

Materialflussrechnung London

Benjamin Philip Sebastian Bongardt

Juni 2002

Bongardt, Benjamin 2002: *Materialflussrechnung London*. Social Ecology Working Paper 67. Vienna.

Social Ecology Working Paper 67

ISSN 1726-3816

Institute for Interdisciplinary Studies at Austrian Universities
Department for Social Ecology
Schottenfeldgasse 29
A-1070 Vienna
+43-(0)1-522 40 00-401
www.iff.ac.at/socec
socec.iff@unvie.ac.at

© 2002 by IFF – Social Ecology

Abstract

This dissertation quantifies the society's metabolism of Greater London in terms of material. Therefore a method for a regional material flow accounting (MFA) was developed and subsequently the accounting was carried out. The developed method agrees with the suggestions that are stated in the Eurostat publication "Economy-wide material flow accounts and derived indicators" (European Commission: Eurostat, 2001). Going into detail, various new approaches were developed to generate a consistent data file. The results of the accounting can be compared to nation-wide MFA that are done with the Eurostat method.

After describing the theoretical basics of society's metabolism and material flow accounting, it was on the one hand important to describe the various procedures to generate practicable datasets. On the other hand the results of the material flow accounting are discussed within the context of London as a Global City that is in physical dimensions dependent on a national and world economy.

The accounting is carried out for the most recent year for which data is available, the year 2000. It was not possible to cover a whole period of time, because of too much workload, the lack of exact datasets and limited time. Accounted are only the direct and the used flows. The latter are anyway of major importance for the metabolism of a city since Domestic Extraction is almost not existent. Equivalent datasets for other regions in the United Kingdom are available so that the developed method could be useful for other regional case studies.

The results show that London has, compared to national economies, high exports per capita, moderate imports per capita and very low Domestic Extraction. Waste is in large quantities exported and approximately 90 per cent of the used water is imported. Those facts show the dependence of a city on its environing other social systems and nature. Furthermore the Domestic Material Consumption is in comparison to national economies very low and indicates that a global city like London has externalised the material intensive processes (but still relies on their products and outcomes). The material flows (excluding water and oxygen) are presented in the figure below.

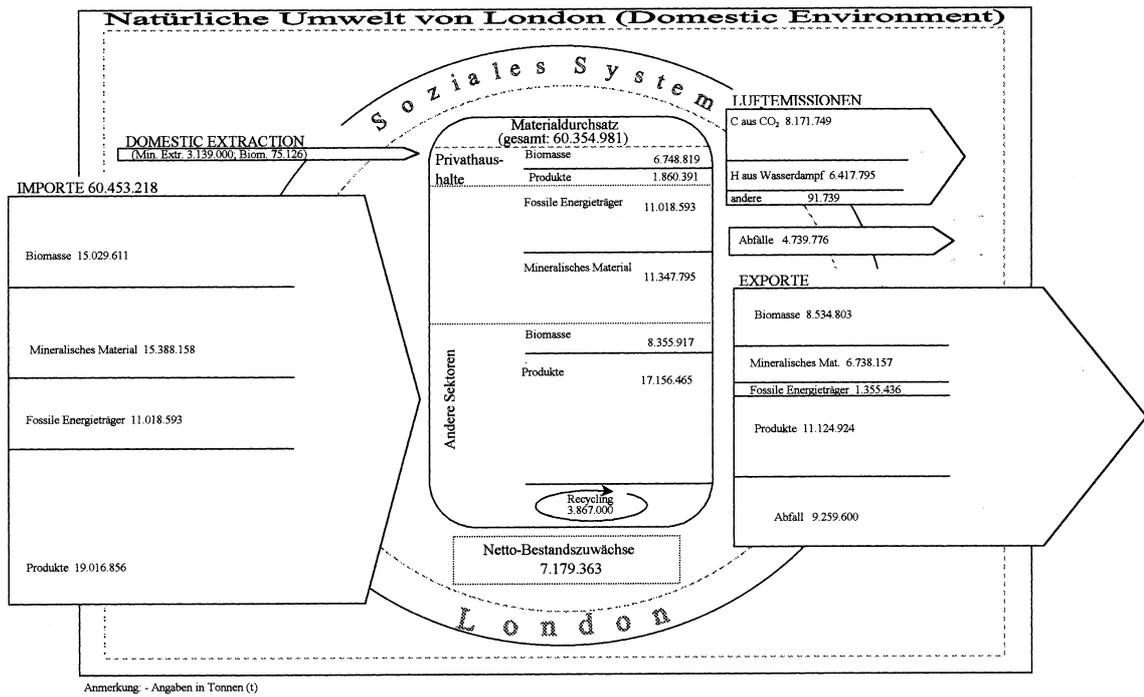


Figure A: Material flows of London in the year 2000 (excl. water & oxygen; all numbers in metric tonnes; source: own figure)

To create a complete picture of London's metabolism the calculation of the indirect flows and an energy flow accounting for the social system Greater London could be of interest since only a very small amount of secondary energy is generated within London.

INHALT

1. Einleitung.....	2
2. Konzeptklärung und Idee des Gesellschaftlichen Metabolismus	4
2.1. Die Methode der Materialflussrechnung	4
2.2. Stoffwechsel.....	4
2.3. Systembegriff.....	5
2.4. Gesellschaftlicher Metabolismus.....	6
2.5. Grundlagen und Voraussetzungen – Die Physik	8
2.6. Grundlagen und Voraussetzungen – Die Soziale Ökologie.....	9
2.7. Der Nutzen von Materialflussrechnungen	13
2.8. Environmental Accounting.....	16
2.9. Dimensionen der Materialflussanalyse	17
2.10. Systemgrenzen.....	18
2.11. MFA konzeptuell	22
2.12. SFA vs. MFA Unterschiede und Gleichnisse	22
3. Bisherige Materialflussanalysen von Städten.....	24
3.1. New York (Wolman, 1965)	25
3.2. Hong Kong (Boyden et al., 1981).....	26
3.3. St. Gallen (Baccini et al., 1993a).....	28
3.4. Wien (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996)	29
3.5. Amsterdam (Gorree et al., 2001)	30
3.6. Manchester (Douglas et al., 1999).....	32
4. London – ein methodischer Screenshot des Materialstoffwechsels im Jahr 200033	
4.1. Systemgrenzen der Stadt London	34
4.2. Einheit für die regionale MFA.....	37
4.3. Umrechnen, Berechnen, Abschätzen der Materialmengen.....	37
4.4. Quellen.....	40
4.5. Inputs und Outputs – Klassifikation	42
4.5.1. Inputs	43
4.5.1.1. Domestic Extraction	44
4.5.1.2. Importe.....	45
4.5.2. Outputs.....	45
4.5.2.1. Outputs an die lokale Natur (Outputs into the Environment [OiE])....	46
4.5.2.2. Exporte.....	46
4.6. Überblick der im Rahmen der vorliegenden Arbeit berechneten Materialflüsse	47
4.6.1. Grundprobleme bei Importen und Exporten für regionale MFA.....	49
4.6.2. Datenquellen für eine regionale MFA (Beispiel: London).....	50
4.6.2.1. Transportstatistiken.....	54
4.6.2.2. Biometabolismus- und Verbrennungsprozessberechnungen	57
4.6.3. Genauere Methodik für London	58
4.6.3.1. Domestic Extraction (Raw Materials)	59
4.6.3.1.1. Biomasse (Biomass)	60
4.6.3.1.2. Extraktion mineralischer Materialien (Mineral Extraction)	61
4.6.3.2. Importe.....	61
4.6.3.2.1. Importierte Rohmaterialien.....	62
4.6.3.2.1.1. Fossile Energieträger	62

4.6.3.2.2.	Material mit hohem Anteil an Rohmaterialien	67
4.6.3.2.2.1.	Baumaterialien (Construction Material)	67
4.6.3.2.2.2.	Importierte Biomasse	69
4.6.3.2.3.	Materialien mit einem hohen Anteil weiterverarbeiteter Güter	72
4.6.3.3.	Material Outputs	73
4.6.3.3.1.	Direkte Material Outputs in die Natur	73
4.6.3.3.1.1.	Abfälle	73
4.6.3.3.1.2.	Luftemissionen (Emissions to Air)	75
4.6.3.3.1.3.	Emissionen in das Wasser (Emissions to Water [EtW])	76
4.6.3.3.2.	Dissipative Nutzungen und Dissipative Verluste (Dissipative Uses/Losses)	77
4.6.3.3.3.	Exporte in andere Gesellschaftssysteme	78
4.6.3.4.	Stocks	78
5.	Wasser & Sauerstoff	79
5.1.	Input (Wasser)	80
5.2.	Output (Wasser)	82
5.3.	Unused Waterflows	82
5.4.	Sauerstoff	83
6.	Ergebnisse	83
6.1.	Vorbemerkung zu den Ausgangsdaten	83
6.2.	Ergebnisse der MFA London – alle Materialflüsse	86
6.3.	Ergebnisse der MFA London – die sonstigen Materialien allein	90
6.3.1.	Die Materialflüsse Londons	91
6.3.2.	Die Materialflüsse Londons im Vergleich zu anderen Studien	97
6.3.3.	Weitere inhaltliche Überlegungen	100
	Literatur	103
	Glossar	111
	Anhang	112

 ABBILDUNGEN

Abbildung 1: UK Satellitenbild bei Nacht.....	1
Abbildung 2: Stoffwechselsysteme	6
Abbildung 3: Abdeckungsbereich einer Materialflussrechnung	9
Abbildung 4: Grundschemata für die Klassifikation von Materialflüssen	11
Abbildung 5: Relevante Materialflüsse, Terminologie und Systemgrenzen (nationales Level).....	20
Abbildung 6: Stilisiertes Diagramm der Materialien von besonderem Interesse	23
Abbildung 7: Der tägliche Metabolismus von Hong Kong 1971 (in 1000t)	27
Abbildung 8: Der Metabolismus von Wien 1991 (in 1000 t).....	30
Abbildung 9: Der Metabolismus von Amsterdam 1998 (exklusive Wasser; in 1000 t).....	32
Abbildung 10: Die Boroughs von London (die Greater London Area) 1998, Bevölkerungsdichte in den Boroughs	36
Abbildung 11: Erfasste Materialien bei einer vollständigen MFA.....	43
Abbildung 12: Indikatoren, die aus einer MFA ableitbar sind	48
Abbildung 13: Erfasste Materialien bei der MFA London.....	49
Abbildung 14: Inner London vom Primrose Hill aus	59
Abbildung 15: Die Verladung von Abfällen zum Export in der City of London.....	75
Abbildung 16: Stockakkumulation durch Bautätigkeit in den Docklands	79
Abbildung 17: Wasserversorgungsunternehmen für Greater London.....	81
Abbildung 18: MFA London im Jahr 2000 (inklusive Wasser & Sauerstoff).....	87
Abbildung 19: MFA London im Jahr 2000 (exklusive Wasser & Sauerstoff).....	92
Abbildung 20: Ein Beispiel für Externalisierung: Export von gefüllten Abfallcontainern	102

TABELLEN

Tabelle 1: Terminologie der Materialflüsse des Inputs	21
Tabelle 2: Basisinformationen zu London.....	36
Tabelle 3: Erfasste Materialströme bei der MFA London.....	48
Tabelle 4: Datenquellen der MFA London.....	53
Tabelle 5: Zusammenfassung der Klassen der Transportstatistik in MFA relevante Klassen	55
Tabelle 6: Energie konsumierende Sektoren	63
Tabelle 7: Gesamte Inputs und Outputs von London im Jahr 2000	88
Tabelle 8: Materialflüsse des Recyclings (London im Jahr 2000)	89
Tabelle 9: DE und Importe der Gesellschaft Londons im Jahr 2000.....	93
Tabelle 10: London; sektorale Anteile an den Materialflüssen im Jahr 2000	94
Tabelle 11: DMI von London im Jahr 2000	95
Tabelle 12: DMI, Export, DMC und DMC/EW für London im Jahr 2000 (in t)	97
Tabelle 13: Importe und Exporte in t/EW*a für London, Österreich und das UK.....	98
Tabelle 14: Detaillierte Importe & Exporte für London, Österreich und das UK	99



Abbildung 1: UK Satellitenbild bei Nacht
Quelle: [Angabe nicht verfügbar]

1. Einleitung

Die Ökonomie der Stadt London als Global City und Steuerungszentrum der Weltwirtschaft hat auch im 21. Jahrhundert noch physische Dimensionen. Diese physischen Dimensionen versucht die vorliegende Arbeit zu quantifizieren. Es geht dabei um die Erfassung des von der Gesellschaft extrahierten, konsumierten und produzierten Materials. Die Stadtgesellschaft Londons zeichnet sich durch einen vollkommen verschiedenen gesellschaftlichen Metabolismus als Österreich aus, auch wenn sie eine genauso große Bevölkerung hat. Die Fragestellung, den gesellschaftlichen Metabolismus überhaupt quantifizieren zu wollen, begründet sich auf der Beobachtung, dass industrielle Gesellschaften durch den Einsatz von Rohstoffen und fossilen Energieträgern, sowie durch Kolonisierung der Natur einen hohen Materialverbrauch aufweisen. Diese Materialien stammen aus der Umwelt der Gesellschaft. So ein hoher Materialverbrauch nicht oder zu langsam nachwachsender Güter der Natur widerspricht damit dem Ziel, eine nachhaltige Entwicklung für unsere Gesellschaft und Umwelt zu erreichen. Eine Materialflussrechnung quantifiziert diesen Eingriff in die Natur und macht ihn messbar. Damit trägt eine Materialflussrechnung dazu bei, im Angesicht von Quellen- und Senkenproblemen gesellschaftlich zu verantwortende Flüsse aufzudecken und den Menschen aufzuzeigen, an welcher Stelle überhaupt große Eingriffe in die Natur stattfinden.

