

Input-Output-Tabelle des menschlichen Metabolismus¹

Carsten Stahmer

1 Einleitung

Vom Statistischen Bundesamt wurden bereits in den 90er Jahren sehr detaillierte physische Input-Output-Tabellen vorgestellt, in denen der menschliche Metabolismus ebenso wie der physische Stoffwechsel von Tieren und Pflanzen, die in Zusammenhang mit menschlichen Aktivitäten stehen, abgebildet wurden (siehe Stahmer et al. 1997). Die Angaben zum menschlichen Metabolismus, die vor allem vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie geschätzt worden waren, wurden zusammen mit den Konsumaktivitäten ausgewiesen.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts für die Europäische Union wurden dann die Aktivitätskonzepte der physischen Input-Output-Tabellen grundlegend geändert. So wie es bereits in Version V des System for Environmental and Economic Accounting beschrieben wurde (siehe United Nations 1992, Chapter V), wurden alle menschlichen Aktivitäten als Produktionsaktivitäten behandelt (siehe Stahmer et al. 2003). Die Angaben zum menschlichen Metabolismus wurden den Aktivitäten der physiologischen Regeneration zugeordnet. Im methodischen Teil der Veröffentlichung wurde allerdings bereits darauf hingewiesen, dass diese Zuordnung methodisch unbefriedigend blieb:

„Im Rahmen der Privataktivitäten wird auch der Verzehr von Nahrungsmitteln durch die Bevölkerung dargestellt. Um vollständige Materialbilanzen erstellen zu können, müssen ergänzend auch die übrigen Inputs und Outputs des menschlichen Stoffwechsels einbezogen werden. Die Zuordnung dieser Körpervorgänge zu den menschlichen Aktivitäten, die in den physischen Tabellen gezeigt werden, ist allerdings nicht trivial: Bei *allen* Aktivitäten setzt der menschliche Körper Nahrungsstoffe um, verbraucht Sauerstoff und produziert Kohlendioxid und Wasserdampf. Konsequenterweise müssten diese Stoffwechselprozesse daher auch für die Zeit der Erwerbsarbeit gezeigt werden. [...] In den gegenwärtig vorliegenden Tabellen wird diese konsequente Verbuchung des menschlichen

¹ Dieser Beitrag ist meinem Freund Günter Strassert gewidmet. Er hat mich nicht nur ermutigt, mich nach längerer Zeit wieder mit der physischen Input-Output-Rechnung zu beschäftigen, sondern hat meine Arbeiten auf diesem Gebiet bereits seit über zwanzig Jahren mit intensiver, anregender Diskussion begleitet und unterstützt.

Metabolismus noch nicht vorgenommen. Menschliche Stoffwechselprozesse werden nur bei den Privataktivitäten gezeigt.²

In ausführlichen Diskussionen mit Günter Strassert wurde überlegt, welche Zuordnungsform der Angaben des menschlichen Metabolismus am sinnvollsten und methodisch am saubersten wäre. Ein erster Vorschlag von Günter Strassert wurde 2004 veröffentlicht (siehe Strassert 2004). Strassert ordnete die Angaben zum menschlichen Metabolismus schwerpunktmäßig bestimmten Aktivitätsbereichen zu. Soweit die Personen erwerbstätig waren, wurden die Stoffwechseldaten bei den entsprechenden Wirtschaftsbereichen nachgewiesen. Soweit nicht-erwerbstätige Personen im Bereich der Haushaltsproduktion tätig sind, wurden die Angaben über ihren Stoffwechsel den physischen Angaben der Bereiche der Haushaltsproduktion zugerechnet. Bei allen anderen Personen wurden die Stoffwechseldaten den privaten Aktivitätsbereichen zugeordnet.

In Diskussionen mit Günter Strassert überlegten wir auch, wie wir Bestandsangaben in physische Input-Output-Tabellen integrieren könnten. Dazu legten Günter Strassert und ich 2002 erste Überlegungen zur Integration ökonomisch genutzter Kapitalanlagen vor (siehe Stahmer, Strassert 2003). Strassert integrierte in seinem Aufsatz über menschlichen Metabolismus erstmalig Bestandsangaben über Anzahl und Gewicht der Bevölkerung in das Schema einer physischen Input-Output-Tabelle (siehe Strassert 2004). Er verwendete dabei als Rechenbeispiel Daten für das Berichtsjahr 1990 (früheres Bundesgebiet).

In dem vorliegenden Aufsatz setzte ich die gemeinsamen Arbeiten von Günter Strassert und mir fort. Dabei schlage ich im Hinblick auf die Zuordnungsproblematik des menschlichen Metabolismus vor, die physischen Daten entsprechend den in den verschiedenen Aktivitätsbereichen verbrachten Zeiten zu verteilen. Im Hinblick auf die Integration von Bestandsangaben greife ich auf Konzepte zurück, die Strassert und ich bei der Behandlung der traditionellen Kapitalgüter als Variante 4 beschrieben hatten (siehe Stahmer, Strassert 2002, S. 257ff.). Die Anfangsbestände an Kapitalgütern werden dabei wie ein intermediärer Input behandelt und entsprechend am Anfang der Berichtsperiode vom Bereich der letzten Verwendung zum intermediären Bereich umgebucht.

Als Berichtsjahr wurde 2010 gewählt. Die nötigen Angaben über Anzahl und Gewicht der Bevölkerung liegen für dieses Jahr bereits vor. Ebenso konnten aktuelle Daten über die bezahlten Arbeitsstunden genutzt werden. Die übrigen Zeitverwendungsdaten wurden durch Fortschreibung der Ergebnisse der Zeitbudgeterhebung 2002/03 ermittelt. Noch sehr unbefriedigend ist die

² Stahmer et al. 2003, S. 40.

Datenlage bei den Körperumsätzen der verschiedenen Bevölkerungsgruppen (aufgegliedert nach Geschlecht und Alter). Hier konnten in der vorliegenden vorläufigen Fassung nur sehr grobe Fortschreibungen der Ergebnisse für das Berichtsjahr 1990 verwendet werden, die provisorisch mit Angaben über Gewicht und Größe der Personen auf die entsprechenden Bevölkerungsgruppen aufgeteilt wurden. Für die endgültige Version dieses Beitrages wird es nötig sein, das vorhandene Schrifttum zum menschlichen Stoffwechsel auf aktuellere Angaben durchzusehen und den Ratschlag von Experten auf diesem Gebiet einzuholen.

