Ergebnissen zusammengestellt (Statistisches Bundesamt 1996). Entsprechend der Darstellung in Tonnen mußte der zusätzliche Produktionsbereich für externe Umweltschutzleistungen aus anderen Produktionsbereichen herausgelöst werden. Die Berechnungen erfolgten weitgehend in Übereinstimmung mit den Arbeiten an den Untertabellen für Energie in Tonnen. Gegenüber der Darstellung in Tonnen konnten wichtige Energieflüsse, wie Elektrizität und Energie aus Wasserkraft, ergänzt werden. Zudem mußten hier neue Output-Kategorien, nämlich Nutzenergie (Licht, Heizung u.ä.) und Energieverluste eingeführt werden, um die auch für Energie geltende Identität von Inputs und Outputs zu ermöglichen (2. Hauptsatz der Thermodynamik). Die wesentliche Quelle für die Berechnung der Nutzenergie und der Energieverluste ist das Energieflußbild, das von den Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerken jährlich veröffentlicht wird. Der überwiegende Teil der Energieverluste wurde als Restgröße ermittelt.

Die Zusatztable für **Luftemissionen** basiert auf den detaillierten Ergebnissen über die Luftemissionen, wie sie in den UGR berechnet werden (Abschnitt 3.3.3). Zunächst werden die Luftemissionen der Produktionsbereiche detailliert nach Arten, passend zu den zusammengefaßten Luftemissionen der Untertabelle Energie der Physischen Output-Tabelle, in der Zusatztable dargestellt. Dann werden bestimmte Luftemissionsarten mit Äquivalenzziffern gewichtet (Abschnitt 2.3.4). Diese Ziffern stammen aus einem Forschungsbericht des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (United Nations Environment Programme 1992, 1994). Es ist darauf hinzuweisen, daß es zum Teil sehr unterschiedliche Äquivalenzziffern für ein und denselben Sachverhalt gibt. Im genannten Forschungsbericht wurde eine wissenschaftlich weitgehend anerkannte Auswahl getroffen.

In die Berechnung konnten nicht alle, aber wohl wichtige Einflußgrößen für zwei Umweltprobleme einbezogen werden. Das Belastungspotential für den **Treibhauseffekt** ergibt sich aus der Multiplikation der Äquivalenzziffern für Kohlendioxid (1), Stickstoffdioxid (320) und Methan (24,5) mit den entsprechenden Luftemissionsarten in 1 000 t. Andere Luftemissionen, die ebenfalls den Treibhauseffekt beeinflussen, sind hier nicht berücksichtigt. Bei der Berechnung des Belastungspotentials für die **Versauerung** (der Luft und in der Folge von Regen und Boden) werden nur zwei Luftemissionsarten berücksichtigt: Dabei handelt es sich um Schwefeldioxid, das mit 1 gewichtet wird, und um Stickstoffoxide (NO_x), die mit 0,7 gewichtet werden. Erweiterungen hinsichtlich weiterer Umweltprobleme sind denkbar und wünschenswert.

3.8 Vorbedingungen zur Realisierung

Die Realisierung von PIOT ist eine zeit- und arbeitsintensive Aufgabe. Die Arbeit kann nur bewältigt werden, wenn volkswirtschaftliche Gesamtrechner (insbesondere „Input-Output-Experten“) und Experten für Umweltstatistiken und -rechnungen kooperieren. Die Kosten dürften vergleichbar mit denjenigen zum Erstellen einer Input-Output-Tabelle in monetären Einheiten sein.

Welche Art von Datenbasis ist zur erfolgreichen Arbeit in diesem Bereich notwendig? Vier Datensätze erscheinen besonders wichtig:

1. (Inländische) Produktions- und Außenhandelsstatistiken, die nach Güterarten in Gewichtseinheiten disaggregiert sind,
2. Informationen über die Verwendung von Gütern (z.B. von Energieträgern) in einer tiefen Gliederung nach Güterarten und Verwendungsbereichen. Diese Informationen sind verfügbar, wenn die Commodity Flow-Methode bei der Erstellung der Input-Output-Tabellen angewandt wird. Allerdings basiert diese Methode auf Verwendungsstrukturen in monetären Einheiten, d.h. die Preisdifferenzierungen sind, soweit vorhanden, auszuschalten.
3. Umweltstatistiken über Wasserverbrauch, Abwasseraufkommen, -beseitigung sowie Abfallaufkommen und -entsorgung nach Produktionsbereichen oder wenigstens nach wichtigen Wirtschaftsbereichen und
4. Informationen über den jährlichen Abbau natürlicher Ressourcen.

Andere notwendige Daten können in Relation zu vorhandenen Daten geschätzt werden (z.B. Luftemissionen in Bezug auf den Energieverbrauch). Auch mangelnde Disaggregation der Basisstatistiken läßt sich bis zu einem gewissen Grad durch die zwingende Identität von Inputs und Outputs je Produktionsbereich und für die privaten Haushalte ausgleichen. Die Berechnung von PIOT und der Aufbau einer Emittentenstruktur ergänzen sich in idealer Weise. So lassen sich bestimmte Aufteilungen nach Produktionsbereichen ohne Materialinputs, wie sie in den PIOT berechnet werden, kaum schätzen. Zudem bieten die PIOT durch die Identität von Inputs und Outputs die Möglichkeit, Schwächen und Lücken einer Emittentenstruktur aufzudecken und schätzungsweise zu schließen. Andererseits sind die Ergebnisse einer Emittentenstruktur ein zentraler Bestandteil der PIOT.

4 Ergebnisüberblick

Die detaillierten PIOT befinden sich im Tabellenteil des Berichtes. In diesem Kapitel werden nur aggregierte PIOT in Tonnen beschrieben; auf die Zusatztabelle (Tabellen 4 und 5 im Tabellenteil) gehen wir hier nicht ein. Der Zweck ist, einen Überblick über die verschiedenen Tabellen zu geben und die wichtigsten Materialströme darzustellen.