Veranschaulicht werden kann dieser Gedanke an einem Beispiel; Abbildung 1 zeigt ein nachts aufgenommenes Satellitenbild, durch welches dem Betrachter auf einfache Weise klar gemacht wird, wo ein sehr hoher sekundärer Energieverbrauch stattfindet. Ähnlich, dabei aber diversifizierter gibt eine Materialflussrechnung Auskunft über den Materialverbrauch einer Gesellschaft.

Dadurch kann es zu einem gezielten Monitoring der Materialflüsse kommen. Die Ergebnisse einer Materialflussrechnung liefern damit Indikatoren für eine Nachhaltige Entwicklung und allgemeine Informationen über den Eingriff und den Impact von Gesellschaften in bzw. auf ihre natürliche Umwelt. Eine regionale Materialflussrechnung hat den Vorteil, dass sie nicht nur hochaggregierte Daten auf nationaler Ebene liefert, sondern sich Besonderheiten der unterschiedlichen Ausprägungen von speziellen Gesellschaftsformen (z.B. Stadtgesellschaften) aufzeigen bzw. erkennen lassen.

Das Konzept des gesellschaftlichen Stoffwechsels beruht dabei darauf, eine Gesellschaft und deren Aktivitäten bzw. deren Teilsysteme, aus denen sie sich zusammensetzt, modellartig als Organismus zu betrachten. Ein Organismus hat einen bestimmten Durchsatz von Materialien, um seine lebenserhaltenden Funktionen aufrecht erhalten zu können. So wird dies in Analogie dazu auch von einer Gesellschaft angenommen. Die Materialflussrechnung erfasst diesen Materialdurchsatz, kategorisiert nach Materialklassen und bilanziert bzw. errechnet Materialinputs und -outputs.

Unter Berufung auf das Gesetz der Erhaltung der Masse ist es so möglich, mit Hilfe eines quantifizierten Materialflusses auf einer Seite (z.B. Input), mittels einer Bilanz auch statistisch nicht erfasste Ströme (z.B. auf der Outputseite) zu ermitteln.

In dieser Arbeit wird zunächst in Kapitel zwei genauer auf das Konzept des gesellschaftlichen Metabolismus und das Erfassungskonzept der Materialflussrechnung eingegangen. Im dritten Kapitel werden verschiedene bereits schon erstellte regionale Materialflussrechnungen kurz vorgestellt. Dabei werden auch methodische Unterschiede und Ansätze der einzelnen Autoren deutlich. Im Anschluss daran wird in Kapitel vier zunächst genau erläutert, wo die Systemgrenzen für London in dieser Studie liegen. Dies ist wichtig, um zu wissen, welche Werte in die Rechnung mit einbezogen wurden und welche Aussagen dadurch möglich sind. Kapitel vier geht dann im weiteren Verlauf ausführlich auf die Methodik zur Ermittlung der Materialflüsse auf regionaler Ebene (v.a. London) ein. Diese unterscheidet sich von der für landesweite Untersuchungen meist aufgrund der Daten, die zur Verfügung stehen. Dabei ist besonders zu beachten, wie mit den Daten umgegangen wird, bzw. wie diese umgerechnet und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dies ist so bedeutsam, weil das meiste regionale Datenmaterial nicht in Gewichtseinheiten und/oder der Logik einer Materialflussrechnung vorliegt.

Für das Vereinigte Königreich ist dabei von Vorteil, dass Transportstatistiken regional aufgeschlüsselt sind, die einen guten Überblick liefern. Daneben sind natürlich noch verschiedene andere Quellen genutzt worden.

Die Ergebnisse zeigen einen nach nationalen Vergleichsmaßstäben geringen Materialinput pro Kopf der Bevölkerung und einen relativ hohen Output von Produkten.

2. Konzepterklärung und Idee des Gesellschaftlichen Metabolismus

2.1. Die Methode der Materialflussrechnung

Der Materialflussrechnung (MFA) zugrunde liegen zweierlei Überlegungen: Die Beziehung zwischen zwei oder mehreren sozialen Systemen einerseits und das Konzept des Stoffwechsels andererseits. Die Materialflussrechnung, wie auch andere Methoden des Environmental Accounting, liefert eine Aussage über die Materialflüsse in eine Gesellschaft hinein und aus einer Gesellschaft heraus. Eine Gesellschaft wird dabei als System verstanden. Die Gesellschaft ist von ihrer Umwelt umgeben, welche sich zum Teil aus einer oder mehreren anderen Gesellschaften zusammen setzen kann. Es werden hierfür Gewichtseinheiten genutzt, wobei die Einheiten Tonnen (t) oder 1000t sich üblicherweise als passend erweisen. Der Begriff Gesellschaft steht dabei für eine sozioökonomische Einheit. Diese Einheit umfasst sowohl die Menschen, als auch Tiere, Pflanzen und Dinge (Gebäude, Produkte etc.), die ohne die Menschen sich nicht in ihrem Zustand so erhalten oder in ihrer Erscheinungsform und ihrem Auftreten entwickeln würden. Die Materialflüsse finden von dieser Einheit in deren Umwelt und umgekehrt statt. Dabei wird diese Einheit im Folgenden auch durch den Begriff soziales System beschrieben.

2.2. Stoffwechsel

Ein Materialfluss kann überhaupt nur stattfinden, wenn geklärt ist, was fließt und wo bzw. wodurch es fließt. Selbsterklärend ist die MFA dahingehend, als dass der Konsum von Materialien, modellhaft betrachtet, einen Fluss darstellt, bzw. genauer, diese etwas durchfließen oder durchströmen. Was Materialien in diesem Falle sind, wird später erläutert. Dies führt zu dem aus der biologischen Theorie übernommenen Konzept des Metabolismus oder Stoffwechsels. Der Metabolismus eines Organismus hält die lebenserhaltenden Funktionen durch den chemischen Auf- und Abbau von Stoffen oder Materialien aufrecht. Dazu muss eine ständige Zu- und Abfuhr dieser Stoffe gewährleistet sein. Quelle und Senke ist dabei die Umwelt des Organismus. Durch diesen Fluss sind sowohl Energieversorgung, Wachstum und Reproduktion als auch alle körperlichen

Funktionen und Strukturen gesichert. Im Laufe des Stoffwechselprozesses werden die zu verarbeitenden Materialien und Stoffe in ihrer Struktur und Zusammensetzung verändert und anschließend für die verschiedenen Anforderungen benutzt. Im Fall von Organismen z.B. werden die Nährstoffe verbrannt, um Energie zu erhalten. Ausgeschieden werden folglich andere Materialien und Stoffe als aufgenommen wurden. In der Biologie wurde der Metabolismus als Prozess von materiellem Austausch in einem Körper in Verbindung mit der Respiration in den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts diskutiert. Federführend waren hierbei Justus von Liebig und Julius Robert Mayer (Schandl and Schulz, 2001a). Nach den Gesetzen der Thermodynamik kann durch physikalische Veränderungen keine Masse verloren gehen, sondern nur umgewandelt werden (Schandl and Schulz, 2000). Wie Schandl und Schulz (2000) weiter zusammenfassen, bringen Karl Marx und Friedrich Engels 1867 erstmals das Wort Metabolismus in Zusammenhang mit der Interaktion von Mensch/Gesellschaft mit der Natur. Eingebaut in das Konzept, dass menschliche Arbeit die Grundlage für die Existenz einer Industriegesellschaft ist, berücksichtigt Marx auch die Rohstoffe als zu verarbeitende Materialien. Diese Materialien bilden folglich notwendige Mittel zum Zweck. Damit war grundlegend das metabolische Verhältnis von Gesellschaft und Natur wissenschaftlich erwähnt worden. Aber auch anders orientierte bzw. motivierte frühe Sozialwissenschaftler wie Herbert Spencer 1862 erwähnen die grundsätzliche Abhängigkeit des Fortschritts einer Gesellschaft vom Energieüberschuss (Fischer-Kowalski, 1998) und damit von Materialien.

2.3. Systembegriff

Abstrahiert man nun den Organismus als Einheit des Stoffwechselprozesses, liegt der Begriff des Systems nahe; der Organismus kann als offenes System beschrieben werden, welches eine klare physisch-chemische Abgrenzung seiner Umwelt gegenüber besitzt. Metabolismus steht für die Austauschbeziehung zwischen System und Umwelt. Stoffe verlassen die Umwelt, gelangen in das System Organismus, werden metabolisch verarbeitet und verlassen das System Organismus in umgewandelter Form wiederum in Richtung Umwelt. Erläuternd hierzu ist Abbildung 2.

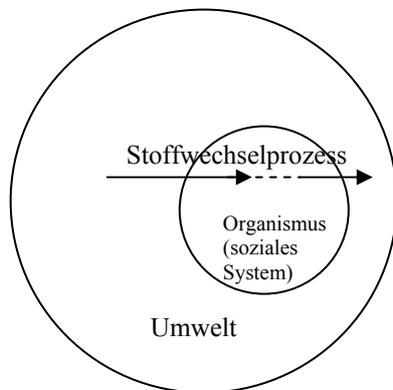


Abbildung 2: Stoffwechselsysteme

Quelle: Eigene Darstellung

Damit ist eine Beziehung zwischen den Systemen hergestellt. Das eine, hier im Zentrum der Betrachtung stehende, offene System kann nur durch Stoff- und Materialaufnahme¹ aus seiner Umwelt existieren. Auch der Mensch hat einen so funktionierenden Metabolismus.