In Abschnitt 2 dieses Beitrages werden zunächst verschiedene Datenbausteine für die Erstellung einer Input-Output-Tabelle des menschlichen Metabolismus vorgestellt. Dazu gehören Bevölkerungsbilanzen für das Berichtsjahr 2010, Angaben zu Körpermaßen der Bevölkerung, Schätzungen der Körperumsätze für verschiedene Bevölkerungsgruppen, Zeitverwendungsbilanzen dieser Bevölkerungsgruppen und Stoffwechselbilanzen nach Aktivitätsbereichen. Abschnitt 3 kombiniert dann die gewonnenen Angaben in einer Input-Output-Tabelle des menschlichen Metabolismus für das Berichtsjahr 2010 (Bundesrepublik Deutschland) vor. Einen kurzen Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf enthält Abschnitt 4.

2 Datenbausteine

2.1 Personenbilanz der Bevölkerung

Eine Bevölkerungsbilanz der Bundesrepublik Deutschland für das Berichtsjahr 2010 enthält *Tabelle 1*. Die detaillierten Angaben der Bevölkerungsstatistik des Statistischen Bundesamtes wurden nach vier Bevölkerungsgruppen aggregiert: nach Geschlecht und nach zwei Altersgruppen (bis 17 Jahre, 18 Jahre und älter). Diese vier Bevölkerungsgruppen wurden gebildet, weil sie sich im Hinblick auf ihre Körpermaße, ihre Zeitverwendung und ihre Körperumsätze deutlich voneinander unterscheiden.

Die Bilanz zeigt den Anfangsbestand zum 1. Januar 2010, die Zugänge im Laufe des Berichtsjahres 2010 an Geburten und Zuzügen in das Gebiet der Bundesrepublik, die Abgänge in Form von Sterbefällen und Fortzügen sowie den Endbestand zum 31. Dezember 2010.

Es zeigt sich, dass die positive Wanderungsbilanz von Zuzügen abzüglich Fortzügen (+128 000) das Defizit von Geburtsfällen gegenüber Todesfällen (-181 000) nicht ganz ausgleichen konnte. Insgesamt nimmt die Bevölkerung in 2010 entsprechend um 53 000 ab. Die Entwicklung bei männlichen und weiblichen Personen war recht unterschiedlich. Während die Anzahl der

Tabelle 1: Bevölkerungsbilanz der Bundesrepublik Deutschland 2010

1000

Lfd. Nr.	Gegenstand der Nachweisung	Männliche Personen	Weibliche Personen	Insgesamt
		(1)	(2)	(3)
	Anfangsbestand			
1	bis 17 Jahre alt	6 483	6 153	12 636
2	18 Jahre und älter	33 623	35 546	69 169
3	zusammen	40 106	41 699	81 805
4	+ Geburtsfälle	347	331	678
	+ Zuzüge			
5	bis 17 Jahre alt	44	41	85
6	18 Jahre und älter	432	282	714
7	zusammen	476	323	799
	+ Fortzüge			
8	bis 17 Jahre alt	30	27	57
9	18 Jahre und älter	377	237	614
10	zusammen	407	264	671
11	- Sterbefälle	409	450	859
	= Endbestand			
12	bis 17 Jahre alt	6 420	6 095	12 515
13	18 Jahre und älter	33 693	35 544	69 237
14	zusammen	40 113	41 639	81 752

männlichen Personen sogar leicht zunahm (+7 000), hatte die Anzahl an weiblichen Personen einen Rückgang von 60 000 zu verzeichnen.

2.2 Bilanz der Körpermaße der Bevölkerung

Die Bilanz der Körpermaße der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland 2010 wird in *Tabelle 2* gezeigt. Für die Ermittlung der gezeigten Angaben mussten eine Reihe amtlicher und nicht-amtlicher Quellen herangezogen werden. Statistische Angaben über die Körpermaße der Bevölkerung (Größe und Gewicht) lagen für Personen im Alter von 18 und mehr Jahren aus dem

Tabelle 2: Bilanz der Körpermaße der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland 2010

Lfd. Nr.	Gegenstand der Nachweisung	Männliche Personen			Weibliche Personen			Insgesamt
		Größe pro Person	Gewicht pro Person	Gesamtgewicht	Größe pro Person	Gewicht pro Person	Gesamtgewicht	Gesamtgewicht
		cm	kg	1000 t	cm	kg	1000 t	1000 t
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
	Anfangsbestand							
1	bis 17 Jahre alt	135	38,0	246,4	132	36,1	222,1	468,5
2	18 Jahre und älter	178	83,4	2 804,2	165	68,1	2 420,6	5 224,8
3	zusammen	171	76,1	3 050,6	159	63,4	2 642,7	5 693,3
4	+ Geburtsfälle	50	3,3	+1,1	49	3,2	+1,1	+ 2,2
	+ Zuzüge							
5	bis 17 Jahre alt	135	38,0	+1,7	132	36,1	+1,5	+ 3,2
6	18 Jahre und älter	180	83,0	+35,9	167	65,0	+18,3	+ 54,2
7	zusammen			+37,6			+19,8	+ 57,4
	- Fortzüge							
8	bis 17 Jahre alt	135	38,0	-1,1	132	36,1	-1,0	-2,1
9	18 Jahre und älter	180	83,2	-31,4	167	66,0	-15,6	-47,0
10	zusammen			-32,5			-16,6	-49,1
11	- Sterbefälle	173	79,0	-32,3	161	67,4	-30,3	-62,6
12	Sonstige Veränderungen			+36,2			+31,0	+67,2
	= Endbestand							
13	bis 17 Jahre alt	135	38,0	244,0	132	36,1	220,0	464,0
14	18 Jahre und älter	178	83,6	2 816,7	165	68,3	2 427,7	5 244,4
15	zusammen		76,3	3 060,7		63,6	2 647,7	5 708,4

Mikrozensus 2009 des Statistischen Bundesamtes vor, für Kinder und Jugendliche wurden entsprechende Angaben im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey 2003 – 2006 erhoben (siehe Stolzenberg et al. 2007). Diese Angaben über Körpermaße wurden für den Anfangsbestand der Bevölkerung 2010 herangezogen.