Tabelle 6 umfaßt die stark aggregierte physische Input- (Verwendungs-) Tabelle und die Output- (Aufkommens-) Tabelle 1990 insgesamt für das frühere Bundesgebiet. Der obere Teil der Tabelle stellt die **Inputs** (oder die Verwendung) von Materialien dar. Die **Rohstoffe** werden von den

Tabelle 6: Physische Input- (Verwendungs-) und Output- (Aufkommens-) Tabelle 1990

- Insgesamt -

Früheres Bundesgebiet

Mill. t

Materialien	Produktionsbereiche		Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte	Sachvermögensänderungen			Übrige Welt	Insgesamt
	externe Umweltschutzleistungen, Rückgewinnung	Sonstige Produktionsbereiche		Produziertes Vermögen		Nichtproduziertes Naturvermögen		
				Sonstiges Vermögen	Produziertes Naturvermögen			
Inputs (Verwendung)								
Rohstoffe	3 522.9	45 707.1	280.4	0.0	0.0	0.0	0.0	49 510.4
Bodenschätze	0.0	1 961.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 961.1
Wasser aus der Natur	3 501.1	42 867.5	59.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46 427.6
Luftkomponenten u.a.	21.8	878.5	221.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1 121.7
Güter	26.3	5 683.7	3 075.0	597.1	250.4	6.8	205.9	9 845.3
Rest- und Schadstoffe	4 531.1	3.4	0.0	117.3	0.0	49 045.8	2.1	53 699.8
Abfälle, andere Materialien	134.9	3.4	0.0	117.3	0.0	1 595.6	2.1	1 853.4
Abwasser, Wasserdampf	4 396.2	0.0	0.0	0.0	0.0	46 412.5	0.0	50 808.7
Luftemissionen	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 037.7	0.0	1 037.7
Inputs insgesamt	8 080.3	51 394.2	3 355.4	714.4	250.4	49 052.6	208.1	113 055.4
Outputs (Aufkommen)								
Rohstoffe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49 510.4	0.0	49 510.4
Bodenschätze	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 961.1	0.0	1 961.1
Wasser aus der Natur	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46 427.6	0.0	46 427.6
Luftkomponenten u.a.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 121.7	0.0	1 121.7
Güter	91.4	9 139.2	0.0	0.4	221.7	0.0	392.6	9 845.3
Rest- und Schadstoffe	7 988.9	42 255.0	3 355.4	44.9	55.6	0.0	0.0	53 699.8
Abfälle, andere Materialien	37.9	1 675.8	39.2	44.9	55.6	0.0	0.0	1 853.4
Abwasser, Wasserdampf	7 926.3	39 773.9	3 108.5	0.0	0.0	0.0	0.0	50 808.7
Luftemissionen	24.7	805.3	207.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1 037.7
Outputs insgesamt	8 080.3	51 394.2	3 355.4	45.3	277.3	49 510.4	392.6	113 055.4
Salden (Bestandsänderungen)								
Inputs minus Outputs	0.0	0.0	0.0	669.1	- 26.9	- 457.7	- 184.5	0.0

Produktionsbereichen und den privaten Haushalten verwendet. Zugänge von Rohstoffen zum Sachvermögen oder zur übrigen Welt (Ausfuhren) werden definitionsgemäß nicht nachgewiesen. Dies mag insbesondere bei den Bodenschätzen verwundern. Die Ausfuhr beispielsweise von Kohle wird in den PIOT jedoch nicht als Rohstoffausfuhr, sondern als Ausfuhr von Bergbauerzeugnissen und damit bei den Gütern dargestellt. **Güter** werden als Vorleistungen zur Produktion anderer Güter eingesetzt, von privaten Haushalten konsumiert, erhöhen das Sachvermögen oder werden exportiert. Die **Rest- und Schadstoffe** werden entweder in den Produktionsbereichen externe Umweltschutzleistungen oder Rückgewinnung entsorgt oder recycelt, in geordneten Deponien (sonstiges Vermögen) gelagert oder an die Natur abgegeben. Letzteres bedeutet, daß sie als Input des nichtproduzierten Naturvermögens gebucht werden.

Aus welchen Bereichen diese Materialmengen stammen, stellt der untere Teil der **Tabelle 6** dar. Dort werden die **Outputs** (oder das Aufkommen) an Materialien gezeigt. In den Produktionsbereichen entstehen Güter sowie Rest- und Schadstoffe, während bei den privaten Haushalten als Outputs nur Rest- und Schadstoffe anfallen. Im Rahmen der Haushaltsproduktion erstellte Güter für den eigenen Bedarf bleiben unberücksichtigt. Der Output des produzierten Sachvermögens besteht zum einen aus dem Verkauf gebrauchter Güter bzw. beim produzierten Naturvermögen aus den land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen, die zum Verkauf gelangen. Zum anderen fallen Abfälle in Form von Bauschutt, Schrott oder Ernterückständen an. Die Rohstoffentnahmen erscheinen als Output des nichtproduzierten Naturvermögens. Der Output der übrigen Welt in der vorletzten Spalte der Tabelle 6 stellt die Einfuhr in die inländische Wirtschaft dar.

Bei den Produktionsbereichen und den Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte stimmen Inputs und Outputs überein. Bei den Sachvermögensänderungen und der übrigen Welt kommt es zu Materialakkumulationen bzw. es entsteht ein positiver oder negativer Außenbeitrag. Der Saldo von Input und Output steht für die Bestandsänderungen des Sachvermögens und den Außenbeitrag in Tonnen. Aufgrund des Materialerhaltungsgesetzes ergibt die Summe aus Bestandsänderungen im Inland und physischem Außenbeitrag Null. Auch für die verschiedenen Materialarten gilt, daß nur genau so viel Rohstoffe, Güter oder Rest- und Schadstoffe verwendet werden können, wie als Outputs angefallen sind. Die Zeilensummen der Inputs müssen folglich mit den Zeilensummen der Outputs übereinstimmen.

Die Gesamtsumme aller Materialien wird von den Wassermengen dominiert. Dies gilt nicht nur für die Rohstoffe und die Rest- und Schadstoffe, sondern auch für die Güter. Zu diesen zählen nämlich auch die von Wasserversorgungsunternehmen verkauften Trinkwassermengen. So enthält die gesamte Gütermenge in Tonnen zu etwa zwei Drittel Trinkwasser.

Die Physische Input- und Output-Tabelle 1990 - insgesamt (Tabelle 6) wird in vier Untertabellen zerlegt. Die folgenden Tabellen 7 bis 9 zeigen für die Produktionsbereiche und die Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte die Materialflüsse in Tonnen für Energie, Wasser und die übrigen Materialien. Tabelle 10 enthält die Inputs, die Outputs und die Bestandsänderungen der Sachvermögensbereiche und der übrigen Welt für alle Materialarten. Diese Abtrennung der Sachvermögensbereiche und der übrigen Welt von den Untertabellen für Energie, Wasser und übrige Materialien steht im Gegensatz zu den detaillierten Tabellen im Tabellenteil. Dies war jedoch aus technischen und darstellerischen Gründen notwendig.