2.4. Gesellschaftlicher Metabolismus

In der Biologie wird der Metabolismus eines Körpers unter anderem auch als Summe der metabolischen Prozesse in dessen Zellen beschrieben (Beck et al., 1991). Im Falle einer Materialflussrechnung ist es interessant, den Metabolismus einer Gesellschaft als Summe der metabolischen Prozesse ihrer Mitglieder und anderer physischer Kompartimente, die notwendig für das Existieren einer Gesellschaft sind, zu sehen (Fischer-Kowalski und Hüttler, 1999). Konkret geht es hierbei um den Material- und Energiestoffwechsel. Für eine sozial-metabolische Materialflussrechnung ist also im Gegensatz zur biologischen Sichtweise nicht der menschliche Körper von Wichtigkeit, sondern die menschliche Gesellschaft als Einheit oder System bzw. deren ökonomische Aktivitäten. Diese wird als ein offenes System betrachtet, das Materialien und Stoffe aufnimmt, in Prozessen verarbeitet oder speichert und wieder abgibt. Es werden Rohstoffe aufgenommen, z.B. zu

¹ bzw. Materialabgabe in das andere System oder die Umwelt

Nahrungsmitteln, Produkten und Energie weiterverarbeitet oder verbraucht und anschließend z.B. als Gase emittiert oder als Abwasser und Abfall abgegeben und verlassen damit das System Gesellschaft wieder. In der natürlichen Umwelt werden diese festen, flüssigen oder gasförmigen ehemaligen Output-Materialien und Stoffe über unterschiedlich lange Zeiträume wiederum weiterverarbeitet, so dass dies theoretisch zu einem Kreislauf führt. Werden diese Kreisläufe aufrechterhalten, kann man im ökologischen (Die Ökologie als die Wissenschaft der Lebewesen in Beziehung mit ihrer Umwelt) Sinne von nachhaltiger Entwicklung sprechen.² Fischer-Kowalski et al. (1997, S. 5) nennen den Stoffwechsel einer Gesellschaft, der mit natürlich regenerierbaren, d.h. erneuerbaren Ressourcen auskommt und diese auch produziert einen „basalen“ gesellschaftlichen „Metabolismus“. Beispiel hierfür wären Jäger- und Sammlergesellschaften, wie sie bis zur neolithischen Wende existiert haben (Fischer-Kowalski and Haberl, 1997). Der Stoffwechsel einer von fossilen Energieträgern und anderen Ressourcen (z.B. Erze) abhängigen Gesellschaft wird im selben Zusammenhang hingegen als „erweiterter Metabolismus“ bezeichnet. Der zentrale Unterschied liegt in der Nutzung von Material- und Energiequellen, die „außerhalb der aktuellen biosphärischen Kreisläufe“ gespeichert sind, sogenannte „nicht-erneuerbare Ressourcen“ (Fischer-Kowalski et al., 1997, S. 7). Agrargesellschaften speisen sich energetisch von Sonneneinstrahlung, nutzen aber bereits in geringem Umfang Materialien, die – außerhalb der biosphärischen Kreisläufe – in unterirdischen Depots gelagert sind (z.B. Eisen, Blei).

In Analogie zum Stoffwechsel der Körperzellen und des Körpers hat jeder Organismus und jede Gruppe von Menschen so einen Material durchsetzenden, individuellen und kollektiven Metabolismus. Auch für Tierpopulationen gilt dies. Neben der Besonderheit der Nutzung von nicht-erneuerbaren Ressourcen ist der zentral abgrenzende Unterschied von Gesellschaften gegenüber anderen Organismen der zielgerichtete und bewusst organisierte Ressourcendurchsatz. Hierzu werden natürliche Prozesse verändert bzw. deren Vorgänge zweckdienlich so eingesetzt, dass es zu einer besseren Ausnutzung der natürlichen Ressourcen kommt. Folglich steht der Metabolismus einer Industrie- oder Dienstleistungsgesellschaft nicht nur für die Exploration von Rohstoffen sondern auch für

² Diese Aussage bezieht sich in etwa auf eine Zeitdimension, die für eine Menschheitsgeneration bzw. deren Nachfolgende relevant ist.

die Veränderung natürlicher Systeme, wie z.B. in der Landwirtschaft (Schandl and Schulz, 2001a).

2.5. Grundlagen und Voraussetzungen – Die Physik

Das Prinzip des gesellschaftlichen Stoffwechsels (Society's Metabolism) (Fischer-Kowalski, 1998), 'Industrial Metabolism' (Ayres et al., 1994) oder 'Metabolism of the Anthroposphere' (Baccini and Brunner, 1991) baut konzeptuell auf den ersten beiden Hauptsätzen der Thermodynamik auf (Ayres et al., 1994).

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik (Entropiegesetz) besagt, dass in einem materiell und energetisch geschlossenen System die Entropie nur zunehmen oder gleich bleiben kann. Entropie meint hierbei das Erreichen eines ausgeglichenen Zustands aller Materie und Energie. Je mehr die Entropie zunimmt, desto mehr nimmt die Qualität der individuellen Unterschiede der Materialien ab. Anschaulich wird dies durch ein energetisches Beispiel für die Entropiezunahme: Ein Glas, gefüllt mit Wasser und Eiswürfeln, steht in einem von der Umgebung energetisch abgeriegelten warmen Raum. Die Eiswürfel schmelzen, das Wasser wird kälter, die Lufttemperatur des Raumes nimmt ab – kurz die Entropie nimmt zu, da sich die Zustände der im Raum befindlichen Materialien einander annähern. In Analogie dazu wird die heutzutage existierende Industriegesellschaft oder eine bestimmte Volkswirtschaft gesehen, die eine gewisse Qualität an Zuständen von Material entwickelt hat. Wandelte sie sich zu einem abgeschlossenen System ohne Material- oder Energiezufuhr (sprich: Rohstoff-/ Energieträgerzufuhr) nach den Grundsätzen der Thermodynamik, würde auch hier die Entropie zunehmen. Alle geschaffenen Bestände, wie intakte Gebäude oder Energiekraftwerke, könnten beispielsweise nicht mehr in ihrem Zustand aufrechterhalten werden, so dass dies zum Verfall und zur Disfunktion der Anlagen führen würde. Im Endeffekt würde es zu einer Erosion dieser Materialien kommen. Gesellschaftlicher Stoffwechsel, die Zufuhr von Energie und der Einsatz von Arbeit sind folglich nötig, um einer zunehmenden Entropie entgegenzuwirken (Fischer-Kowalski et al., 1997).

Grundlegend aber für das Verständnis der Modellvorstellung eines gesellschaftlichen Stoffwechsels ist der erste Hauptsatz der Thermodynamik, das Gesetz von der Erhaltung der Masse. Es besagt, dass Masse allein durch physikalische Umwandlung, z.B. Produktion

oder Konsumption, weder zerstört noch geschaffen werden kann und damit nur in unterschiedlichen Zuständen existiert.

2.6. Grundlagen und Voraussetzungen – Die Soziale Ökologie

Die soziale Ökologie beschäftigt sich als Wissenschaft mit Gesellschaft und deren Beziehungen zur Umwelt. Materialflussrechnungen sind für die Beschäftigung mit Gesellschafts-Umwelt-Beziehungen ein Lehrbuchbeispiel.

Die physikalischen Grundsätze werden in dieser Arbeit als Grundüberlegungen für die physischen Dimensionen sozioökonomischer Entitäten verwendet. Wird also die gesamte Materie, die eine Ökonomie benötigt, berücksichtigt, muss der Input von Materie in Gewichtseinheiten folglich dem Output entsprechen. Es kann allerdings auch zu Bestandsakkumulationen, wie Häusern, Kraftfahrzeugen etc. innerhalb des sozioökonomischen Systems kommen, so dass die Gleichung

$$total\ Inputs = total\ Outputs + Net\ Accumulation'$$

gilt (European Commission: Eurostat, 2001). Ein Bestandsaufbau findet dann statt, wenn Materialien länger als ein Jahr im System verweilen (Hüttler et al., 1996). Die so gewonnene Bilanz quantifiziert den gesellschaftlichen Stoffwechsel (vgl. Abb. 3).

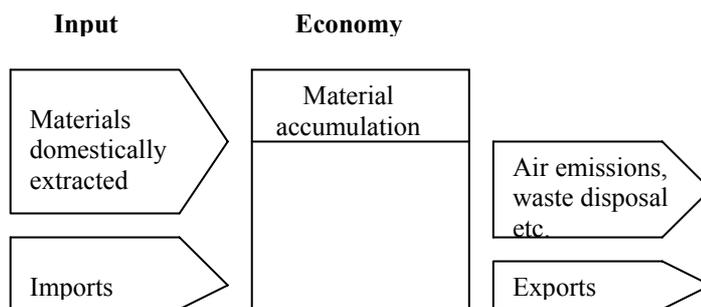


Abbildung 3: Abdeckungsbereich einer Materialflussrechnung

Quelle: (European Commission: Eurostat, 2001)

Der gesellschaftliche Material-Stoffwechsel kann mit Hilfe der Materialflussanalyse quantifiziert werden. Sie ist im Prinzip die physische Buchhaltung (Accounting) für die Gesellschaft-Umwelt-Beziehungen. Die Gesellschaft verursacht diesen Materialstoffwechsel durch Extraktion, Konsumtion und Produktion von Material. In der

Fachliteratur wird zwischen einer Bilanz von Materialien für ein System und für einen Fluss (Flow) unterschieden. In Abbildung drei wird eine Bilanz für ein System (in der Abbildung „Economy“ genannt) beschrieben. Eine Bilanz für z.B. fossile Energieträger, die in einer Ökonomie eingesetzt und verbraucht werden, stellt eine Bilanz eines Flusses dar. Hierfür gilt, entsprechend der systemischen Gleichung und den thermodynamischen Überlegungen, die Gleichung:

$$,origin = destination'$$

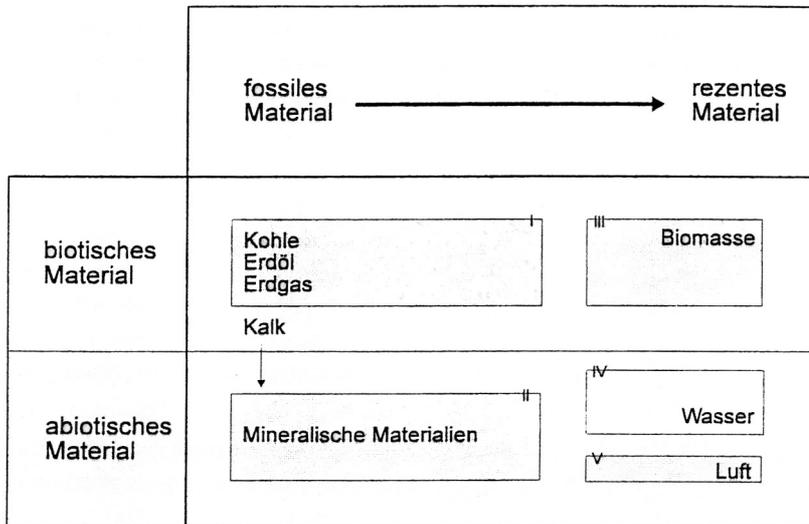
(European Commission: Eurostat, 2001).

Die hier gemeinten Gesellschaft-Umwelt-Beziehungen sind also physische Beziehungen. Es geht um den Austausch von Energie oder Materialien zwischen System und Umwelt. Die anthropozentrische Sichtweise dieser Austauschbeziehungen setzt das System Gesellschaft/Ökonomie dabei in den Mittelpunkt, um die Probleme und Implikationen einer von der natürlichen Umwelt, respektive deren Rohstoff- und Energiequellen, abhängigen Gesellschaft darzustellen und aufzudecken. Welche Flüsse von der Umwelt in das System Gesellschaft und umgekehrt finden statt? Können diese quantifiziert werden? Um Antworten auf diese Fragen zu erhalten, ist die Materialflussrechnung³ entwickelt worden. Sie ist allerdings darauf beschränkt, die materielle Dimension zu analysieren. Insbesondere geht es bei bisher veröffentlichten MFA darum, den Stoffwechsel von Industriegesellschaften zu erfassen (Fischer-Kowalski et al., 1997). Analog dazu gibt es Energieflussanalysen (EFA) (Fischer-Kowalski et al., 1997).

Materialien sind dabei alle flüssigen, festen und gasförmigen Substanzen, Verbindungen oder Dinge, wie z.B. Luft, Wasser, fossile Energieträger, Nahrungsmittel, Baumaterialien, Konsumgüter, Rohstoffe, halbfertige Güter etc. Um diese Materialien übersichtlich behandeln zu können, gilt es, sie in Klassen nach Merkmalen zu unterteilen. Übersichtlich und schlüssig ist dabei die Aufteilung, die in Hüttler et al. (1996, S. 19 ff) vorgenommen wird. Unterschieden wird hierbei nach Entstehungszeitpunkt: Es wird zwischen den Materialien, die über sehr lange Zeiträume hin entstanden sind (fossiles Material) und solchen, die innerhalb von einigen menschlichen Generationen wachsen oder entstehen können (rezentes Material) unterschieden. Es geht also um den Einsatz entweder fossiler Materialien oder rezenter Materialien. Dies zeigt die oberste Zeile in Abbildung vier. Die

³ Abkürzung MFA, aus dem Englischen Material Flow Accounting

erste Spalte unterscheidet zwischen biotischem und abiotischem Material, häufig auch als nachwachsend und nicht-nachwachsend bezeichnet.



Anmerkung: Die Unterscheidung „biotisch“ vs. „abiotisch“ bezieht sich auf den Ausgangsprozess der Materialbildung (biotisch = auf Lebewesen, auf Leben bezogen).