Es wurde angenommen, dass im Laufe des Jahres 2010 die Größe der Bevölkerungsmglieder im Durchschnitt gleichgeblieben ist. Bei den Gewichten wurde eine leichte Zunahme bei den Erwachsenen um 0,2 kg angenommen. Diese Zunahme spiegelt den gegenwärtigen Trend zu höheren Körpergewichten wider. Nach Angaben des Mikrozensus nahmen von 1999 bis 2009 die Durchschnittsgewichte der Männer von 80,8 kg auf 83,4 kg zu, bei den Frauen

wuchs das durchschnittliche Körpergewicht im gleichen Zeitraum von 66,7 kg auf 68,1 kg. Die Körpergrößen blieben dagegen fast unverändert. Bei den Männern war eine leichte Zunahme von 1,77 auf 1,78 cm zu verzeichnen, während die Frauen 2009 ebenso wie 1999 eine Durchschnittsgröße von 1,65 cm hatten.

Die Körpermaße der Neugeborenen wurden nach Angaben aus dem Artikel „Neugeborenes“ in Wikipedia geschätzt. Für die Körpermaße der Sterbefälle wurden die Angaben des Mikrozensus 2009 für die Altersgruppe von 75 und mehr Jahren herangezogen. Bei den Zuzügen und Fortzügen wurde berücksichtigt, dass das Durchschnittsalter der erwachsenen Immigranten und Emigranten niedriger ist als das Durchschnittsalter der Bevölkerung insgesamt. Mit Hilfe der Bevölkerungsstatistik des Statistischen Bundesamtes über die Altersstruktur der Zu- und Fortziehenden und die Körpermaße der entsprechenden Altersgruppen der Gesamtbevölkerung konnten spezielle Angaben über die Körpermaße dieser Personengruppen geschätzt werden.

Trotz des leichten Rückgangs der Bevölkerung hat das Gesamtgewicht der Bevölkerung wegen des angenommenen höheren Durchschnittsgewichts der Erwachsenen etwas zugenommen. Es stieg um 15,1 Tausend Tonnen von 5 693,3 auf 5 708,4 Tausend Tonnen. Wäre es nur nach den Gewichtsveränderungen bei Zu- und Abgängen der Bevölkerung gegangen, so wäre das Gesamtgewicht um 52,1 Tausend Tonnen gesunken. Der Differenzbetrag in Höhe von 67,2 Tausend Tonnen wird in Zeile 12 von *Tabelle 2* nachgewiesen.

2.3 Körperumsätze der Bevölkerung

In *Tabelle 3* werden die Körperumsätze 2010 der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland in einer Gliederung nach Geschlecht und zwei Altersgruppen (bis 17 Jahre alt, 18 Jahre und älter) gezeigt. Bei den Inputs werden Sauerstoff, Nahrungsmittel (ohne Getränke) und Wasser, Getränke unterschieden, bei den Outputs feste und flüssige Reststoffe, Wasserdampf und Kohlendioxid. Bei den Nahrungsmitteln werden in Zeile 3 die Werte gezeigt, die zu keinen Veränderungen der Körpergewichte im Laufe des Jahres 2010 geführt hätten. Die zusätzlichen Nahrungsmittelmengen in Höhe von insgesamt 67 200 Tonnen tragen dazu bei, dass das Körpergewicht der gesamten Bevölkerung in 2010 etwas ansteigt. Der in Zeile 5 ausgewiesene Betrag für zusätzliche Nahrungsmittelinputs im Zuge der Schwangerschaft (2 200 Tonnen) entspricht dem Geburtsgewicht der Neugeborenen. Anders als die Angaben für die Zuzüge handelt es sich bei den Gewichten der Geburtsfälle nicht um Primärinputs, die von außerhalb des Systems des menschlichen Metabolismus zusätzlich die Gewichtsbilanz verändern, sondern um interne, gewissermaßen intermediäre

Tabelle 3: Körperumsätze der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland in der Gliederung nach Geschlecht und Alter 2010

1000 t

Lfd. Nr.	Gegenstand der Nachweisung	Männliche Personen		Weibliche Personen		Insgesamt
		bis 17 Jahre alt	18 Jahre und älter	bis 17 Jahre alt	18 Jahre und älter	
		(1)	(2)	(3)	(4)	
	Inputs					
1	Sauerstoff	913,0	10 474,6	798,6	9 061,5	21 245,9
2	Nahrungsmittel(ohne Getränke)	2 002,3	22 972,9	1 747,5	19 875,7	46 598,4
	davon:					
3	Ausgangswerte	1 999,4	22 939,6	1 745,0	19 845,0	46 529,0
4	Zu- bzw. Abnahme	+2,9	+33,3	+2,5	+28,5	+67,2
5	Schwangerschaft				+2,2	+2,2
6	Wasser, Getränke	1 281,5	14 703,5	1 118,4	12 719,9	29 823,3
7	zusammen	4 196,8	48 151,0	3 662,7	41 657,1	97 667,6
	Outputs					
8	feste, flüssige Reststoffe	1 842,0	21 134,0	1 607,6	18 282,8	42 866,4
9	Wasserdampf	1 263,1	15 755,4	1 102,4	12 537,2	29 395,1
10	Kohlendioxid	1 088,8	12 491,4	950,2	10 806,3	25 336,7
11	zusammen	4 193,9	48 117,7	3 660,2	41 626,4	97 598,2
12	Saldo Inputs abzüglich Outputs	2,9	+33,3	+2,5	+30,7	+69,4
13	Nachrichtlich: Bevölkerung (Jahres- durchschnitt) in 1000	6 452	33 648	6 124	35 534	81 758

Veränderungen des Körpersystems, die im Körper der Schwangeren vorbereitet werden und dann „das Tageslicht erblicken“.