Tabelle 7 zeigt Inputs und Outputs von in Tonnen meßbaren Energieflüssen für die Produktionsbereiche und die privaten Haushalte. Nicht in die Darstellung einbezogen sind Energiearten, wie Wasserkraft oder Elektrizität, da diese nicht unmittelbar in Tonnen meßbar sind. Um diese Schwäche auszugleichen, enthält der Tabellenteil Zusatztabellen für Energie in Heizwerten (Joule). Die vorliegende Tabelle 7 unterscheidet Inputs und Outputs von Energieträgern einerseits zur Verbrennung - einschließlich Verbrennungsprozesse, die der Umwandlung von Energieträgern dienen (z.B. bei der Stromerzeugung) - und andererseits zur Umwandlung (ohne Verbrennungsprozesse und einschließlich Gewinnung und nichtenergetischen Verbrauch). Da alle Verbrennungsprozesse zusammengefaßt sind, bleibt für die Umwandlung von Energieträgern im wesentlichen die Gewinnung und Herstellung von Erzeugnissen des Kohlenbergbaus (Produktionsbereich 6). Dabei werden als Inputs überwiegend Rohstoffe aus der Natur (Abraum und nicht aufbereitete Energieträger) verwendet. Als Outputs des Produktionsbereiches 6 fallen im wesentlichen Güter, genauer verkaufsfähige Energieträger, und Abraum an. Der Abraum wird in gleicher Höhe als Input und Output

Tabelle 7: Physische Input- (Verwendungs-) und Output- (Aufkommens-) Tabelle 1990

- Energie -

- Produktionsbereiche, private Haushalte -

Früheres Bundesgebiet

Mill. t

Nr. der Gütergruppe (SIO)	Materialien	Zusammengefaßte Produktionsbereiche							Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte
		Erzg. u. Vertlg. von Elektrizität, Dampf, Warmwasser	Erzg. u. Vertlg. von Gas	Gew. von Kohle, H. v. Erzeugnissen des Kohlenbergbaus	Gew. v. Erdöl, Erdgas	H. v. chem. Erzeugnissen, Spalt- und Bruttstoffen	H. v. Mineralöl-erzeugnissen	Sonstige Produktionsbereiche	
		3	4	6	8	9	10	1, 2, 5, 7, 11-59	
Umwandlung (ohne Verbrennungsprozesse)									
Inputs (Verwendung)									
	Rohstoffe	0.0	0.0	1 136.9	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	Abraum	0.0	0.0	958.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	Energieträger	0.0	0.0	177.8	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	Andere Gase	0.0	0.0	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	Güter	0.0	50.0	37.7	0.0	16.8	92.9	10.2	0.2
4,9,56	Gase und chemische Produkte	0.0	0.9	0.1	0.0	1.3	1.1	0.1	0.0
6	Kohle, Kokerei- und Grubengas	0.0	0.7	36.6	0.0	2.4	0.0	6.2	0.0
8	Erdöl, Erdgas	0.0	48.4	0.0	0.0	0.0	75.5	0.0	0.0
10	Mineralölprodukte	0.0	0.0	1.0	0.0	13.0	16.3	3.9	0.2
	Inputs insgesamt	0.0	50.0	1 174.6	15.8	16.8	92.9	10.2	0.2
Outputs (Aufkommen)									
	Güter	0.0	49.7	206.2	15.6	16.5	92.7	6.7	0.0
	Energieträger	0.0	49.7	206.2	15.6	0.0	92.7	6.4	0.0
	Andere Produkte	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	0.0	0.3	0.0
	Rest- und Schadstoffe	0.0	0.3	968.4	0.2	0.3	0.2	3.5	0.2
	Abraum	0.0	0.0	958.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	Andere Materialien	0.0	0.1	9.1	0.0	0.3	0.0	3.5	0.2
	Luftmissionen	0.0	0.2	1.3	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
	Outputs insgesamt	0.0	50.0	1 174.6	15.8	16.8	92.9	10.2	0.2
Verbrennung									
Inputs (Verwendung)									
	Rohstoffe	249.2	0.6	5.7	1.6	26.8	16.4	266.3	205.0
	Sauerstoff	249.2	0.6	5.7	1.6	26.8	16.4	266.3	205.0
	Güter	157.7	0.2	1.9	0.5	9.0	4.6	83.7	61.3
4	Verteilte Gase	9.1	0.2	0.0	0.0	3.9	0.7	19.0	13.7
6	Kohle, Kokerei- und Grubengas	142.8	0.0	1.1	0.0	3.3	0.0	16.7	2.5
10	Mineralölprodukte	3.2	0.0	0.0	0.0	1.4	3.9	43.9	42.8
2,8,16	Sonstige Energieträger	2.5	0.0	0.8	0.5	0.4	0.0	4.1	2.4
	Rest- und Schadstoffe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	11.7	0.0
	Abfälle zur Verbrennung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	11.7	0.0
	Inputs insgesamt	406.9	0.8	7.6	2.1	36.4	21.0	361.7	266.3
Outputs (Aufkommen)									
	Rest- und Schadstoffe	406.9	0.8	7.6	2.1	36.4	21.0	361.7	266.3
	Aschen, Schlacken, Stäube u. a.	11.8	0.0	0.2	0.1	0.7	0.0	5.8	0.3
	Wasserdampf	128.3	0.3	1.4	0.9	13.2	7.6	102.1	84.7
	Luftmissionen	266.8	0.5	6.0	1.1	22.6	13.4	253.8	181.3
	Outputs insgesamt	406.9	0.8	7.6	2.1	36.4	21.0	361.7	266.3

nachgewiesen. Bei der Darstellung der Verbrennung von Energieträgern steht der Zusammenhang zwischen Energieinputs und Luftmissionen im Zentrum des Interesses. Die Schwerpunkte des Einsatzes von Energieträgern und des zur Verbrennung notwendigen Sauerstoffes liegen bei der Elektrizitätserzeugung und den privaten Haushalten. Der hohe Materialdurchsatz bei

den sonstigen Produktionsbereichen erklärt sich durch die Anzahl der Produktionsbereiche und die hier enthaltenen Verkehrsbereiche.