Abbildung 4: Grundschemata für die Klassifikation von Materialflüssen

Quelle: (Hüttler et al., 1996)

Geht man von jenen Materialien aus, die direkt aus der Natur entnommen werden und als Rohstoffe in das System gelangen, ist diese Darstellung konsistent und kann eine Ausgangsposition bilden. Handelt es sich aber um importierte, z.B. halbfertige Produkte, die zur Produktion genutzt werden, oder um fertige Konsumgüter, die nach dem Gebrauch wieder in veränderter Form in die Umwelt zurückgeführt werden, kann diese Unterteilung nicht in allen Bereichen aufrechterhalten werden, da in diesem Falle auch Produkte existieren, die sich aus den verschiedenen Rohstoffgruppen zusammensetzen. Dies ist besonders bei städtischen Materialflussrechnungen der Fall, da hier prozentual betrachtet nur wenig direkte Entnahme aus der Natur stattfindet. Allerdings kann bei einem hohen Industrieanteil die Nutzung von importierten Roh-Materialien recht hoch sein.

Die größte Unterscheidung ist wegen des hohen Anteils von Luft und Wasser die Unterscheidung von Luft, Wasser und „anderen Materialien“. Ausschlaggebend ist die damit verbundene schlechtere Vergleichbarkeit der Größe der anderen Materialflüsse. Die anderen oder sonstigen Materialien können nach dem Verarbeitungszustand in Roh-Materialien, halbverarbeitete Materialien und verarbeitete Materialien unterschieden werden. Dabei sind die Roh-Materialien in „Mineral Materials“, „Biomass“ und „Fossil

Energy Carriers“ einteilbar (Schandl and Schulz, 2001a, S. 11). Auf eine feinere Einteilung wird an dieser Stelle verzichtet. Zusätzlich wird bei Produkten (Nicht-Rohstoffe) in Produktklassen nach Herkunft oder Verarbeitungszustand unterschieden (z.B. Getränke, Lebensmittel, Möbel, Fahrzeuge, Elektronikartikel, Verbrauchsgegenstände, Sand und Kies, Steine, Holz etc.). Dies wird individuell im Teil der Fallstudie London vorgenommen. Für eine international standardisierte Klassifizierung siehe auch den Anhang von European Commission: Eurostat (2001).

Die Analyse des Stoffwechsels industrieller Gesellschaften deckt zwei Problemkategorien auf. Auf der Input Seite steht hier die Ressourcenknappheit und auf der Outputseite die Aufnahmefähigkeit von Abfällen und Schadstoffen durch die Senken in der natürlichen Umwelt (Schandl and Schulz, 2000).

Bei der physischen Bilanzierung von Materialien geht es prinzipiell darum, den materiellen Einsatz darzustellen. Das physische Buchhalten (Physical Accounting) von gesellschaftlich genutzten Materialien existiert auch heute schon zusätzlich zu sonstigen ökonomischen Statistiken. Ökonomische Statistiken von Volkswirtschaften (Nationen, wirtschaftliche Staatenbünde) informieren umfassend über wirtschaftliches Wachstum, Außenhandel etc. mit monetären Finanzstatistiken. Einige physische Bilanzen werden aber mit diesen Statistiken auch nicht indirekt wiedergegeben. Der Wasserbedarf und das Abwasseraufkommen sind beispielsweise in keiner ökonomisch-monetären Statistik enthalten. Dennoch können viele Werte einer MFA von der laufenden und etablierten ökonomisch-monetären Statistik direkt oder indirekt durch Umrechnung oder Berechnung gewonnen werden. Sie dient somit als wichtigster Datenlieferant. Die Materialflussrechnung stellt also die Kombination der Daten aus den monetären Statistiken und anderen Quellen, in diesem Beispiel von Wasserverbänden oder -behörden dar. Das Aufstellen von Materialflussrechnungen und deren Integration in die öffentliche Statistik gibt folglich Aufschluss über die physisch-ökologische Dimension gesellschaftlichen Handelns, ist jedoch nur in wenigen Bereichen und Staaten bereits Wirklichkeit. Materialbilanzen sind notwendig für die Lieferung von Hintergrundinformationen über die physische Dimension von Ökonomien; diese Bilanzen dienen der laufenden Beobachtung und als Monitoring-Werkzeug für die Implikation nachhaltiger Entwicklung (Sustainable Development). „Offiziell“ eingeführt in die Diskussion über die Auswirkungen

wirtschaftlichen Handelns industrieller Gesellschaften wurde das Begriffspaar Sustainable Development erstmals im sogenannten Brundtlandreport und gewann an Wichtigkeit nach der Konferenz von Rio de Janeiro im Jahre 1992 durch dort gestartete UN Agenden (World Commission on Environment and Development, 1987). Ein methodologischer Führer für die Implikation in der EU ist kürzlich veröffentlicht worden (European Commission: Eurostat, 2001). In einigen wenigen Staaten sind regelmäßige Materialbilanzen auf nationaler Ebene bereits eingeführt. Deutschland, Österreich, sowie auch die Industrienation Japan können in diesem Falle erwähnt werden (Fischer-Kowalski et al., 1997; Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999).

2.7. Der Nutzen von Materialflussrechnungen

Mehrmals indirekt oder direkt angesprochen, ist die Materialflussrechnung ein Werkzeug zur Quantifizierung und Beobachtung von Eingriffen der menschlichen Gesellschaft in die Natur. Der Begriff nachhaltige Entwicklung und das, was damit in Verbindung gebracht wird, hat in politischen und gesellschaftlichen Diskussionen einen festen Platz gefunden und ist in den sogenannten Industrienationen, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß, gesellschaftsübergreifend präsent und einigt politische Meinungen flügelübergreifend. Dennoch sind die Definitionen von nachhaltiger Entwicklung in den letzten Jahren mehr und mehr geworden, wobei der Begriff Gefahr läuft, inhaltsleer zu werden. Der Gedanke, der hinter der nachhaltigen Entwicklung steht, ist die Motivation, humane Lebensbedingungen und Lebensverhältnisse für gegenwärtige und vor allem auch nachfolgende Generationen zu garantieren. Dies gilt auch für die Zustände der natürlichen und zum Großteil kulturell überprägten Umwelt (neben sozialen und wirtschaftlichen Belangen) menschlicher Gesellschaften. Um zukünftige Entwicklungen und Ausmaße sozioökonomischen Handelns abschätzen, aktuelle Screenings durchführen und historische Veränderungen verfolgen zu können, bietet die Erforschung des gesellschaftlichen Stoffwechsels wichtige Möglichkeiten. Sie trägt deshalb dazu bei, nachhaltige Entwicklung zielgenauer zu bestimmen.

Materialbilanzen, wie die Materialflussrechnung oder physische Input-Output Tabellen (Physical Input-Output Tables, kurz PIOT), sind Werkzeuge zur Darstellung des

Metabolismus einer Volkswirtschaft.⁴ PIOTs lösen Daten, dem Beispiel der monetären Input-Output Tabellen folgend, auf. Durch die Daten einer Materialbilanz sind grundlegende Informationen geschaffen, die verschiedene Beobachtungen zulassen: Die Aufdeckung (bzw. die Möglichkeit zur Aufdeckung) der versteckten Flüsse (Hidden Flows, siehe Kapitel 2.10.) und das Wissen über direkte Flüsse ermöglicht, die, von Schmidt-Bleek in die Diskussion gebrachten, „ökologischen Rucksäcke“ ökonomischen Handelns zu beschreiben; ein ökologischer Rucksack ist jene Masse an Materialien, die außerhalb einer abgegrenzten Ökonomie bewegt werden musste, um ein Importgut (oder ein der Natur direkt entnommenes Gut) zur Verfügung zu stellen (Fischer-Kowalski et al., 1997). Dies beinhaltet beim Erzabbau z.B. die Masse der gesamten bewegten Erde, die zur Erzgewinnung nötig war, wie auch die abgetragene Erde, die den Tagebau als Deckschicht behindert hat. Ein ähnliches Maß ist der ökologische Fußabdruck, der die benötigte Fläche, nicht das Gewicht, zur Herstellung eines Importgutes beschreibt. Das Ausmaß der Ressourcennutzung und damit auch die Ressourceneffizienz, wie die Diskussionen um Faktor 4 bzw. 10, wird mit der Bilanzierung von Materialien erkennbar. Dass auf internationaler Ebene der Nutzen von der Darstellung des gesellschaftlichen Metabolismus gefordert ist, zeigt folgendes Zitat:

„Also, the EU Environmental Headline Indicators and the United Nations’ indicators for Sustainable Development include a resource use or material consumption indicator based on a material balance approach.“ (European Commission: Eurostat, 2001, S. 9).

In der selben Veröffentlichung werden ähnliche Absichten zitiert, um Environmental Accounts in den EU Statistiken zu verankern.

Viele Daten für z.B. nationale MFA oder andere Bilanzen werden bereits anderweitig statistisch erhoben. Diese und zusätzliche Daten für eine Umweltbuchhaltung (das sogenannte Environmental oder Physical Accounting) einheitlich und übersichtlich zu erfassen und zusammenzustellen, bietet neue Möglichkeiten. Wie schon angesprochen, werden Struktur und Wandel von der physischen Dimension gesellschaftlichen Metabolismus über gewisse Zeiträume deutlich. Bruttoinlandsprodukt und andere sozioökonomische Indikatoren können in Verbindung mit Ressourcenverbrauchsindikatoren neue Indikatoren über ressourcengebundene

⁴ Da die internationale MFA Literatur zum Großteil englischsprachig ist und die wissenschaftlich-öffentliche Diskussion auf Englisch geführt wird, stammen die gebräuchlichen Abkürzungen von den englischen Bezeichnungen. Ich verwende in dieser Arbeit folglich auch die englischen Begriffe und die entsprechenden Akronyme.

Produktivität oder Effizienz liefern. So wird im Vergleich zum Bruttoinlandsprodukt der Direct Material Input (DMI) (siehe Kapitel 2.10.) als Indikator für den Materialverbrauch einer Gesellschaft gesehen (Schandl and Schulz, 2000); dies steht als Gegenbegriff zum BIP, das Informationen über erwirtschaftete Güter und Dienstleistungen einer Gesellschaft liefert. Somit können demographische Daten zusammen mit dem Physical Accounting Indikatoren über die Materialintensität von Lebensstilen informieren. Rückschlüsse auf die Landnutzung, die mit Importen von Materialien zusammenhängt, werden gleichzeitig möglich (European Commission: Eurostat, 2001). Zusammenfassend formulieren Schandl & Schulz (2000):

“The aim of Material Flow Accounting is to draw a complete picture of the physical dimension of a social system by capturing all material flows driven by these systems activities” (S. 1).

Aber nicht nur die Darstellung des Ressourcen-, Material- und Flächenaufwandes, also Rückschlüsse auf der Inputseite, des gesellschaftlichen Stoffwechsels sind vereinfacht operationalisierbar durch die MFA, sondern auch Möglichkeiten zur Weiterverarbeitung der Outputdaten. Durch die Quantifizierung der Überreste des Stoffwechsels werden tatsächliche Abfall- und Emissionsmengen bilanzierbar und damit normalerweise nicht messbare/gemessene Mengen durch die Berücksichtigung des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik abschätzbar. Es wird absehbar, wo die sogenannten ‚End-of-Pipe-Technologien‘ verbessert, bzw. eingeführt werden müssen. Die eng mit der MFA verwandte Stoffflussanalyse kann auf einer MFA problemlos aufbauen (Fischer-Kowalski et al., 1997; Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999). Die Stoffflussanalyse (SFA) fokussiert auf den Verbleib bestimmter chemischer Elemente (Stoffe), benötigt aber grundsätzlich ebenso Materialflüsse, in der entsprechenden Literatur auch als *Güterflüsse* bezeichnet, als Hintergrundinformation, um Stoffmengen erfassen zu können (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1994).

Das Hauptaufgabenfeld der Materialflussanalyse liegt (bzw. wird liegen) also im zur Verfügung stellen von Daten und Indikatoren, um vor allem politische Maßnahmen zu leiten und zu überwachen, aber auch um wissenschaftliche Fragestellungen zu ermöglichen.