Der natürliche Kohlendioxid-Ausstoß der gesamten Bevölkerung betrug 2010 25,3 Millionen Tonnen. Das entspricht einem jährlichen Durchschnittswert pro

Bevölkerungsmitglied von 0,31 Tonnen. In der aktuellen Umweltdiskussion wird verlangt, dass der Ausstoß an Kohlendioxid in den entwickelten Ländern auf 2,7 bis 2,8 Tonnen pro Person und Jahr reduziert werden sollte.³ Dies entspräche etwa dem Neunfachen des natürlichen Ausstoßes an Kohlendioxid (bei einer Vorgabe von 2,8 Tonnen pro Person: 228,9 Millionen Tonnen). Tatsächlich belief sich der gesamte, bei ökonomischen Aktivitäten direkt und indirekt anfallende Ausstoß an Kohlendioxid in 2010 auf 889,9 Millionen Tonnen. Dieser Wert entspricht dem gesamten Kohlendioxid-Ausstoß im Inland (941,0 Mill. t) sowie dem indirekt durch die Importe induzierten Ausstoß (513,5 Mill. t) abzüglich den mit der Produktion von Exportgütern direkt und indirekt verbundenen Kohlendioxid-Ausstoß (564,6 Mill. t) (siehe Tabelle 7, Zeile 5 in Stahmer 2011). Er beträgt damit ungefähr das 35fache des natürlichen Kohlendioxid-Ausstoßes und zeigt, wie weit wir uns im Laufe der Menschheitsgeschichte von den ursprünglichen Werten entfernt haben. Um die umweltpolitischen Vorgaben zu erreichen, müsste er sich um fast das Vierfache verringern.

Eine Kombination der Bilanz der Körpergewichte in *Tabelle 2* und der Angaben über Körperumsätze in *Tabelle 3* ergibt folgende erweiterte Bilanz:

Anfangsgewicht	5 693,3
+ Körperinputs (einschl. Geburtsgewichte)	97 667,6
+ Zuzüge	57,4
- Fortzüge	49,1
- Sterbefälle	62,6
- Körperoutputs	97 598,2
= Endgewicht	5 708,4

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die gezeigten Größen nur einen sehr vorläufigen Rechenstand bedeuten können. Es wird nötig sein, für die endgültige Fassung dieses Beitrages aktuelle, nach Geschlecht und Alter differenzierte Schätzungen der Körperumsätze vorzunehmen.

Ausgangsgrößen für den vorliegenden Nachweis waren die Berechnungen, die in den 90er Jahren für die physische Input-Output-Tabelle 1990 (früheres Bundesgebiet) vorgenommen wurden (siehe Tabelle 11 in Stahmer et al. 1997, S. 43). Dabei wurde nicht nach Geschlecht und Alter differenziert. Die Bilanz der Körperumsätze für die gesamte Bevölkerung wurde in Millionen Tonnen mit einer Kommastelle ausgewiesen.

³ Diese Vorgaben beziehen sich auf die direkt und indirekt bei Produktions- und Konsumprozessen anfallenden Kohlendioxidmengen. Der natürliche Körperoutput an Kohlendioxid bleibt bei diesen Rechnungen unberücksichtigt.

In einem ersten Rechenschritt wurden die Angaben pro Person von 1990 nach 2010 fortgeschrieben. Dazu wurden für die Nahrungsmittel und eine entsprechende Größe bei den Outputs (feste und flüssige Reststoffe, geringer Teil des Wasserdampfes) die geschätzte Entwicklung des tatsächlichen Körpergewichts der Bevölkerung als Fortschreibungsfaktor herangezogen, für die übrigen Größen ein Schätzwert für die Entwicklung des Normalgewichts (Körpergröße in cm abzüglich 100). Es wurde geschätzt, dass sich die durchschnittliche Körpergröße von 170 auf 172 cm erhöht hat und damit das Normalgewicht von 70 auf 72 kg (+2,85 %). Das tatsächliche Körpergewicht erhöhte sich nach unserer Schätzung von 71,5 auf 75,6 kg (+5,7 %).

In einem zweiten Schritt wurde die Bevölkerungsentwicklung von 1990 (früheres Bundesgebiet) bis 2010 (Bundesrepublik Deutschland) berücksichtigt. Die so gewonnenen Gesamtgrößen der Körperumsätze für 2010 wurden nach Geschlecht und den beiden Altersgruppen aufgeteilt. Hierzu wurden wiederum für die Nahrungsmittelinputs bzw. die korrespondierenden Größen auf der Outputseite die Unterschiede bei den tatsächlichen Gewichten herangezogen, bei den übrigen Größen die Unterschiede bei den Normalgewichten, d.h. indirekt bei den Körpergrößen.

In *Tabelle 4* werden durchschnittliche Körperumsätze von einzelnen Bevölkerungsgruppen in der Bundesrepublik Deutschland gezeigt. Unterschieden werden Geschlecht und zwei Altersgruppen (bis 17 Jahre alt bzw. 18 Jahre und älter). Sie sind in *Tabelle 4* jeweils auf eine Person und einen Tag bezogen, um die Darstellung anschaulicher zu machen.

Nach den in *Tabelle 4* gezeigten ersten Schätzungen der Körperumsätze betragen die Durchschnittswerte für die Altersgruppe bis 17 Jahre weniger als die Hälfte der entsprechenden Werte für die Erwachsenen im Alter von 18 Jahren und mehr. Die Werte für die männlichen Personen lagen um fast ein Viertel höher als die entsprechenden Werte für die weiblichen Personen.

Insgesamt betrug der durchschnittliche Körperumsatz pro Person und Tag etwas mehr als 3 kg. Wird dieser Wert auf das Jahr bezogen, so ergeben sich 1,19 Tonnen. Das ist etwa das Siebzehnfache des durchschnittlichen Körpergewichts einer Person (69,8 kg), d.h. zur Aufrechterhaltung des Körpergewichts ist im Laufe des Jahres ungefähr das Siebzehnfache an Körperumsätzen nötig.