Tabelle 8 beschreibt die Wasser- und Abwassermengen. Der weit überwiegende Teil der Wasserentnahme wird für die Kühlung bei der Elektrizitätserzeugung (Produktionsbereich 3) verwendet, was sich auch beim Abwasser auf der Outputseite niederschlägt. Weitere Bereiche, die in großem Umfang Wasser aus der Natur entnehmen sind die Wasserverteilung (Produktionsbereich 5), die chemische Industrie (Produktionsbereich 9) und die externen Umweltschutzleistungen (Produktionsbereich 56). Im Bereich externe Umweltschutzleistungen handelt es sich beim Wasser aus der Natur um Regenwasser, das zum Teil stark verschmutzt über die Kanalisation bei den Kläranlagen ankommt und dort gereinigt wird. An Rest- und Schadstoffen nimmt dieser Bereich das gesamte von den Produktionsbereichen und privaten Haushalten zur externen Entsorgung abgeleitete Abwasser auf. Die Summe aus geklärtem Abwasser und Regenwasser bestimmt dann die Höhe des Abwasseraufkommens der externen Umweltschutzleistungen.

Tabelle 8: Physische Input- (Verwendungs-) und Output- (Aufkommens-) Tabelle 1990

- Wasser -

- Produktionsbereiche, private Haushalte -

Früheres Bundesgebiet

Mill. t

Nr. der Gütergruppe (SIO)	Materialien	Zusammengefaßte Produktionsbereiche							Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte
		Land- und Forstwirtschaft, Fischerei usw.	Erzg. u. Vertlg. von Elektrizität, Dampf, Warmwasser	Gew. u. Vertlg. von Wasser	H. v. chem. Erzeugnissen, Spalt- und Brutstoffen	Externe Umweltschutzleistungen	Leistg. der Gebietskörperschaften	Sonstige Produktionsbereiche	
		1, 2	3	5	9	56	57	4, 6-8, 10-55, 58, 59	
		Inputs (Verwendung)							
	Rohstoffe								
	Wasser aus der Natur	262.2	30 308.6	5 513.7	3 146.8	3 500.0	82.4	3 554.8	59.0
	Güter								
5	Wasser	61.9	143.7	1 659.6	372.9	16.6	333.0	1 140.5	2 926.0
	Rest- und Schadstoffe								
	Abwasser	0.0	0.0	0.0	0.0	4 396.2	0.0	0.0	0.0
	Inputs insgesamt	324.1	30 452.3	7 173.3	3 519.7	7 912.8	415.4	4 695.3	2 985.0
		Outputs (Aufkommen)							
	Güter								
5	Wasser	0.0	0.0	6 661.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Wassereinschluß in Güter	121.4	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	67.0	0.0
	Rest- und Schadstoffe								
	Abfälle	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Abwasser	27.2	30 085.1	429.9	3 462.3	7 895.0	318.8	4 386.8	2 619.9
	Wasserdampf	175.4	366.7	81.2	27.5	17.8	96.6	241.5	365.1
	Outputs insgesamt	324.1	30 452.3	7 173.3	3 519.7	7 912.8	415.4	4 695.3	2 985.0

Die **übrigen Materialströme** beschreibt die **Tabelle 9**. Dabei handelt es sich um sehr verschiedene, überwiegend feste Materialien, wie Pflanzen, Tiere, Mineralien, Sand und Kies, chemische Produkte, Fahrzeuge, Ausrüstungsgüter, Sekundärrohstoffe oder Abfälle. Der mengenmäßige Schwerpunkt der Materialströme liegt bei den Baumaterialien und den damit verbundenen Produktionsbereichen 13, 41 und 42.

Tabelle 9: Physische Input- (Verwendungs-) und Output- (Aufkommens-) Tabelle 1990

- Übrige Materialien -

- Produktionsbereiche, private Haushalte -

Früheres Bundesgebiet

Mill. t

Nr. der Gütergruppe (SIO)	Materialien	Zusammengefaßte Produktionsbereiche							Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte
		Land- und Forstwirtschaft, Fischerei usw.	Gew. v. Steinen u. Erden, H. v. Baustoffen usw.	Bau	Sonstige Bereiche des Produzierenden Gewerbes	Leistg. des Großhandels u.ä., Rückgewinnung	Externe Umweltschutzleistungen	Sonstige Produktionsbereiche	
		1, 2	13	41, 42	3-12, 14-40	43	56	44-55, 57-59	
Inputs (Verwendung)									
	Rohstoffe	333.4	592.6	168.9	46.5	0.0	0.0	0.7	16.4
	Abraum	0.0	2.1	0.0	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	Bodenmineralien	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Bodenaushub	0.0	1.1	168.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Andere feste Stoffe (Steine u. ä.)	0.2	589.4	0.0	24.9	0.0	0.0	0.7	0.0
	Luftkomponenten	332.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.4
	Güter	133.3	200.8	595.8	544.9	1.6	0.1	40.4	87.5
43	Sekundärrohstoffe	4.7	15.6	21.1	35.2	0.0	0.0	0.1	0.2
7	Bergbauerzeugnisse	2.6	1.3	0.0	64.9	0.0	0.0	0.8	1.3
13	Steine und Erden, Baustoffe usw.	1.0	182.5	549.1	26.9	0.0	0.0	10.4	0.0
	Sonstige Güter	125.0	1.4	25.5	417.8	1.6	0.1	29.2	86.1
	Rest- und Schadstoffe	0.0	0.0	0.0	0.0	104.4	21.5	0.0	0.0
	Abfälle zur Verwertung	0.0	0.0	0.0	0.0	104.4	0.0	0.0	0.0
	Abfälle zur Behandlung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.5	0.0	0.0
	Inputs insgesamt	466.8	793.4	764.6	591.4	106.0	21.6	41.1	104.0
Outputs (Aufkommen)									
	Güter	129.9	756.4	540.3	419.9	90.9	0.4	25.2	0.0
1 - 43	Güter (inkl. Zuwachs an Biomasse)	129.9	756.4	540.3	419.9	90.9	0.4	0.0	0.0
44	Plastiktragetaschen	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
52	Mahlzeiten der Gaststätten u.ä.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0
53	Bücher, Zeitschriften usw.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0
57	Militärische Güter	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.6	0.0
54,58,59	Sachleistg. der Sozialversicherung	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
	Rest- und Schadstoffe	336.9	37.0	224.3	171.5	15.1	21.2	15.8	104.0
	Abfälle zur Verwertung	0.0	1.3	22.9	44.2	0.3	4.9	1.9	4.4
	Abfälle zur Behandlung	0.0	1.5	31.9	10.2	1.1	3.6	2.6	4.3
	Abfälle zur Deponierung	0.1	3.3	55.1	14.3	0.8	0.7	5.5	10.7
	Abraum	0.0	2.1	0.0	21.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	Luftemissionen	259.2	0.0	0.7	8.8	0.0	1.4	1.9	48.9
	Sonstige Rest- und Schadstoffe	77.6	28.8	113.7	72.4	12.9	10.6	3.9	35.6
	Outputs insgesamt	466.8	793.4	764.6	591.4	106.0	21.6	41.1	104.0

Die **Tabelle 10** vervollständigt die Untertabellen der Physischen Input- und Output-Tabelle um die Bereiche **Sachvermögensänderungen** und **übrige Welt**. Dabei erscheinen die Zugänge zum Sachvermögen und zur übrigen Welt (Ausfuhr) bei den Inputs und die Abgänge bzw. Einfuhren bei den Outputs. Im Gegensatz zu den Tabellen 6 bis 9 stimmen hier die Inputs und Outputs der einzelnen Bereiche nicht überein.