2.8. Environmental Accounting

Die Begriffsklärung ist wichtig innerhalb des Environmental Accounting, so dass ein Umgang mit den Daten und Vorgängen möglichst unverwechselbar, einfach und nicht arbeitsaufwendig verläuft. Die Buchhaltung von Materialflüssen (Material Flow Accounting) versteht sich dabei als Untereinheit des Environmental Accounting. Innerhalb des Material Flow Accounting wird zwischen den schon erwähnten Physical Input-Output Tables (PIOT), Materialbilanzen und der allgemeinen Materialflussrechnung unterschieden. In der Hierarchie der Genauigkeit stehen dabei die PIOTs an höchster, die MFA an niedrigster Stelle. Erstere geben die Daten in Materialkategorien und nach Produktionszweigen, also nach sozialen Aktivitäten, sowohl auf der Input- als auch auf der Outputseite wieder. Materialbilanzen quantifizieren Inputs, Outputs und Bestände/Speicher meist einer Volkswirtschaft, aggregieren also Informationen aus den hochaufgelösteren PIOTs, listen aber dennoch die einzelnen Produktklassen auf. Die Lebenszyklusanalysen (Life-cycle-assessment) untersuchen den Weg eines speziell ausgesuchten Materials und die eventuell damit verbundenen Materialaufwendungen. Das Material und die Prozesse werden „von der Wiege bis zur Bahre“ (from the cradle to the grave) beobachtet bzw. quantifiziert. Ähnlich zu den PIOTs werden zum Teil auch Untersuchungen über den Materialaufwand einzelner Wirtschaftsbranchen oder Dienstleistungen gestartet. Beispielsweise wäre dabei der Materialinput, der für die petrochemische Industrie notwendig ist, zu quantifizieren. Die Ermittlung von MIPS (material input per service unit) bezieht sich auf die Materialintensität, die nötig war, um ein gewisses Produkt (oder halbfertiges Produkt etc.) zu produzieren (Gorree et al., 2001) und ist damit ein relativer Indikatorwert.

Für die MFA ist charakteristisch, dass diese dann angewendet wird, wenn nicht alle Daten vorhanden oder nutzbar sind und zur Komplettierung der Massenerhaltungssatz angewendet werden muss. Dies ist z.B. häufig der Fall, wenn Emissionen oder Abfälle, sprich Registrierungen auf der Outputseite nicht genau erfasst sind (European Commission: Eurostat, 2001). Die MFA wird zumeist auf nationaler Ebene ausgeführt. Im Prinzip sollte gewährleistet sein, dass Daten aus einer PIOT in einer MFA verwendet

werden können, es sollte untereinander eine Kongruenz bestehen. Die Daten der physischen Dimension der Ökonomie sollten, wenn möglich, mit den Datenerhebungen der lang etablierten monetären Ökonomie übereinstimmen. Dies ist bis zu einem gewissen Grad der Fall, da ja auch der Großteil der physischen Daten von der monetären Statistik stammt, eine totale Übereinstimmung kann jedoch nicht immer gewährleistet sein, da es sonst beim Environmental Accounting zum beispielsweise doppelten Erfassen ein und des selben Materialflusses kommen kann. Da die monetäre Statistik zu einem anderen Zwecke erfasst, kann dies durchaus passieren und muss beachtet werden. Wichtiger für monetäre Statistiken sind Preisunterschiede und –veränderungen. PIOTs können aber auch in einigen Fällen andere Systemgrenzen aufweisen als eine MFA, die für dasselbe Territorium erstellt wurde. Solange dies deutlich gemacht und begründet wird, ist das möglich, da die Input-Output Tabellen meist einen anderen Sinn und Zweck verfolgen, wie z.B. die Quantifizierung von Materialströmen für verschiedene soziale oder ökonomische Aktivitäten, wie z.B. die Stahlproduktion (Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999).

2.9. Dimensionen der Materialflussanalyse

Materialflüsse können auf unterschiedlichen Skalenniveaus erfasst werden. Ziel ist es ja, die Flüsse zwischen einer gegebenen Ökonomie und der Umwelt aufzuzeigen. Die Ökonomie bzw. Gesellschaft kann aus praktischen Gründen der Machbarkeit nominal klassifiziert werden; es gibt vier Haupteinsatzbereiche für die Anwendung einer Materialflussanalyse. Dies sind die globale Ebene, die nationale Ebene, die großregionale Ebene (z.B. wirtschaftliche Staatenbünde mit gemeinsamen Binnenmärkten: EU, NAFTA etc.) und die regionale Ebene. Normalerweise sind auf diesen Ebenen ausreichend ökonomische Daten verfügbar, um zumindest eine MFA zu erstellen. Auf globaler Ebene kann das sozioökonomische System als die gesamte Anthroposphäre gesehen werden, wobei in diesem Fall die gesamte Geo-Biosphäre deren Umwelt verkörpert. Großregionale MFA sind z.B. dann gut durchführbar, wenn klar definierte ökonomische Einheiten, die auch Daten erfassen, bestehen, wie dies z.B. bei der EU der Fall ist. Ähnliches gilt für die nationale Ebene, die sicherlich weltweit die beste Datenlage aufweist, so dass gut Vergleiche oder Kopplungen der Systeme möglich sind. Das Ergebnis der regionalen Materialflussanalyse ist stark davon abhängig, als wie einfach es sich erweist, zuverlässige

und miteinander kombinierbare und konsistente Datensammlungen zu bekommen. Regionale Materialflussanalysen können sowohl für ländliche Regionen, als auch für Städte, sowie für z.B. Städte und deren ‚Hinterland‘, welches sie versorgt, erstellt werden (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1998).

2.10. Systemgrenzen

Die einfacher zu ziehende Systemgrenze ist die, die für Importe und Exporte gilt. Ein sozioökonomisches System, das es zu untersuchen gilt, ist durch seine politisch-administrativen Grenzen, sein Territorium, gegenüber anderen sozioökonomischen Systemen abgegrenzt. Vor allem wegen der guten Verfügbarkeit von Daten hat sich dieser Konsens gebildet (European Commission: Eurostat, 2001). In der vorliegenden Studie gilt diese politisch-administrative Grenze auch für die natürliche Umwelt insofern, als dass das System in Richtung natürliche Umwelt verlassende Materialien als Exporte betrachtet werden, wenn sie im Gebiet eines anderen sozioökonomischen Systems in der Umwelt entsorgt werden. Dies gilt z.B. für Abfälle, die auf Deponien außerhalb der politisch-administrativen Grenzen deponiert werden.

Aus der Beschreibung der drei nicht globalen Ausführungsweisen der MFA ging bis jetzt nicht eindeutig hervor, wo das System Gesellschaft anfängt und wo es endet. Diese Formulierung meint die Grenze zwischen sozioökonomischem System, dessen Stoffwechsel es zu erfassen gilt, und dessen biophysischer Umwelt. Was gehört noch zur Volkswirtschaft, was noch zur Umwelt? Vor allem bei den Lebewesen kommen dazu Fragen auf. Für diese gilt auch, dass der Metabolismus eines Systems gleich der Summe der einzelnen Metabolismen der Subsysteme und deren Austausch untereinander ist. Beispielsweise herrscht mittlerweile als Antwort auf eine solche Frage Einigkeit darin, dass Haustiere, die zur Nahrungsmittelversorgung des Menschen dienen, zum sozialen System gehören und nicht zur Umwelt. Kulturpflanzen sowie Forste (Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999) dagegen gehören der Natur an, so dass die Materialien erst bei der Ernte ins soziale System gelangen. Konsens besteht darüber, zwischen direkten Entnahmen aus der Natur (Domestic Extraction) und Importen (Imports) aus anderen Volkswirtschaften zu unterscheiden. Passierte die Entnahme aus der Natur, wie z.B. das Fördern von Rohöl, in einer anderen Nationalökonomie und wurde das Material, ohne genutzt zu werden, direkt

exportiert, gilt es folglich als Import in die untersuchte Volkswirtschaft. Die Domestic Extractions (Naturentnahmen) und Importe zusammen werden allgemein als Direct Material Input (DMI) bezeichnet. Eine entsprechende Unterteilung findet für Materialien statt, die das System Gesellschaft wieder verlassen. Solche, die Einzug in andere Gesellschaftssysteme halten, werden als Exporte (Exports) bezeichnet. Z.B. Abfälle, die auf dem administrativen Gebiet (Territorium) gelagert werden, oder auch gasförmige Emissionen, also alles, was die Gesellschaft in Richtung Umwelt verlässt und nicht weiter zur Konsumtion oder Produktion genutzt wird, wird als Domestic Output oder Residual bezeichnet.⁵ Diese Systemdefinitionen entsprechen denen des Eurostatguide. Das Viehfutter gilt also als Input, das Verteilen von Gülle auf Felder jedoch als Output. Genauso gilt die Ernte von Holz, Korn und Stroh als Input, Fleisch aus Tierhaltung z.B. jedoch als Transfer innerhalb der Gesellschaft. Außerdem werden in dieser Studie sämtliche Bestände, wie Häuser, Strassen und Autos als zugehörig zum sozioökonomischen System gezählt; die Materialien, die zur Erhaltung dieser benötigt werden, tragen folglich zum gesellschaftlichen Metabolismus bei.

Die schwierigste Abgrenzung ist bei den Materialien Wasser und Luft zu treffen. Beide Materialien stellen bei industriellen Gesellschaften 85% bis 90% der Materialflüsse durch die Gesellschaft dar (Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999). Aus diesem Grunde werden sie im Allgemeinen separat erfasst, um den übrigen Materialverbrauch nicht zu verdecken. Diese Studie wird auch versuchen, soweit es möglich ist, so vorzugehen. Das Wasser, das in den genutzten Materialien in natürlicher Form vorhanden ist, ist im Materialgewicht beinhaltet und wird jedenfalls mitbilanziert. Wenn der Wassergehalt dieser Materialien (z.B. Nahrungsmittel) für Bilanzierungen abgeschätzt werden muss, wird hierbei auf allgemeine Erfahrungswerte zurückgegriffen (Fischer-Kowalski et al., 1997). In Abbildung 5 sind die oben beschriebenen Systemgrenzen für eine Nationalökonomie dargestellt.

⁵ In der vorliegenden Arbeit werden Haustiere (also auch Viehbestände) zur Volkswirtschaft gezählt, Kulturpflanzen und Wälder dagegen nicht.

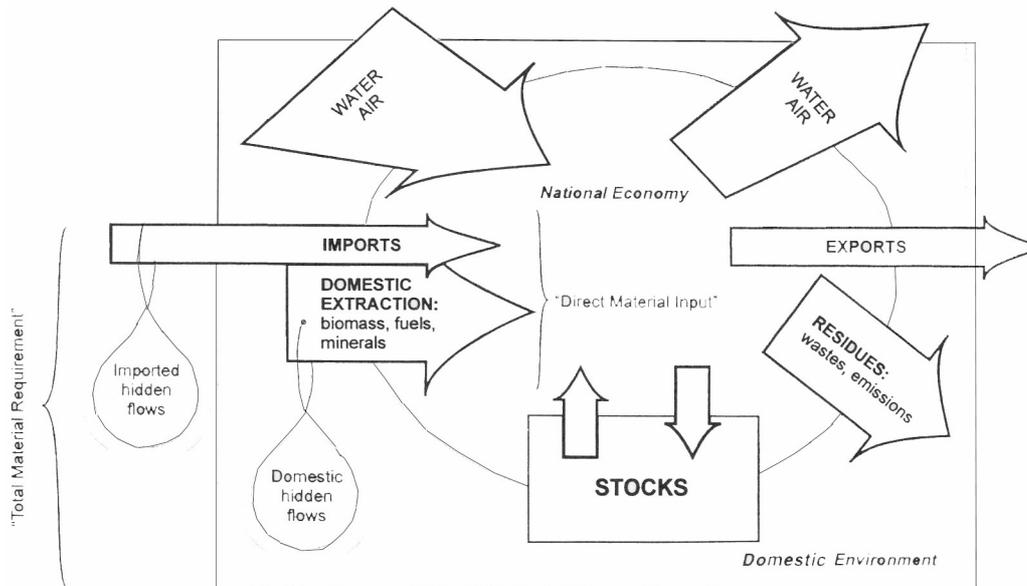


Abbildung 5: Relevante Materialflüsse, Terminologie und Systemgrenzen (nationales Level)⁶

Quelle: (Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999)

In der graphischen Darstellung taucht der Begriff der Hidden Flows oder versteckten Flüsse auf. Diese Flüsse entstehen bei der Gewinnung von Materialien aus der Umwelt, wie z.B. Rohstoffen. Sie stehen für jenen nicht genutzten Materialabbau oder jene Materialbewegung, die nötig war, um gewisse metabolisch nutzbare Materialien zu erreichen. Die versteckten Materialflüsse haben jedoch gemein, dass diese Materialflüsse nicht weiterverarbeitet werden, sondern sofort wieder das Gesellschaftssystem verlassen. Sie können auch als ungenutzte Flüsse bezeichnet werden (Unused Domestic Extraction & Unused Extraction Aabroad) (European Commission: Eurostat, 2001). Eine Unterscheidung wird in Tabelle 1 deutlich:

⁶ Imported Hidden Flows = indirekte Materialflüsse
 Domestic Hidden Flows = ungenutzte Materialflüsse
 Total Material Requirement = Domestic Extraction + Hidden Flows

<i>Summary of terminology for material input categories</i>		
	Direct	Other
From national territory	(A) Used extraction	(C) Unused extraction
From abroad	(B) Mass weight of imports when crossing the boarder	(D) Indirect flows associated to imports

Legend: (A) + (B) = Direct Material Input (DMI). (C) + (D) = Material Flows associated to DME but not being part of it. They were also named Hidden Flows (HF). DMI + HF = Total Material Requirement (TMR).