2.4 Zeitverwendung der Bevölkerung

Für die Aufgliederung der Körperumsätze nach Aktivitätsarten werden Daten über die Zeitverwendung der Bevölkerung herangezogen. Abgesehen von geringfügigen, aktivitätsspezifischen Korrekturen (siehe Abschnitt 2.5) werden

Tabelle 4: Körperumsätze der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland in der Gliederung nach Geschlecht und Alter 2010

pro Person und Tag in Gramm

Lfd. Nr.	Gegenstand der Nachweisung	Männliche Personen		Weibliche Personen		Insgesamt
		bis 17 Jahre alt	18 Jahre und älter	bis 17 Jahre alt	18 Jahre und älter	
		(1)	(2)	(3)	(4)	
1	Inputs Sauerstoff	388	853	291	699	712
2	Nahrungsmittel(ohne Getränke)	850	1 871	638	1 532	1 561
	davon:					
3	Ausgangswerte	849	1 868	637	1 530	1 559
4	Zu- bzw. Abnahme	1	3	1	2	2
5	Schwangerschaft
6	Wasser, Getränke	544	1 197	408	981	999
7	zusammen	1 782	3 921	1 337	3 212	3 272
8	Outputs feste, flüssige Reststoffe	782	1 721	587	1 411	1 436
9	Wasserdampf	537	1 180	402	966	985
10	Kohlendioxid	462	1 017	347	833	849
11	zusammen	1 781	3 918	1 336	3 210	3 270
12	Saldo Inputs abzüglich Outputs	+1	+3	+1	+2	+2
13	Nachrichtlich: Bevölkerung (Jahresdurchschnitt) in 1000	6 452	33 648	6 124	35 534	81 758

die Stunden, die von den Bevölkerungsgruppen für die verschiedenen Aktivitäten verwendet wurden, als Schlüssel für die Zuordnung der Körperumsätze verwendet.

Es werden in dem vorliegenden hochaggregierten Zahlenbeispiel nur drei Aktivitätsarten unterschieden:

1. Erwerbsbezogene Zeiten, zu denen neben den Erwerbsarbeitszeiten auch die Zeiten der Fahrten zum Arbeitsplatz gehören,
2. Nichtbezahlte Arbeit, auch Haushaltsproduktion genannt. Dazu gehören alle nichtbezahlten Tätigkeiten, die auch von Dritten wahrgenommen werden könnten: hauswirtschaftliche und handwerkliche Tätigkeiten, Kinderbetreuung und Altenpflege, Ehrenamt und andere soziale Aktivitäten,
3. Persönliche Aktivitäten, die neben Freizeitaktivitäten und Zeiten der physiologischen Regeneration auch Zeiten der Aus- und Weiterbildung umfassen, die nicht nur der eigenen Person, sondern auch der Gesellschaft zu Gute kommen.

Statistische Angaben zur Zeitverwendung der Bevölkerung liegen vor allem aus der Zeitbudgeterhebung des Statistischen Bundesamtes für 2002/03 vor. Sie wurden für Zwecke der sozio-ökonomischen Input-Output-Rechnung um Schätzungen für die Zeitverwendung von Kindern unter 12 Jahren und für die Personen in Anstaltshaushalten ergänzt (siehe Schaffer 2007 und 2008). Für das Berichtsjahr 2010 lagen lediglich Angaben über die Erwerbsarbeitsstunden von Frauen und Männern vor, die von dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung geschätzt wurden. Für die übrigen Zeitverwendungsangaben wurde angenommen, dass sich die Aufteilung der nicht-erwerbsbezogenen Zeiten seit der letzten Zeitbudgeterhebung nicht geändert hat.

Ohne Aufgliederung nach Altersgruppen habe ich Angaben für das Berichtsjahr 2010 über die Zeitverwendung von männlichen und weiblichen Personen in der Bundesrepublik Deutschland bereits im letzten Jahr veröffentlicht (siehe Stahmer 2011, Tabelle 2). Sie wurden übernommen und zusätzlich mit Hilfe der erwähnten früheren Berechnungen nach den zwei gewählten Altersgruppen (bis 17 Jahre alt, 18 Jahre und älter) aufgliedert.

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse. Ausgangsgrößen sind die jahresdurchschnittlichen Bevölkerungszahlen für 2010 (siehe Spalte 5). Multipliziert mit 8760 (24 Stunden x 365 Tage) erhält man die insgesamt zur Verfügung stehenden Stunden im Jahr (siehe Spalte 4). Insgesamt standen der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 716 Milliarden Stunden zur Verfügung. Davon entfielen ein Elftel auf erwerbsbezogene Zeiten, etwas weniger als ein Siebtel auf die nichtbezahlte Arbeit und die restlichen drei Viertel auf persönliche Aktivitäten, zu denen auch die nicht-aktiven Schlafzeiten gerechnet werden.

Tabelle 5: Zeitverwendung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 2010

Millionen Stunden

Lfd. Nr.	Bevölkerungsgruppen	Erwerbsbezogene Zeiten	Nichtbezahlte Arbeit	Persönliche Aktivitäten	Zusammen	Nachrichtlich: Bevölkerung in 1000
		(1)	(2)	(3)	(4)	
1	männlich bis 17 Jahre alt	287	1 376	54 857	56 520	6 452
2	18 Jahre und älter	38 368	35 730	220 658	294 756	33 648
3	zusammen	38 655	37 106	275 515	351 276	40 100
4	weiblich bis 17 Jahre alt	190	1 820	51 636	53 646	6 124
5	18 Jahre und älter	25 983	56 304	228 991	311 278	35 534
6	zusammen	26 173	58 124	280 627	364 924	41 658
7	insgesamt	64 828	95 230	556 142	716 200	81 758

Die Zeitverwendung der vier gewählten Bevölkerungsgruppen ist sehr unterschiedlich. Die erwerbsbezogenen Zeiten der männlichen Erwachsenen waren 2010 deutlich höher als diejenigen der entsprechenden Altersgruppe der weiblichen Personen. Umgekehrt entfielen auf weibliche Erwachsene wesentlich mehr Zeiten unbezahlter Arbeit als auf die Männer. Bei den Kindern und Jugendlichen im Alter von bis zu 17 Jahren waren die Zeiten von bezahlter und unbezahlter Arbeit nur sehr gering, ihre Zeitverwendung bestand fast ausschließlich aus persönlichen Aktivitäten, zu denen auch die Zeiten für Ausbildung rechnen.