Tabelle 10: Physische Input- (Verwendungs-) und Output- (Aufkommens-) Tabelle 1990

- Sachvermögensänderungen, übrige Welt -

Früheres Bundesgebiet

Mill. t

Materialien	Sachvermögensänderungen							Übrige Welt
	Produziertes Vermögen						Nichtproduziertes Naturvermögen	
	Private Gebrauchsgüter	Vorräte	Geordnete Deponien	Anlagen		Produziertes Naturvermögen		
				Bauten	Ausrüstungen			
Inputs (Verwendung)								
Güter	7.1	25.3	0.0	553.6	11.0	250.4	6.8	205.9
Rest- und Schadstoffe	0.0	0.0	117.3	0.0	0.0	0.0	49 045.8	2.1
Abfälle	0.0	0.0	117.3	0.0	0.0	0.0	32.4	2.1
Abraum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	981.8	0.0
Andere Materialeinträge in die Natur	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	581.4	0.0
Abwasser	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44 846.6	0.0
Wasserdampf	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 565.9	0.0
Sauerstoff	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	226.1	0.0
Kohlendioxid u.a.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	811.7	0.0
Inputs insgesamt	7.1	25.3	117.3	553.6	11.0	250.4	49 052.6	208.1
Outputs (Aufkommen)								
Rohstoffe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49 510.4	0.0
Abraum	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	981.8	0.0
Energieträger	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	193.3	0.0
Bodenmineralien	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
Bodenaushub	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	170.0	0.0
Andere feste Stoffe (Steine, Ton usw.)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	615.2	0.0
Wasser aus der Natur	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46 427.6	0.0
Sauerstoff	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	809.9	0.0
Kohlendioxid u.a.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	311.8	0.0
Güter	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	221.7	0.0	392.6
Rest- und Schadstoffe	4.1	0.0	0.0	32.5	8.2	55.6	0.0	0.0
Abfälle	4.1	0.0	0.0	32.5	8.2	0.0	0.0	0.0
Andere Materialeinträge in die Natur	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.6	0.0	0.0
Outputs insgesamt	4.2	0.0	0.0	32.5	8.6	277.3	49 510.4	392.6
Salden (Bestandsänderungen)								
Inputs minus Outputs	2.9	25.3	117.3	521.1	2.4	- 26.9	- 457.7	- 184.5

Der weit überwiegende Teil der **Inputs** sind Zugänge zum **nichtproduzierten Naturvermögen**. Hier handelt es sich überwiegend um geklärte oder ungeklärte Abwässer, die in Oberflächengewässer eingeleitet werden. Weitere quantitativ bedeutsame Mengen treten in Form von Wasserdampf und Kohlendioxid, die in die Luft abgegeben werden, und Abraum auf, der gelagert und zum Teil renaturiert wird. Der **Output** des nichtproduzierten Naturvermögens gemäß Tabelle 10 umfaßt alle Materialien, die für menschliche Aktivitäten der Natur entnommen werden oder bei der Entnahme ohne weitere Nutzung anfallen, wie Abraum.

Betrachtet man die **Salden (Bestandsänderungen)** zeigt sich, daß die Materialakkumulation im wesentlichen bei den Bauten stattfindet, deren Inputs letztlich aus dem nichtproduzierten Naturvermögen stammen. Die flüssigen und gasförmigen Materialien einschließlich der Energieträger sind in hohem Maße Durchflußgrößen, die die Materialakkumulation vergleichsweise wenig beeinflussen, aber einen zentralen Aspekt für Luftemissionen und Abwässer bilden. Die übrige Welt leistet einen **physischen Beitrag** an die inländische Wirtschaft, d.h. es wird in Tonnen mehr eingeführt als ausgeführt. Bei den Einfuhren handelt es sich zu mehr als 50 % um Bergbauerzeugnisse (überwiegend Kohle, Erdöl und Erdgas) und Mineralölerzeugnisse. Die gütermäßige Zusammensetzung der Ausfuhren ist deutlich heterogener.

Tabelle 11: Physische Input- (Verwendungs-) und Output- (Aufkommens-) Tabelle 1990

- Biologischer Metabolismus -

Früheres Bundesgebiet

Mill. t

Nr. der Gütergruppe (SIO)	Materialien	Biologische Aktivitäten von					Bestandsveränderungen an		
		Nutzpflanzen (ohne Wälder)	Nutztieren (ohne Haustiere)	Wäldern	Haustieren	Menschen	Nutzpflanzen (ohne Wälder)	Nutztieren (ohne Haustiere)	Wäldern
		Inputs (Verwendung)							
	Rohstoffe	385.3	137.4	47.5	0.3	16.1	0.0	0.0	0.0
	Bodenmineralien	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Wasser aus der Natur	107.6	115.7	13.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sauerstoff	0.0	21.8	0.0	0.3	16.1	0.0	0.0	0.0
	Kohlendioxid	277.0	0.0	33.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Güter	11.2	169.2	0.1	1.1	56.8	195.1	32.3	23.0
1,2	Zuwachs an Biomasse	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	195.1	32.3	23.0
1	Produkte der Landwirtschaft	1.3	98.3	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0
5	Wasser	5.7	53.3	0.0	0.4	8.0	0.0	0.0	0.0
9	Dünger, Pflanzenschutzmittel	4.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
38	Nahrungsmittel (ohne Getränke)	0.0	13.9	0.0	0.7	22.1	0.0	0.0	0.0
39	Getränke	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	0.0	0.0	0.0
43	Sekundärrohstoffe	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Inputs insgesamt	396.5	306.7	47.6	1.4	73.0	195.1	32.3	23.0
		Outputs (Aufkommen)							
	Güter	195.1	32.3	23.0	0.0	0.0	139.5	32.2	49.9
1,2	Zuwachs an Biomasse	195.1	32.3	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	Produkte der Landwirtschaft	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.5	32.2	0.0
2	Holzeinschlag der Forstwirtschaft	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.9
	Rest- und Schadstoffe	201.4	274.4	24.6	1.4	73.0	55.6	0.0	0.0
	Exkrememente, pflanzliche Abfälle u. ä. ...	0.0	241.3	0.0	0.8	31.6	55.6	0.0	0.0
	Wasserdampf	0.0	7.8	0.0	0.3	22.2	0.0	0.0	0.0
	Sauerstoff	201.4	0.0	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Kohlendioxid	0.0	23.8	0.0	0.4	19.2	0.0	0.0	0.0
	Methan	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Outputs insgesamt	396.5	306.7	47.6	1.4	73.0	195.1	32.2	49.9
		Salden (Bestandsänderungen)							
	Inputs minus Outputs	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	- 26.9