Tabelle 1: Terminologie der Materialflüsse des Inputs

Quelle: (Schandl et al., 2002)

Auf der Outputseite sind jedoch nicht nur Exporte, Emissionen und Abfälle zu registrieren. Auch die sogenannten dissipativen Verluste (Dissipative Losses) oder Nutzungen (Dissipative Uses) müssen erfasst werden. Es handelt sich bei den Dissipative Uses um absichtlich in die Umwelt eingebrachte bzw. verlorene Materialien, die aber trotzdem oder gerade deshalb zur Erhaltung des gesellschaftlichen Systems beitragen: Als Beispiel wäre hier Streugut, wie Split oder Streusalz oder auch die Aufbringung von Dünger zu nennen. Das zum gesellschaftlichen System gehörende Material wird nicht als Abfall, sondern bewusst als Abgabe in die Natur mit einem gewissen Zweck eingesetzt. Die dissipativen Verluste sind schwieriger zu erfassen, da es sich hier um unabsichtliche Verluste sehr verschiedener Größen in das System natürliche Umwelt handelt. Beispiele wären Gummiabrieb von Fahrzeugreifen, Verwitterungsmaterialien von Häuserfronten oder oxidierte Metalle (vgl. hierzu auch: (European Commission: Eurostat, 2001)).

Auf der Inputseite von Abbildung fünf wird die Abkürzung TMR (Total Material Requirement) verwendet, die für den gesamten Materialbedarf einer Gesellschaft steht. Es werden hierunter Importe, Domestic Extraction und Hidden Flows verstanden. In der Veröffentlichung von Eurostat werden diese allgemeinen Begriffe (wie z.B. TMR), respektive Indikatoren, auf der Input-, Output- und Stockseite beschrieben (European Commission: Eurostat, 2001, S. 35 ff). Diese Indikatoren können leicht errechnet und somit, je nach Fragestellung, als Vergleichswerte genutzt werden. Alle Materialien, die bereits als Input in die Gesellschaft gelangt sind, genutzt wurden und dann im sozialen System wiederverwertet werden (Recycling), stellen Materialflüsse innerhalb des Systems dar.

2.11. MFA konzeptuell

Die Materialflussrechnung analysiert ein offenes System, bzw. dessen Metabolismus. Der Metabolismus einer Gesellschaft kann nur funktionieren, wenn dieser einen Materialdurchsatz hat, da sonst der eigentliche metabolische Prozess nicht ablaufen kann. Die Überlegung aus der Thermodynamik verdeutlicht nur, dass das sozioökonomische System materiell nur zwei gedachte „Öffnungen“ hat, durch die alle Materialien strömen. Die, in die Material einströmt und die, aus der Material ausströmt. Es kann bei den metabolischen Prozessen innerhalb der sozioökonomischen Einheit folglich kein Material verloren gehen. Wenn weniger Material ausströmt als einströmt, muss das restliche Material entweder in Beständen innerhalb der Gesellschaft gespeichert sein oder es muss ein Messfehler vorliegen.

Die Materialflussrechnung wird, wie schon oben erwähnt, meist dann angewandt, wenn es nicht möglich ist, eine vollständige Materialbilanz aufzustellen. Das heißt, dass in den meisten Fällen, wie die Erfahrung gezeigt hat, die monetären ökonomischen Daten unzureichend waren und sind oder wichtige Bereiche gar nicht erfassen. Um diese Lücken zu schließen, kann mit Hilfe der Materialbilanzgleichung ($\text{Input} = \text{Output} + \text{Bestandszuwächse}$) eine Materialflussrechnung aufgestellt werden. Die MFA ist in den meisten Fällen Input-orientiert, da hierfür die Datenlage meist ausführlicher und genauer ist. Die Input Seite des gesellschaftlichen Stoffwechsels ist im Vergleich zur Outputseite in der Regel einfach besser dokumentiert, und bietet sich daher als grundlegende Datenquelle an (Hüttler et al., 1996, S. 17). So wird auch die vorliegende Studie am Input orientiert sein, jedoch ist auch eine relativ gute Datenlage für die Outputs gegeben. Eine der großen ursprünglich umweltwissenschaftlichen Motivationen für die MFA entsprang allerdings Emissions- also Outputproblemen; zu nennen wären hier beispielsweise die Luftverschmutzung und daraus resultierende menschliche Gesundheitsprobleme.

2.12. SFA vs. MFA Unterschiede und Gleichnisse

Die schon erwähnte Stoffflussanalyse ist kein Gegenspieler der Materialflussanalyse. Stoffflussanalysen heißen in der englischsprachigen Literatur *substance flow analysis*

(SFA). „Stoffströme von chemischen Elementen bzw. Verbindungen [...] sind in der Materialbilanz zwar enthalten, werden aber nicht explizit erfasst und dargestellt“ (Fischer-Kowalski et al., 1997, S. 68). Wissenschaftsgeschichtlich ist die SFA weitverbreiteter und etablierter als die MFA. Der Zusammenhang zwischen den beiden Ansätzen kann in folgender Gleichung gezeigt werden:

$$\text{Materialstrom (in Kg)} \cdot \text{Stoffkonzentration (Kg je Kg bzw. in \%)} = \text{Stoffstrom (in Kg)}$$

(Fischer-Kowalski et al., 1997, S. 68.).

Viele Stoffflussanalysen beruhen deshalb auf Materialflussanalysen, wie z.B. in (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996). Baccini und Brunner (Baccini and Brunner, 1991) benennen Materialflüsse als Güterflüsse. Dennoch sind häufig die verschiedenen Systemgrenzen, zeitliche Referenzrahmen oder andere fachtechnische Unterschiede zu beachten. Anhand von Abbildung sechs kann man gut die unterschiedlichen Forschungsinteressen von MFA und SFA erkennen bzw. in das Schema einordnen. Die SFA konzentriert sich zumeist auf Forschungsfragen über Material- bzw. Stoffströme, die vom Gewicht ein kleines Ausmaß, von ihrer Wirkung aber trotz der geringen Menge einen großen Effekt haben können. Bei MFA stehen dagegen eher große Materialflüsse im Vordergrund. Damit trägt die MFA (in kleinerem Ausmaße auch die SFA) also zu einer Bewusstseinsbildung über den Naturverbrauch bei.

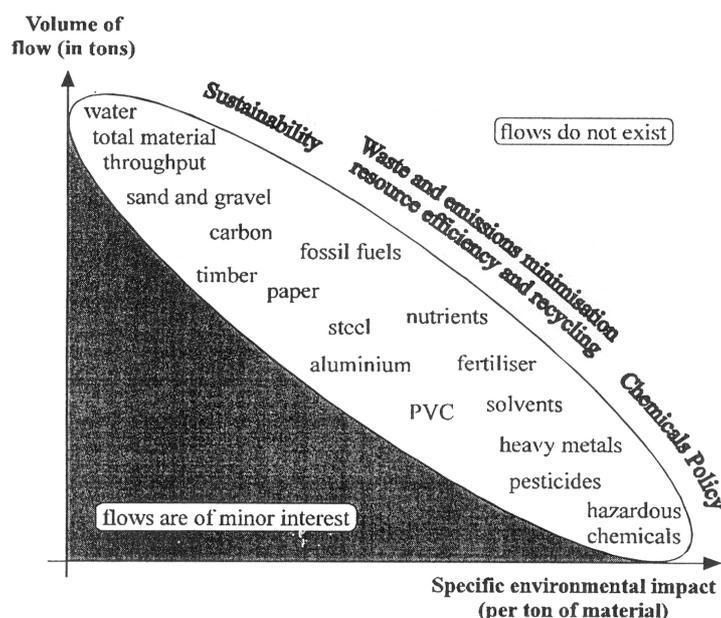


Abbildung 6: Stilisiertes Diagramm der Materialien von besonderem Interesse
 Quelle: (Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999) nach Steurer

3. Bisherige Materialflussanalysen von Städten

Die Materialflussanalyse einer Stadt bzw. des sozioökonomischen Systems Stadt wird zur Kategorie ‚regionale Materialflussanalyse‘ gerechnet. Es existieren bereits einige wenige MFA von Städten, die allerdings jeweils verschiedene Schwerpunkte haben (Baccini et al., 1993a; Boyden et al., 1981; Douglas et al., 1999; Gorree et al., 2001; Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996; Wolman, 1965). Stadtgesellschaften, auch solche, die in agrarisch geprägten Ländern liegen, unterscheiden sich in ihrem Stoffwechsel von den nationalen Volkswirtschaften. Dies zeigt sich bei den Ländern, für die Materialflussanalysen in den letzten drei Jahrzehnten operationalisiert wurden. Der Stoffwechsel liefert Aussagen über den Materialkonsum (domestic consumption) einer lokalen Bevölkerung.⁷ Bei einer besonderen Form bzw. Ausprägung einer industriellen Gesellschaft, wie sie in Städten zu finden ist, lässt sich mit dem Stoffwechsel auch die Dimension des Materialkonsums dieser besonderen Gesellschaftsform erkennbar machen. Städte weisen z.B. eine hohe Bevölkerungsdichte auf, so dass im Verhältnis zur Fläche auch ein in einigen Materialklassen hoher bzw. niedriger Materialinput oder Materialoutput sich bemerkbar machen kann. Hierbei ist anzumerken, dass sich eine Stadt vor allem durch viele Arbeitsplätze auszeichnet. Dabei ist es wichtig zu erkennen, dass Arbeitsplätze im industriellen Sektor auch gleichzeitig Produktionsstätten bedeuten. Dabei tauchen Fragen auf, ob dies ein Grund für einen erhöhten Materialeexport des sozialen Systems bedeutet. Liegen die Arbeitsstätten nicht im industriellen Sektor, müssen sie nicht unbedingt mit einem hohen Materialdurchsatz verbunden sein. Die landwirtschaftliche Nutzfläche einer Stadt ist in der Regel prozentual gesehen sehr klein, die Bestände (Stocks) erreichen ein hohes Ausmaß, es findet kaum Bergbau oder Rohstoffförderung anderer Art statt und die Fläche (in Ausnahmen auch nur die Fläche pro Einwohner) ist im Vergleich zu anderen Regionen bzw. Ländern, in denen eine MFA durchgeführt wurde (Baccini and

⁷ Domestic Consumption kann dabei als die Materialmenge angesehen werden, die metabolisch von der Gesellschaft genutzt (konsumiert) wird, sei es zur Energieversorgung, Nahrungsmittelversorgung der Lebewesen oder zum Bau von Gebäuden etc. Der Indikator Domestic Material Consumption (DMC) wird ermittelt, indem von den Inputs in ein soziales System die Exporte, die dieses System wiederum produziert, abgezogen werden.