2.5 Körperumsätze der Bevölkerung nach Aktivitätsarten

Die Daten von *Tabelle 3* und *Tabelle 5* können nun genutzt werden, um die Körperumsätze der Bevölkerung nach Aktivitätsarten zu schätzen.

Dazu werden die Angaben zu den Körperumsätzen in *Tabelle 3* mit den Zeitverwendungsstrukturen von *Tabelle 5* aufgegliedert. So wird der gesamte Sauerstoffinput der männlichen Personen bis 17 Jahre alt (913 700 Tonnen) mit der Relation 287 zu 56 520 aufgeteilt, um den Sauerstoffinput während der erwerbsbezogenen Zeiten zu ermitteln (4 600 Tonnen). Diese Rechnung wird nun für alle Bevölkerungsgruppen und alle Körperumsätze vorgenommen. Mathematisch gesehen wird die Matrix mit den Angaben von *Tabelle 3* mit der Matrix der Zeilenkoeffizienten von *Tabelle 5* multipliziert.

Tabelle 6: Körperumsätze der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland 2010 nach Aktivitätsarten

1000 t

Lfd. Nr.	Gegenstand der Nachweisung	Erwerbstätigkeit (einschließlich Fahrten zum Arbeitsplatz)	Haushaltsproduktion	Persönliche Aktivitäten	Zusammen
		(1)	(2)	(3)	(4)
	Inputs				
1	Sauerstoff	2 127,3	2 957,9	16 160,7	21 245,9
2	Nahrungsmittel (ohne Getränke)	4 572,8	6 358,4	35 667,2	46 598,4
	davon:				
3	Ausgangswerte	4 658,9	6 478,2	35 391,9	46 529,0
4	Zu- bzw. Abnahme	+6,8	+9,4	+51,0	+67,2
5	Aktivitätskorrektur	-93,1	-129,6	+222,7	0,0
6	Schwangerschaft	+0,2	+0,4	+1,6	+2,2
7	Wasser, Getränke	2 986,1	4 152,3	22 684,9	29 823,3
8	zusammen	9 686,2	13 468,6	74 512,8	97 667,6
	Outputs				
9	feste, flüssige Reststoffe	4 292,2	5 968,1	32 606,1	42 866,4
10	Wasserdampf	2 943,2	4 092,7	22 359,2	29 395,1
11	Kohlendioxid	2 536,9	3 527,6	19 272,2	25 336,7
12	zusammen	9 772,3	13 588,4	74 237,5	97 598,2
13	Saldo Inputs abzüglich Outputs	-86,1	-119,8	+275,3	+69,4

Das Ergebnis wird in *Tabelle 6* in der Aufgliederung nach Arten von Körperumsätzen und Aktivitätsarten dargestellt. Auf eine weitere Aufgliederung nach Bevölkerungsgruppen wurde im Interesse der Übersichtlichkeit der Darstellung verzichtet.

Spalte 4 von *Tabelle 6* mit den Angaben für die Bevölkerung insgesamt entspricht Spalte 5 von *Tabelle 3*. Zusätzlich wurde bei der Berechnung nach

Aktivitätsarten berücksichtigt, dass die Nahrungsmittelaufnahme während der Zeiten der persönlichen Aktivitäten auch im Stundendurchschnitt über derjenigen in den Zeiten der Erwerbstätigkeit und der Haushaltsproduktion liegen dürfte. Entsprechend wurde bei den Angaben für die Erwerbstätigkeit und die Haushaltsproduktion ein Abschlag in Höhe von 2 Prozent der Nahrungsmittelaufnahme vorgenommen und ein entsprechender Zuschlag als Ausgleichsposten bei den persönlichen Aktivitäten eingesetzt. Im Kontakt mit Experten und durch zusätzliches Literaturstudium müsste geklärt werden, inwieweit diese Korrekturen als realistisch einzuschätzen sind.

Tabelle 6 zeigt vor allem, dass die Körperumsätze bei der Erwerbstätigkeit und bei der Haushaltsproduktion im Verhältnis zu den entsprechenden Werten bei den persönlichen Aktivitäten als relativ gering anzusehen sind. Dies ist natürlich auf das sehr unterschiedliche Ausmaß der Zeitverwendung der Bevölkerungsgruppen zurückzuführen. Die Körperumsätze bei der Erwerbstätigkeit betragen knapp ein Zehntel der gesamten Körperumsätze, bei der Haushaltsproduktion fielen etwa ein Siebtel der Körperumsätze an. Auf beide Aktivitätsbereiche zusammen entfielen nicht einmal ein Viertel aller Körperumsätze.

3 Input-Output-Tabelle des menschlichen Metabolismus

Die Datenbausteine in den Abschnitten 2.1 bis 2.5 können nun genutzt werden, um eine Input-Output-Tabelle 2010 des menschlichen Metabolismus für die Bundesrepublik Deutschland zu erstellen (siehe *Tabelle 7*). Dabei werden – nach dem Vorbild der Darstellung von Günter Strassert (siehe Strassert 2004) – Bestands- und Stromgrößen miteinander kombiniert.

Grundsätzlich sind die Input-Output-Tabellen in drei Quadranten eingeteilt. Der sogenannte 3. Quadrant (in unserem Beispiel: *Tabelle 7*, Zeilen 9 bis 15, Spalten 1 bis 3) zeigt die Primärinputs, die das dargestellte System von außen erreichen. Der 1. Quadrant (Zeilen 1 bis 8, Spalten 1 bis 3) zeigt die systeminterne, intermediäre Nutzung, der 2. Quadrant (Zeilen 1 bis 8, Spalten 4 bis 9) enthält die Angaben für den letztlichen Verbleib außerhalb des Systems.

Die Input-Output-Tabelle des menschlichen Metabolismus wäre normalerweise ein Teilsystem der physischen Input-Output-Tabelle, die alle Materialströme im Zusammenhang mit menschlichen Aktivitäten beschreibt. Wird das System des menschlichen Metabolismus als unabhängige Systemeinheit dargestellt, so sind die Güter, die von den menschlichen Körpern als Nahrungsmittel oder Getränke genutzt werden, nicht mehr systeminterne Vorgänge, sondern müssen als von außen kommende Primärinputs behandelt werden. Entsprechend werden sie in den Zeilen 14 und 15, Spalte 1, im dritten Quadranten nachgewiesen. Sie

werden dann anschließend in den Zeilen 1 und 2 jeweils nach ihrer Nutzung auf die verschiedenen Aktivitätsarten (Spalten 1 bis 3) verteilt.