Die **Tabelle 11** gibt einen Überblick über den **biologischen Metabolismus** von Pflanzen, Tieren und Menschen. Die Daten der Tabelle 11 sind Unterpositionen der Tabelle 6 bzw. der Tabellen 7 bis 10. Die Daten wurden im wesentlichen im Rahmen von Werkverträgen außerhalb des Statistischen Bundesamtes berechnet. Um zu einer vollständigen Materialbilanz zu gelangen, ist es notwendig, die gesamten Inputs und Outputs der Lebewesen in die Betrachtung einzubeziehen. Dadurch erhält man u.a. ein umfassendes Bild der Sauerstoff- und Kohlendioxid-Inputs und -Outputs von Pflanzen, Tieren und Menschen. Auffällig ist die Bestandsänderung der Wälder für 1990, die eine Abnahme um knapp 27 Mill. Tonnen zeigt. Dies geht vor allem auf die schweren Stürme in diesem Jahr zurück. Zum biologischen Metabolismus liegt im Tabellenteil keine detaillierte Tabelle vor.

Aufbauend auf der physischen Input-Tabelle und der Output-Tabelle wurde die **Materialverflechtungstabelle (Tabelle 12)** erstellt. Sie zeigt, an welche Bereiche - Produktionsbereiche, Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte, Sachvermögensänderungen oder übrige Welt - der Materialoutput (Rohstoffe, Güter sowie Rest- und Schadstoffe) eines Bereiches fließt. Die Materialverflechtungstabelle ist symmetrisch, d.h. die Zeilen- und Spaltengliederung ist identisch.

Tabelle 12: Materialverflechtungstabelle 1990

Früheres Bundesgebiet

Mill. t

Herkunft \ Verbleib	Produktionsbereiche		Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte	Sachvermögensänderungen			Übrige Welt	Gesamte Materialverwendung
	Umweltschutz, Rückgewinnung	Sonstige Produktionsbereiche		Produziertes Vermögen		Nichtproduziertes Naturvermögen		
				Sonstiges Vermögen	Produziertes Naturvermögen			
Materialien insgesamt								
Umweltschutz, Rückgewinnung	2.5	6.4	0.0	1.9	0.0	7 940.9	2.1	7 953.9
Sonstige Produktionsbereiche	1 795.2	5 772.9	3 075.0	681.9	28.7	40 354.0	205.5	51 913.1
Verbrauchsaktivitäten der privaten Haushalte	2 640.6	4.4	0.0	10.9	0.0	699.5	0.0	3 355.4
Sonstiges produziertes Vermögen	5.7	16.7	0.0	19.8	0.0	2.7	0.4	45.3
Produziertes Naturvermögen	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.6	0.0	55.6
Nichtproduziertes Naturvermögen ¹	3 509.8	45 720.2	280.4	0.0	0.0	0.0	0.0	49 510.4
Materialinput (= inländischer Materialoutput) insgesamt	7 953.9	51 520.6	3 355.4	714.4	28.7	49 052.6	208.1	112 833.7
+ Einfuhr gleichartiger Güter	0.0	392.6					-392.6	0.0
- Materialakkumulation	0.0	0.0	0.0	669.1	- 26.9	- 457.7	- 184.5	0.0
= Gesamtes Materialaufkommen	7 953.9	51 913.2	3 355.4	45.3	55.6	49 510.4	0.0	112 833.7

¹ Die Verwendung der Rohstoffe entspricht der Verwendung von Materialien des nichtproduzierten Naturvermögens.

Beispielsweise besteht der Materialoutput eines Produktionsbereiches in der Regel aus Gütern sowie aus Rest- und Schadstoffen. Der inländische Materialoutput (bzw. der Materialinput) und die Einfuhren gleichartiger Güter ergeben das **gesamte Materialaufkommen** eines Produktionsbereiches. Für dieses Aufkommen wird in **einer** Zeile die **gesamte Materialverwendung** der Güter - aus inländischer Produktion und Einfuhr - **und** der Rest- und Schadstoffe dargestellt. Die Güter fließen beispielsweise an andere Produktionsbereiche oder die privaten Haushalte, die Rest- und Schadstoffe an die externe Umweltschutzleistung, an geordnete Deponien oder an das nichtproduzierte Naturvermögen.

5 Anwendungsbereiche

5.1 Interne Anwendungen

Beim Aufbau von PIOT müssen Daten aus sehr unterschiedlichen Wirtschafts- und Umweltstatistiken in einem Gesamtsystem konsistent zusammengeführt werden. Hieraus resultieren für interne Zwecke insbesondere zwei Vorteile. Vorhandene Lücken und Inkonsistenzen von Wirtschafts- und Umweltstatistiken in physischen Einheiten treten insbesondere bei der Abstimmung von Inputs und Outputs deutlich zutage. PIOT könnten für die Zusammenführung von Statistiken, die Daten in physischen Einheiten erfragen, eine ähnliche Rolle spielen wie die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen für die Wirtschaftsstatistiken mit monetären Angaben.

Eine andere interne Verwendung der PIOT ist die Schätzung von physischen Daten über Wechselwirkungen von Wirtschaft und Umwelt, falls diese aus den Basisstatistiken nicht hervorgehen. Die Konsistenz des Gesamtsystems der PIOT und der zugrundeliegende Materialerhaltungsansatz, der die Identität von Inputs und Outputs zwingend vorschreibt, erleichtert es, fehlende Daten zu schätzen. Ein Beispiel hierfür ist die Erstellung von **Emittentenstrukturen** für Luftemissionen, Abfall und Abwasser. In Deutschland wird die Emittentenstruktur für **Luftemissionen** im wesentlichen aufgrund von Energieinputs und Emissionsfaktoren berechnet (wie in Kapitel 3 erläutert). Für **Abfälle** und **Abwasser** ist ein Kernbereich der Emittentenstrukturen durch Erhebungen abgedeckt. Eine vollständige Emittentenstruktur für Abfälle und Abwasser kann sinnvoll wiederum auf entsprechenden Materialinputs der PIOT aufbauen.