Bader, 1996), relativ klein. Die Kolonisierung der Natur erreicht hier ein spezielles Ausmaß.⁸

Durch Kolonisierung wird z.B. die Nettoprimärproduktion mit der Bildung Stadt häufig verringert, da ein Großteil der Flächen versiegelt ist und dort keine oder nur wenig Biomasse produziert werden kann. Damit wäre dieser Naturprozess in seinem Ausmaß auf ein Minimum reduziert; dennoch ist ein Nutzen für den Menschen da, wie z.B. das dichte Zusammenleben von vielen Arbeitskräften, die, wie oben erwähnt wiederum den Stoffwechsel einer Gesellschaft verändern können. Baccini, Daxbeck et al. (1993) beschreiben die sozioökonomische Einheit Stadt, also „Urbane Systeme“, als „die komplexesten anthropogenen Bau- und Netzwerke“ (S. vii), betonen folglich auch die Besonderheit des Stoffwechsels dieser dicht besiedelten Räume. Im Begriff Bau- und Netzwerke ist bereits die Besonderheit der großen Stocks (Bestände) enthalten. Ähnlichkeiten zum städtischen Metabolismus belegen sie auch für andere dicht besiedelte Räume. Diese weisen zumeist die selben Eigenschaften in Bezug auf den gesellschaftlichen Stoffwechsel und die Kolonisierung der Natur auf. Nachfolgend sind bisherige Materialstoffwechselstudien für Städte, respektive deren Methode und Besonderheit, nach dem Untersuchungsjahr aufsteigend geordnet, kurz beschrieben.

3.1. New York (Wolman, 1965)

Diese Pionierstudie aus den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts prägte und entwickelte den Begriff des Metabolismus in seiner Anwendung auf soziale Systeme. Dies gilt sowohl für die nationale Ebene, wie auch für die regional-städtische. Genauer werden dabei die USA und die beiden Städte New York und Los Angeles betrachtet. Motiviert ist der Beitrag sowohl durch Luft- und Wasserverschmutzung, als auch durch Wasserknappheit in Teilen der USA, also auf der einen Seite durch Senkenprobleme und auf der anderen Seite auch schon durch Quellenprobleme (Ressourcenknappheit). Die ‚anderen oder sonstigen Materialströme‘ wurden damals als unproblematisch angesehen und es wurde als zu großer Aufwand betrachtet, sie zu erfassen. Dennoch wurde der

⁸ Die Kolonisierung von Natur ist ein gezielter Eingriff in Naturprozesse mit darauffolgender dauerhafter Transformation „in einer Weise, dass sie [die Naturprozesse] für die Gesellschaft nützlicher sind als ohne diesen Eingriff“ (Fischer-Kowalski et al., 1997) S.10 .

Materialumsatz in diesem Fall das erste Mal konkret durchdacht und quantifiziert dargestellt. Teilweise werden Zahlen für die gesamten USA, teilweise für New York oder Los Angeles veröffentlicht. Ein Modell, kein Accounting, wurde für eine fiktive Stadt und deren drei größten Materialströme erstellt, wobei die Baumaterialien aus der Behandlung ausgespart wurden. Zahlenmäßig kommt Wolman dabei auf sehr ähnliche pro-Kopf-Ergebnisse wie spätere Studien (vgl. (Fischer-Kowalski and Hüttler, 1999)). Der Artikel befasst sich viel mit prognostischen Fragen, die heutzutage überholt scheinen, spricht aber Senkenprobleme, von Emissionen verursacht, und Ressourcenknappheit bzw. ein Nicht-Nutzen-Können von Wasser an. Erreicht wird das mit Hilfe der Quantifizierung von Materialströmen. Dies zeigt, dass die Grundgedanken der gesellschaftlichen Metabolismusforschung (Input-Output-Konsistenz) damals schon erfasst wurden und heutzutage nur detailreicher, genauer und vielseitiger beschrieben werden. Durch das Konzept des metabolischen Vorgehens ist dies ermöglicht worden.

3.2. Hong Kong⁹ (Boyden et al., 1981)

Diese erste vollständige Metabolismusstudie einer Stadt (Erhebungsjahr 1971 – mit Ausnahmen) definiert die natürliche Umwelt als

„all the biotic and non-biotic components of the system other than the human population and man-made objects“ (S. 90),

was die Abgrenzung zwischen gesellschaftlichem System Stadt und natürlichem System Umwelt beschreibt. Die territoriale Systemgrenze stellt andererseits die damals von Großbritannien definierte politisch-administrative Grenze Hong Kongs dar. Es wird eindeutig auf den Wechsel im Hauptenergieverbrauch von somatischer zu extrasomatischer Energie hingewiesen, wobei dies besonders stark in Städten bzw. in der Stadtökologie der Fall sei. Die Studie geht vom Energiestoffwechsel der Stadt als Basis aus, von der die Materialflüsse abgeleitet werden. Die somatische (also im menschlichen Organismus umgesetzte) Energie hat aufgrund der Nutzung fossiler Energieträger gegenüber der extrasomatischen Energie an Bedeutung verloren. Die Nutzung von Energie, besonders extrasomatischer, wird für den Metabolismus der Stadt als essentiell angesehen, die alles

⁹ Der englische Ortsname lautet Hong Kong, entgegen dem deutschen Namen Hongkong. Da die Literaturquelle in englischer Sprache ist, wird im Folgenden die englische Version benutzt.

andere mehr oder weniger dominiert bzw. bestimmt. Der durchschnittliche Materialdurchsatz von Hong Kong wurde für die Zeitperiode von einem Tag veröffentlicht (vgl. Abb. 7).

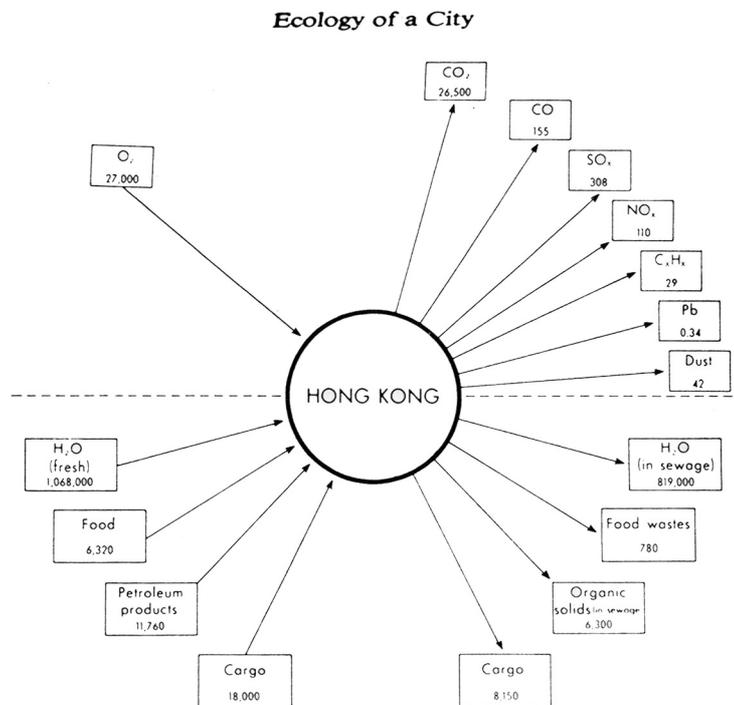


Abbildung 7: Der tägliche Metabolismus von Hong Kong 1971 (in 1000t)
Quelle: (Boyden et al., 1981)

Für den Verbrauch von fossilen Energieträgern (extrasomatische Energie) wird zwischen Verbrauchsgruppen unterschieden (Industrie [darin wiederum in Branchen], Verkehr, Handel, Privathaushalte). Neben dem Beitrag von fossilen Energieträgern zum Stoffwechsel wird auf die Nahrungsmittelversorgung und deren spezielle energetische Rolle für den Menschen eingegangen. Die einzelnen Nährstoffe werden pro Haushalt hervorgehoben. Der Wasserumsatz wird gesondert betrachtet. Mehr als 45 % der Fläche ist durch menschliche Bauwerke als versiegelt angegeben und trägt damit Stocks.

In dieser sehr ausführlichen Studie wird nicht nur auf den Metabolismus der Stadt und auf die damals bedachten möglichen Probleme im Verhältnis Gesellschaft-Umwelt eingegangen, sondern es wird auch versucht, Folgen, aber auch Rahmenbedingungen und resultierende Erklärungen, darzustellen (Kulturen, Gesellschaften, Wirtschaftsarten).

3.3. St. Gallen (Baccini et al., 1993a)

In dieser Stoffwechselanalyse METAPOLIS wurden die Privathaushalte einer Kleinstadt (St. Gallen) im Jahr 1990 untersucht. Es wird angenommen, dass diese allein etwa schon drei Viertel des gesamten Materialumsatzes der Stadt ausmachen. Die Privathaushalte wurden in dieser Studie als kleinste Einheit oder Zelle des Systems Stadt gesehen. Die Stadt wurde hierbei als Organismus betrachtet, dessen Stoffwechsel als Summe des Stoffwechsels der Zellen es zu ermitteln galt. Es wurde ermittelt, dass pro Einwohner und Jahr rund 100 Tonnen Material die Haushalte als Input betreten. Hervorgehoben wird in dieser Studie, dass Städte keine „signifikante Kreislaufwirtschaft“ aufweisen (S. i); die Materialien durchfließen die Stadt förmlich, so dass außer im Falle der Bestände keine Materialien (z.B. durch Recycling) in der Stadt verbleiben. Die Bestände (in dieser Studie wird von „Lager“ gesprochen) belaufen sich auf rund eine Tonne pro Einwohner für die Haushalte und wachsen um zwei Prozent im Jahr. Die Bestände, das wird aber von mir hier angenommen, belaufen sich bei Betrachtung der gesamten Stadt auf sehr viel höhere Werte. Allgemeine Aussagen über den Metabolismus von St. Gallen lassen sich detailliert nicht treffen. Die Anteile von Wasser und Luft am gesamten Materialumsatz der Privathaushalte liegen auch hier bei den üblichen (von der Größenordnung her gesehen) ca. 80 % (Wasser) und ca. 20 % Luft. Die restlichen Materialflüsse liegen aber zusammen bei etwas über einem Prozentpunkt. Dies stellt einen äußerst geringen Anteil am Stoffwechsel der restlichen Materialien dar. Diese Ergebnisse sind in den Größenordnungen für die restlichen Materialien daher auch geringer als bei anderen MFA. Direkte Vergleichsmöglichkeiten zu einer Materialflussrechnung London bieten sich jedoch damit kaum, da die einzelnen Privathaushalte in der Londoner Arbeit nur indirekt eine Rolle spielen (z.B. Ermittlung des Konsums von Biomasse). Des weiteren ist die Quantifizierung funktional aufgezogen. Dies bedeutet, dass die Materialflüsse durch die Aktivitäten in den einzelnen Funktionsbereichen der Haushalte bzw. Haushaltsmitglieder erfasst werden. Dabei läuft man sowohl Gefahr, Material doppelt zu zählen, als auch ganze Materialströme nicht zu erfassen. Die Alternative dazu ist, das System Stadt als Black Box mit Subsystemen zu sehen, wie es in der Londoner Studie versucht wird.

Die bauliche Substanz und deren Zuwachs bei den Privathaushalten, die erfahrungsgemäß einen großen Anteil der Materialflüsse ausmacht, wurde aus budgetären Gründen nicht

berücksichtigt. In dieser Studie wird auch die regelmäßige jährliche Buchhaltung von Materialien gefordert, um das Stoffwechselmodell und ein daran anschließendes Prognosemodell nutzen zu können. Betont wird in der Arbeit, wie auch in der über die Stadt Wien, dass Städte sowohl in Ver- als auch Entsorgung von ihrem Hinterland und erdumspannenden Netzwerken abhängig sind (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1998).