Die Spalten 1 bis 3 zeigen nun die Körperinputs der drei Aktivitätsarten, die bereits in Abschnitt 2.5 (Tabelle 6) dargestellt wurden. Zu den Inputs von Nahrungsmitteln und Getränken (Zeilen 1 und 2) kommt noch der Input von Sauerstoff (Zeile 13). Als Inputs der Gewichtsbilanzen werden auch der Anfangsbestand des Körpergewichts der Bevölkerung (Zeile 6) und das Gewicht der Immigranten (Zeile 11) herangezogen. Beide Angaben werden im Zusammenhang mit den persönlichen Aktivitäten (Spalte 3) nachgewiesen.

Zusätzlich werden in Spalte 3 auch Angaben über die Anzahl der Bevölkerung gezeigt, soweit sie im Zusammenhang mit der Gewichtsbilanzierung stehen. Um sie von den Angaben in 1000 Tonnen zu unterscheiden, werden sie in kursiver Schrift ausgewiesen. Zu den Inputs gehören der Anfangsbestand (Zeile 8), die Geburtsfälle (Zeile 10) und die Anzahl der Immigranten (Zeile 12). Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass das Gewicht der Geburtsfälle bereits in den Nahrungsmittelinputs der Aktivitäten enthalten ist, es wurde deshalb nur zur Information in Klammern aufgeführt (siehe Zeile 9).

Der zweite Quadrant (Spalten 4 bis 9) zeigt die Outputs der Körperbilanzen der drei Aktivitätsarten (Zeilen 3, 4 und 5). Dabei werden die Rest- und Schadstoffe nach drei Arten (feste und flüssige Reststoffe; Wasserdampf; Kohlendioxid) untergliedert (Spalten 7 bis 9). Hinzu kommen die Angaben über die Gewichte der Verstorbenen und der Emigranten (Spalten 5 bzw. 6). In Spalte 4 werden die Gewichtsveränderungen der Bevölkerung in 2010 nachgewiesen. Sie entsprechen bei den Aktivitätsarten der Erwerbstätigkeit und der Haushaltsproduktion Zeilen 3 und 4) den Salden der Körperbilanzen in *Tabelle 6*, Zeile 13. Bei den persönlichen Aktivitäten (Zeile 5) wird- wie bereits erwähnt – auch der Anfangsbestand der Körpergewichte und die Veränderungen ausgewiesen, die sich durch Zu- und Abgänge der Bevölkerung in 2010 ergeben haben. Entsprechend wird in Zeile 5, Spalte 4 nicht nur der Saldo der Körperumsätze der persönlichen Aktivitäten ausgewiesen, sondern auf der Inputseite auch der Anfangsbestand der Körpergewichte und die Gewichte der Immigranten berücksichtigt, auf der Outputseite die Gewichte der Verstorbenen und der Emigranten (in 1000 t):

Saldo der Körperumsätze der persönlichen Aktivitäten	275,3
+ Anfangsbestand	5 693,3
+ Gewicht der Immigranten	57,4
- Gewicht der Verstorbenen	62,6
- Gewicht der Emigranten	49,1
= Veränderung bei den persönlichen Aktivitäten	5 914,3

Tabelle 7: Input-Output-Tabelle des Metabolismus

Gewichtsgrößen in 1000 t

Lfd. Nr.	Outputs Inputs	Aktivitäten		
		Erwerbstätig- keit	Haushalts- produktion	Persönliche Aktivitäten
		(1)	(2)	(3)
	Erwerbstätigkeit			
1	Nahrungsmittel (ohne Getränke)	4 572,8	6 358,4	35 667,2
2	Wasser, Getränke	2 986,1	4 152,3	22 684,9
3	Körperumsätze (Outputs)			
	Haushaltsproduktion			
4	Körperumsätze (Outputs)			
	Persönliche Aktivitäten			
	Gewicht der Bevölkerung			
5	Körperumsätze (Outputs)			
6	Umbuchung des Anfangsgewichts			+5 693,3
	Anzahl der Bevölkerung			
7	Endbestand und Abgänge			
8	Umbuchung des Anfangsbestandes			+81 805
	Geburten			
9	Gewicht			(2,2)
10	Anzahl			678
	Immigranten			
11	Gewicht			57,4
12	Anzahl			799
13	Sauerstoff	2 127,3	2 957,9	16 160,7
14	Nahrungsmittel (ohne Getränke)	46 598,4		
15	Wasser, Getränke	29 823,3		
	Insgesamt			
	Gewicht			
16	Nahrungsmittel (ohne Getränke)	46 598,4		
17	Wasser, Getränke	29 823,3		
18	Körperumsätze (Inputs)	9 686,2	13 468,6	80 263,5
	Anzahl			
19	Anfangsbestand und Zugänge			83 282

der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland

Anzahl der Personen in 1000 (kursiv)

Veränderungen der Bevölkerung	Verstorbene	Emigranten	Rest- und Schadstoffe			insgesamt
			feste, flüssige	Wasserdampf	Kohlendioxid	
(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
-86,1			4 292,2	2 943,2	2 536,9	46 598,4 29 823,3 9 686,2
-119,8			5 968,1	4 092,7	3 527,6	13 468,6
5 914,3 -5 693,3	62,6	49,1	32 606,1	22 359,2	19 272,2	80 263,5
81 752 -81 805	859	671				83 282
						(2,2) 678 57,4 799 21 245,9 46 598,4 29 823,3
+15,1	62,6	49,1	42 866,4	29 395,1	25 336,7	x x x
-53	859	671				x

Die entsprechenden Bilanzwerte für die Anzahl der Personen werden in Zeile 7 gezeigt. Da auch hier der Anfangsbestand als Input in Spalte 3 nachgewiesen worden war, ergeben sich hier folgende Veränderungen (in 1000):

Anfangsbestand	81 805
+ Geburtsfälle	678
+ Immigranten	799
- Todesfälle	859
- Emigranten	671
Endbestand	81 752