Die Budgets der statistischen Ämter sind in vielen Ländern reduziert worden. Es ist deshalb zunehmend wichtig, ein verringertes statistisches Programm durch Schätzungen zu ergänzen, um Anwendern weiterhin ihre analytische Arbeit zu ermöglichen.

5.2 Externe Anwendungen

Die Daten der PIOT vermitteln eine Gesamtschau der im Inland verwendeten Materialien. Sie zeigen, welche Produktionsbereiche besonders materialintensiv sind und den Zusammenhang zwischen Materialeinsatz, produzierten Gütern und Schadstoffmengen (Abfall, Abwasser, Luftemissionen) in den verschiedenen Produktionsbereichen. Fragen zum effizienten Umgang mit Rohstoffen und die Bedeutung der Abfallverwertung bzw. von Sekundärrohstoffen als Ersatz für primäre Rohstoffe lassen sich mit PIOT bearbeiten. Die Veränderungen der Materialintensität bzw. der **Materialeffizienz** der Produktionsbereiche im Zeitablauf könnten zusätzliche, interessante Indikatoren für eine umweltgerechte Entwicklung der Wirtschaft sein. Auch hier wäre zumindest zwischen Wasser, Energie und übrigen Materialien zu unterscheiden.

Durch die weitgehende Parallelität zwischen den monetären Input-Output-Tabellen und den PIOT können die **monetäre** und die **physische** Ebene beinahe beliebig verknüpft werden. Zum Beispiel können die Rest- und Schadstoffe direkt an die monetäre Input-Output-Tabelle angehängt werden. Somit lassen sich die Auswirkungen von umweltpolitischen, kostenrelevanten Maßnahmen, wie die Einführung einer Ökosteuer, sowohl auf der monetären als auch auf der physischen Ebene untersuchen. Welche Wirkungen hat beispielsweise eine Verteuerung von bestimmten Rohstoffen auf die Wiederverwertung von Abfällen bzw. die Produktion von Sekundärrohstoffen? Wie wirken input- oder outputorientierte Maßnahmen zur Senkung von Luftemissionen auf den Energieträgereinsatz und auf die Emissionen insgesamt?⁵⁾ Kommt es bei bestimmten Maßnahmen zu Verschiebungen zwischen den Schadstoffkategorien Abfall, Abwasser und Luftemissionen? Fragen zur Effizienz von umweltpolitischen Maßnahmen dürften vor dem Hintergrund einer vollständigen Darstellung der Materialströme, wie den PIOT, besser zu beantworten sein.

PIOT können für Analysen der Materialflüsse herangezogen werden, bei denen nicht nur die direkten Materialinputs und -outputs der Wirtschaftsaktivitäten, sondern auch die **indirekten** Materiallasten der Produktion und des Konsums ermittelt werden. Zur Produktion von Gütern werden Materialien verwendet, die auf vorgelagerten Produktionsstufen erzeugt wurden. Diese vorgelagerte Produktion benötigt wiederum Materialinputs, bei deren Verwendung Rest- und Schadstoffe entstehen. Solche indirekten Materialströme können mit PIOT ermittelt werden.

Die **Analyse** der direkten und indirekten Materialinputs kann für Szenarien über die Reduktion des Materialverbrauchs in der Wirtschaft angewandt werden. Selbst wenn die zur Verfügung stehenden Techniken unverändert bleiben, können Strategien entwickelt werden, um die Materialintensität zu senken. Sollten PIOT nicht vorliegen, können derartige Untersuchungen durch die Verknüpfung monetärer Input-Output-Tabellen mit physischen Daten erfolgen (z.B. über Rohstoffe, Energieverwendung, Rest- und Schadstoffe). Solche Analysen erzielen aber nicht die Qualitätsstandards, die mit physischen Daten erreicht werden können, da die monetären Daten physische Strukturen nicht richtig wiedergeben. Grund hierfür sind vorhandene Preisunterschiede innerhalb einer Gütergruppe für verschiedene Käufer bzw. Verwendungskategorien. Somit können

5) Zur Beantwortung dieser Frage ist auch die erwähnte Energietabelle in Heizwerten (Joule) notwendig.

monetäre Input-Output-Analysen der Materialströme nur als erster brauchbarer, aber vorläufiger Schritt in Richtung von Modellen interpretiert werden, die vollständig auf physischen Informationen beruhen. Selbstverständlich bietet sich eine Verbindung der Modellresultate mit monetären Informationen (z.B. über Kosten oder Ökosteuern) in einem zweiten Schritt an.

In speziellen Studien könnten weitere Disaggregationen der Wirtschaftsaktivitäten hilfreich sein. Besondere Beachtung sollte den Haushaltsaktivitäten gelten, die lediglich in zwei Spalten (Konsumaktivitäten, langlebige Gebrauchsgüter) in den deutschen PIOT repräsentiert sind. Derartige Analysen können eine Verbindung des Satellitensystems Haushaltsproduktion mit umweltbezogenen Satellitensystemen ermöglichen (Stahmer 1996). Interessant dürften auch Input-Output-Analysen für bestimmte Betätigungsfelder der privaten Haushalte sein. So könnte die Frage diskutiert werden, welche Materialströme und Emissionen mit der Freizeitgestaltung verbunden sind. Erweiterte PIOT könnten auch ein zentrales analytisches Werkzeug für bioökonomische Untersuchungen werden (Strassert 1991, 1994, 1996).

Die vorliegenden PIOT repräsentierten lediglich eine ex post-Analyse der physischen Relationen von Inputs und Outputs. Mit alternativen Input-Output-Relationen der Wirtschaftsaktivitäten könnten **Technologieveränderungen** simuliert werden. Solche Studien führen zu dynamischen PIOT, die verschiedene Szenarien der Akkumulation und Umwandlung von Materialien einbeziehen (siehe Faber, Proops 1990).

Die im Tabellenteil vorliegenden Zusatztabelle für Energie in Heizwerten und für die Luftemissionen stellen die wichtigste **Weiterentwicklung** von PIOT in Tonnen dar. Gerade die Gewichtung der Luftemissionen hinsichtlich ihres Umweltbelastungspotentials ist eine wertvolle zusätzliche qualitative Information. Deutlich wird dabei, wie hoch der Anteil der einzelnen Emittenten an dem gesamten anthropogen bedingten Einfluß auf bestimmte Umweltprobleme ist.