Die gesamten Veränderungen bei der Gewichtsbilanz der Bevölkerung ergeben sich erst, wenn neben den Angaben für die persönlichen Aktivitäten (Zeile 5, Spalte 4) auch die Veränderungen bei den Aktivitäten der Erwerbstätigkeit und der Haushaltsproduktion berücksichtigt werden (Zeilen 3 und 4, Spalte 4). Als Endbestand der Bevölkerung ergibt sich dann in Gewichtseinheiten (1000 t):

Erwerbstätigkeit	-86,1
+ Haushaltsproduktion	-119,8
+ Persönliche Aktivitäten	5 914,3
= Endbestand der Gewichtsbilanz	5 708,4

Die Anfangsbestände der Gewichte und der Anzahl der Bevölkerung werden in Zeile 6 bzw. in Spalte 8 von Spalte 4 nach Spalte 3 umgebucht. Sie werden wie ein Vorratsabbau in der traditionellen Input-Output-Rechnung behandelt. Durch diese Umbuchung ist es gleichzeitig möglich, die gesamten Veränderungen an Gewicht und Anzahl der Bevölkerung aus Spalten summen in Spalte 4m Zeile 18 bzw. 19 nachzuweisen. Die Gewichte der Bevölkerung haben sich insgesamt um 15 100 Tonnen erhöht, die Anzahl um 53 000 (siehe dazu auch für die Anzahl *Tabelle 1*, Spalte 3, für die Gewichte *Tabelle 2*, Spalte 7).

4 Ausblick

Mit der Darstellung des Metabolismus der Bevölkerung im Rahmen einer physischen Input-Output-Tabelle wird die enge Verknüpfung von Naturvorgängen mit den Menschen als Lebewesen dokumentiert. Der vorliegende Aufsatz soll weitere Studien auf diesem Gebiet anregen, die vor allem die Datenbasis bei der statistischen Erfassung der menschlichen Körpervorgänge verbessern könnten.

Leider haben sich die physischen Input-Output-Tabellen mit ihrer vollständigen Darstellung aller Materialumwandlungen im Zusammenhang mit menschlichen Aktivitäten als Kernstück von umweltökonomischen Gesamtrechnungen nicht

durchsetzen können. Es blieb bei einzelnen sporadischen Rechnungen in einzelnen Ländern. Dabei liefern nur physische Input-Output-Tabellen die Möglichkeit, ein konsistentes Rechenwerk für alle physischen Vorgänge zu erstellen. Nur damit kann auch der eigenständige Charakter eines ökologisch orientierten Rechenwesens gewahrt bleiben.

Die physischen Daten sollten zunächst in einem konsistenten, umfassenden Rechenwerk erstellt und dann erst in einen Analysezusammenhang mit monetären oder auch mit Zeitgrößen gestellt werden. Doch die Aussichten für die prioritäre Erstellung von physischen Daten sind gering. Die Dominanz des ökonomischen Denkens mit seiner Betonung der Geldvorgänge ist auch auf dem Gebiet der Gesamtrechnungen immer noch ungebrochen.

Der vorliegende Aufsatz soll daran erinnern, dass es auch eine andere Sichtweise geben kann und vielleicht doch den einen oder anderen Statistiker anregen, der physischen Rechnung wieder einen höheren Stellenwert zu geben.

Literaturverzeichnis

Schaffer, Axel (2007): Aktivitätsmuster in der sozioökonomischen Input-Output-Tabelle 2000, in: Statistisches Bundesamt (Hrsg.), *Neue Wege statistischer Berichterstattung – Mikro- und Makrodaten als Grundlage sozioökonomischer Modellierungen*, Statistik und Wissenschaft, Band 10, Wiesbaden, S. 33 – 52.

Schaffer, Axel (2008): *Socio-Economic Impacts of Gender- and Generation-Specific Production and Consumption Patterns*, Nomos: Baden-Baden.

Stahmer, Carsten (2011): Modell einer Halbtagsgesellschaft mit Arbeitswerten und Ökosteuern, in: Internationale Forschungsgemeinschaft für Politische Ökonomie (Hrsg.), *EU am Ende? - Unsere Zukunft jenseits von Kapitalismus und Kommandowirtschaft*, Verlag am Park: Berlin, S. 92 – 126.

Stahmer, Carsten, Michael Kuhn und Norbert Braun (1997): *Physische Input-Output-Tabellen*, Schriftenreihe des Statistischen Bundesamtes: Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Band 1, Wiesbaden, Wiesbaden, August 1997.

Stahmer, Carsten und Günter Strassert (2002): Sachkapital und Physische Input-Output-Rechnung – Überlegungen zur Integration der Investitionsgüter in den Transformationsbereich einer Physischen Input-Output-Tabelle, in: Susanne Hartard und Carsten (Hrsg.), *Magische Dreiecke, Berichte für eine nachhaltige*

Gesellschaft, Band 3: *Sozio-ökonomische Berichtssysteme*, Metropolis: Marburg, S. 247 – 265.

Stahmer, Carsten, Georg Ewerhart und Inge Herrchen (2003): *Monetäre, Physische und Zeit-Input-Output-Tabellen, Teil 1: Konzepte und Beispiele*, Band 1 der Schriftenreihe Sozio-ökonomisches Berichtssystem für eine nachhaltige Gesellschaft, Endbericht des von Eurostat (Luxemburg) geförderten Forschungsprojekts, Wiesbaden, April 2003.

Strassert, Günter (2004): Erwerbstätige, Nicht-Erwerbstätige und Stoffwechselumsatz in der Physischen Input-Output-Rechnung, in: Susanne Hartard, Carsten Stahmer (Hrsg.), *Analyse von Lebenszyklen – Ergebnisse des 4. und 5. Weimarer Kolloquiums*, Band 5 der Schriftenreihe Sozio-ökonomisches Berichtssystem für eine nachhaltige Gesellschaft, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, S.119 – 128.

Stolzenberg, Heribert, Heidrun Kahl und Karl Bergmann (2007): Körpermaße bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys, in *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Band 50, S. 659 – 669.

United Nations (1993): *Integrated Environmental and Economic Accounting, Handbook of National Accounting, Studies in Methods, Series F, No. 61*, New York.