6 Ausblick

Die Arbeiten an den PIOT für 1990 haben gezeigt, daß die **Qualität der Daten** in den PIOT nicht immer den sonst üblichen Standards des Statistischen Bundesamtes genügt. Zudem sind bestimmte Ergebnisse, wie die für den biologischen Stoffwechsel, als erster Versuch mit großen Schätzspielräumen anzusehen.

Die Daten der PIOT könnten für weitere Untersuchungen und Analysen Anstoß geben. Wir erhoffen uns daraus auch Anregungen für Verbesserungen der Konzepte aber auch der Datenqualität. Diese Verbesserungen könnten dann in weiteren PIOT, beispielsweise für das Jahr 1995 und für Deutschland insgesamt, umgesetzt werden.

Die beiden aus unserer Sicht zentralen Verbesserungsoptionen sind die Verknüpfung mit Ergebnissen der **Prozeßkettenanalyse** bzw. **Ökobilanzierungen** von Produkten und die Ankoppelung weiterer Indizes, die **qualitative Aussagen** über die mit Materialströmen verbundenen Umweltbelastungen erlauben.

Ergebnisse von **Prozeßkettenanalysen** können zum einen die Qualität der Daten in PIOT verbessern, zum anderen könnte eine zweite Darstellungsebene mit stärker disaggregierten Daten zumindest für einzelne Produktionsbereiche entwickelt werden. Dies wäre für eine angemessene Materialflußanalyse besonders komplexer Produktionsbereiche, wie die Chemische Industrie, notwendig. Gleichzeitig bliebe bei einer solchen Darstellung die Verbindung zu den gesamten Materialströmen bestehen.

In den vorliegenden PIOT überlagern, von ihrem Gewicht her gesehen, bestimmte Materialien, wie Wasser, Abraumengen des Bergbaus, Energieträger und Baumaterialien, andere, zum Teil für die natürliche Umwelt deutlich **gefährlichere Materialströme**. Teilweise kann diese Schwierigkeit durch die Aufteilung der PIOT in Untertabellen, wie wir es für Wasser, Energie und übrige Materialien durchführten, gemildert werden. Ein vielversprechender aber auch sehr arbeitsintensiver Ansatz ist die Ankoppelung von Indizes an die Materialströme, um zu **qualitativen Aussagen** zu gelangen, ähnlich wie dies für die Luftemissionen erfolgte. Die Anknüpfung von weiteren qualitativen Indizes dürfte jedoch aufgrund der Heterogenität der Inhaltsstoffe dieser Materialströme sehr schwierig sein.

Literaturverzeichnis

- Ayres, R.U. (1978): Resources, Environment and Economics, New York.
- Ayres, R.U. (1993): Materials/Energy Flows and Balances as a Component of Environmental Statistics, in: A. Franz, C. Stahmer (eds.), Approaches to Environmental Accounting, Heidelberg, pp. 126 - 142.
- Ayres, R.U./Simonis, U.E. (1994): Industrial Metabolism - Restructuring for Sustainable Development, Tokyo - New York - Paris.
- Baccini, P./Brunner, P. (1991): Metabolism of the Anthroposphere - Berlin: Springer.
- Bringezu, S. (ed.) (1995): Neue Ansätze der Umweltstatistik - Ein Wuppertaler Werkstattgespräch, Berlin - Basel - Boston.
- De Haan, M., Keuning, S. and Bosch, P. (1993): Integrating Indicators in a National Accounting Matrix including Environmental Accounting (NAMEA): an application to the Netherlands, Netherlands Central Bureau of Statistics, National Accounts, occasional paper Nr. NA-60, AZ Voorburg.
- Faber, M./Proops, J.L.R. (1990): Evolution, Time, Production and the Environment, Berlin - Heidelberg - New York.
- Katterl, A./Kratena, K. (1990): Reale Input-Output Tabelle und ökologischer Kreislauf, Heidelberg.
- Kuhn, M., Radermacher, W., Stahmer, C. (1994): Umweltökonomische Trends 1960 bis 1990 in der Bundesrepublik Deutschland, in: Wirtschaft und Statistik, 8/1994.
- Radermacher, W., Höh, H. (1993): Verbrauch von Rohstoffen - Darstellungsbereich der Umweltökonomischen Gesamtrechnung, in Wirtschaft und Statistik, 8/1993.
- Radermacher, W., Stahmer, C. (1996): Material and Energy Flow Analysis in Germany - Accounting Framework, Information Systems, Applications, paper presented at the Special IARIW Conference, Tokyo, March.
- Schmidt-Bleek, F. (1994): Wieviel Umwelt braucht der Mensch?, Berlin - Basel - Boston.
- Stahmer, C. (1996): Household Activities and the Environment: Concepts of Satellite Systems Combined. Forthcoming in: Review of Income and Wealth.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1990): Fachserie 19, Umwelt, Reihe 1.1, Öffentliche Abfallbeseitigung und Reihe 1.2, Abfallbeseitigung im Produzierenden Gewerbe und in Krankenhäusern.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1991): Fachserie 19, Umwelt, Reihe 2.1, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung und Reihe 2.2, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe sowie bei Wärmekraftwerken für die öffentliche Versorgung.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1995): Fachserie 19, Umwelt, Reihe 5, Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Material- und Energieflußrechnungen.
- Statistisches Bundesamt (1996): Aufkommen und Verwendung von Energie 1978 bis 1993, Ergebnisse der Input-Output-Rechnung 1978 bis 1993, Arbeitsunterlage, Wiesbaden.
- Strassert, G. (1991): Towards an Ecological-Economic Accounting of the Provision-Transformation-Restitution Cycle, in: Dragan, J.C., Seifert, E.K., Demetrescu, M.C. (eds.), Entropy and Bioeconomics, pp. 507 - 515.
- Strassert, G. (1994): Steady - State Conditions of the Provision-Transformation-Restitution Cycle, paper presented at the 2nd International Conference of the E.A.B.S., Mallorca, March.
- Strassert, G. (1996): System-Metabolismus und Haushaltsproduktion - konzeptionelle Überlegungen zur physischen Umweltgesamtrechnung, unveröffentlichte Fassung eines Vortrages im Rahmen des Kolloquiums „Bioökonomie und Haushaltsmetabolismus“ der Universität Bonn.
- United Nations (1993): Integrated Environmental and Economic Accounting. Handbook of National Accounting. Studies in Methods, Series F, No. 61. Department of Economic and Social Information and Policy Analysis, New York.
- United Nations et al. (1993): System of National Accounts 1993, New York et al.
- United Nations Environment Programme / World Meteorological Organization (1992, 1994): Radiative Forcing of Climate Change. The 1992/1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).