3.4. Wien (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996)

In der Studie über die Stadt Wien wird offensichtlich, wie unterschiedlich die Ergebnisse von Materialflussrechnungen in Städten sein können. Hier wird angegeben, dass nur die Hälfte aller Materialien durch private Haushalte fließt. Offensichtlich wird die Wichtigkeit der Absteckung der Systemgrenzen; die Londoner Studie betrachtet Mülldeponien nicht als Bestand bzw. Lager. Dies legt die Eurostat in ihrem Bericht auch nahe (European Commission: Eurostat, 2001). Die Wiener Studie sieht Deponien als Stocks an und kann damit keine oder weniger Aussagen über mit Output verbundene Probleme tätigen.¹⁰

Erstellt wurde die Studie für das Jahr 1991 unter anderem aufgrund von dafür akkurat vorliegenden Zensusdaten. Von den rund 42 000 ha Fläche sind rund 20 000 ha Grünfläche, so dass nur knapp über 50 % mit den speziell städtischen Merkmalen zu finden sind. Wien zeigt damit eine große Parallele zum Hongkong der 70er Jahre auf. Die politisch-administrative Grenze stellte auch bei der Wiener Arbeit die sozioökonomische Systemgrenze dar; diese galt also für alle Ex- und Importe. Die Abgrenzung für den Übergang vom gesellschaftlichen System zur biophysischen Umwelt wird für die unterschiedlichen Sektoren nicht zusammengefasst beschrieben. Es geht nicht eindeutig aus der Studie hervor, ob und wo Domestic Extraction stattfindet. Der Fokus liegt allerdings bei der Wiener Arbeit auch auf der Erfassung von ausgewählten Stoffströmen.

Unterschieden werden in dieser Studie fiktive Stoffwechselprozesse; diese sind der Prozess ‚Privathaushalte‘ und der ‚Prozess Wirtschaft‘, die beide für den Materialfluss verantwortlich sind (vgl. Abb. 8).

¹⁰ Das hat auch zur Folge, dass die Daten über die Bestände der Stadt Wien mit denen von Greater London nicht vollkommen vergleichbar sind, da etwa 10 % der Wiener Bestände in Deponien registriert ist.

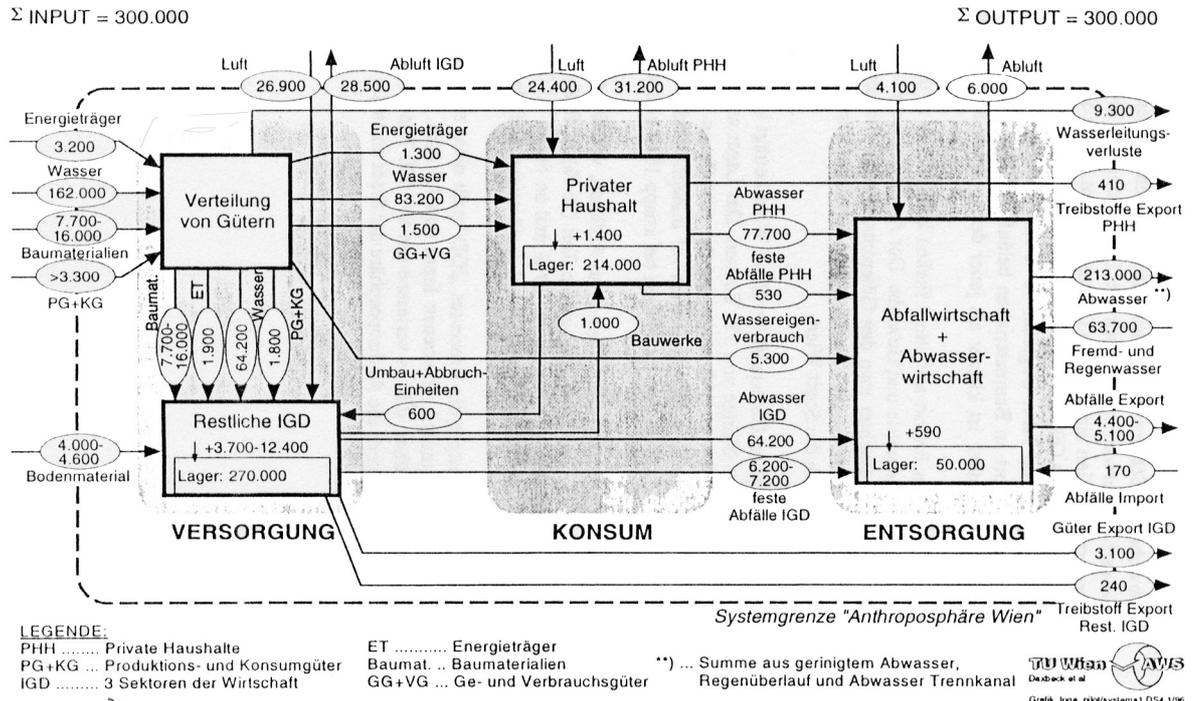


Abbildung 8: Der Metabolismus von Wien 1991 (in 1000 t)
 Quelle: (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996)

In den Subsystemen Energieträgerbilanz, Baumaterialienbilanz, Wasserbilanz und Produktions- und Konsumgüterbilanz wird bilanziert.¹¹ Die elektrische Energie wurde nicht berücksichtigt, so dass sich dies mit den theoretischen Überlegungen der vorliegenden Arbeit deckt. Auch in der Wiener Arbeit wird eine „Implementierung [in die regionale Statistik] einer städtischen Energie- und Stoffbuchhaltung“ gefordert (S. 174). Der Materialfluss in Wien betrug etwa 200 t/EW * a.

3.5. Amsterdam (Gorree et al., 2001)

Diese sehr aktuelle Studie (Erfassungsjahr 1998) über den Materialstoffwechsel der Stadt Amsterdam betont, dass die weitere Erhebung von Materialflüssen zu einem Monitoring-Werkzeug werden kann, welches Einblicke in einen Dematerialisierungsprozess gesellschaftlicher Existenz liefern kann. Dabei würde dieses Werkzeug zur Effektivität des Prozesses beitragen können. Betont wird auch im Amsterdamer Bericht, wie schon so oft,

¹¹ Dies ist auch ein denkbarer Ansatz für die vorliegende Arbeit.

die Sonderrolle des Wassers, die bei einfacher Betrachtung des Materialflusses andere wichtige Materialströme klein und unwichtig erscheinen lässt und daher separat betrachtet werden sollte. Um Anknüpfungspunkte zu finden und zu wissen, welche Prozesse oder Aktivitäten im groben für welche Materialströme verantwortlich sind, wurde die Gemeinde Amsterdam nicht als bloße Black Box angesehen, in die Materialien ein- und ausfließen. Das System wurde in 11 verschiedene sogenannte Knoten (*Knopen*) unterteilt. Diese repräsentieren Sektoren, wie z.B. Industrie, Verkehr, Abfall- und Abwasserverwertung etc. Die Materialströme der Landwirtschaft und des Bodenaushubs werden in der Studie nicht beachtet, da sie im ersten Fall vernachlässigbar gering sind und im zweiten zum Großteil nur innerhalb der Gemeindegrenzen ablaufen, und es sich daher um keinen Import- oder Exportprozess handelt. Folglich wird die Systemgrenze zur Umwelt nur auf der Outputseite (z.B. Abfälle) beachtet und benötigt. Naturentnahmen werden somit in der Betrachtung außen vor gelassen. Die einzelnen Knoten werden separat bilanziert und dann für die endgültigen Zahlen der Stadt aufsummiert. Es wird hierbei versucht, für die Materialflüsse die sogenannte from-the-cradle-to-the-grave Methode anzuwenden. Die Materialien durchlaufen fiktiv die, soweit relevant, Produktions-, Konsumptions- und Verwertungsknoten. Diese Vorgehensweise zeigt eine Parallele zu PIOTs, die allerdings einzelne Materialklassen und Betriebe noch feiner unterscheiden. So hoch aufgelöst wie in einer PIOT, wird in der Studie über Amsterdam nicht verfahren, sondern beispielsweise nur zwischen Grundstoffen, Sauerstoff, Wasser auf der Input-Seite und Emissionen, Abfällen (exportiert oder auf Gebiet belassen) und Exportprodukten auf der Output-Seite. Die genaue Unterscheidung ist je nach Knotenpunkt leicht verschieden.

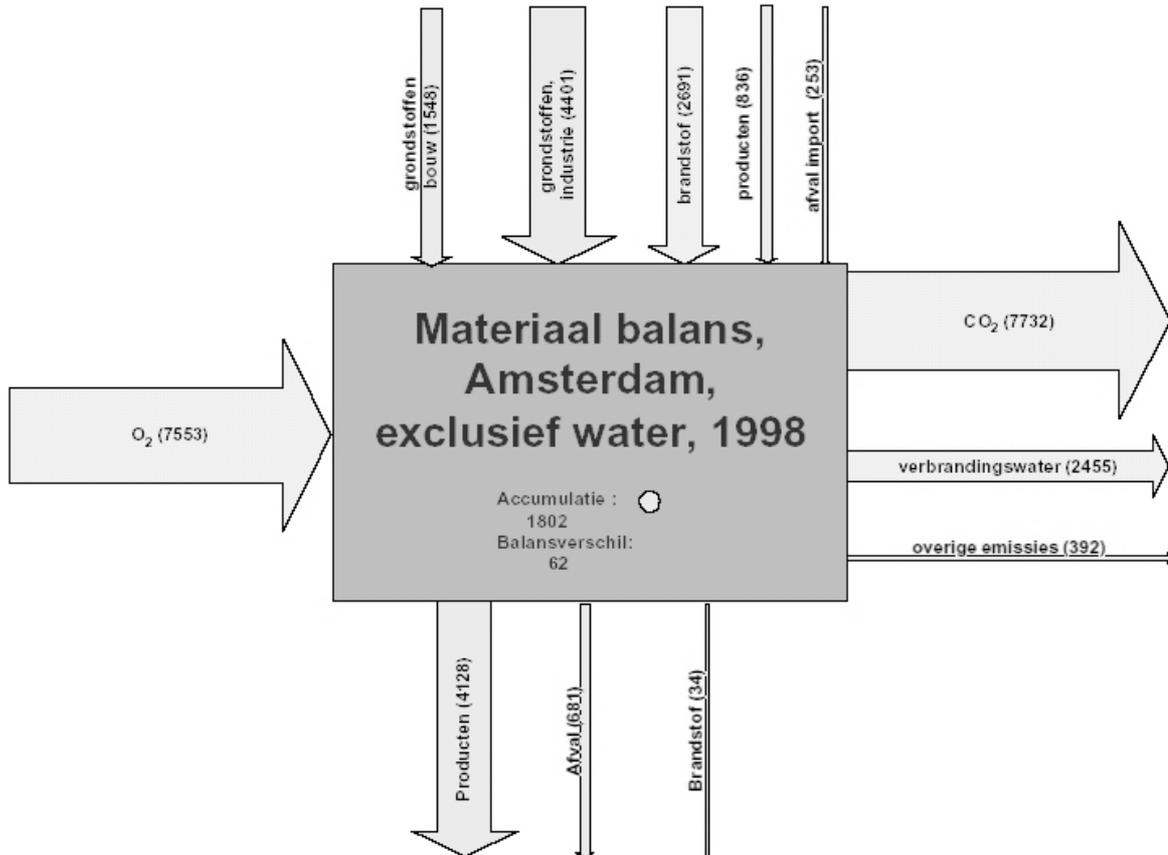


Abbildung 9: Der Metabolismus von Amsterdam 1998 (exklusive Wasser; in 1000 t)
Quelle: (Gorree et al., 2001)

3.6. Manchester (Douglas et al., 1999)

Eine Untersuchung von Materialströmen und besonders deren Veränderung in den letzten 200 Jahren bis zum Jahr 1999: Eine Rolle spielen in diesem Papier nur jene Flüsse, die direkt mit der industriellen Geschichte der Stadt verbunden sind. Zum Großteil werden die Outputs und natürlich auch deren ursprüngliche Rohstoffe, besonders Abfälle und Emissionen beschrieben, die zu Umwelt- und Gesundheitsbelastungen geführt haben. Bei dieser Studie handelt es sich um keine schlüssige Materialflussrechnung, vielmehr um eine Beschreibung der Veränderung der Materialbedürfnisse der Industrie und der damit verbundenen Auswirkungen auf die Stadt. Man könnte hierbei vage von einer historischen MIPS Untersuchung sprechen. Aber z.B. das beschriebene, flächenbezogene Wachstum der Stadt zeigt, dass keine einheitlichen Systemgrenzen gewählt wurden. Dargestellt werden allerdings die Problembereiche, wie z.B. der steigende Materialbedarf pro Kopf der

Bevölkerung, sich örtlich verändernde Materialquellen und vor allem Senkenprobleme innerhalb der dargestellten 200 Jahre. Der interessanteste Punkt scheint dabei zu sein, dass die Materialnutzungen in den letzten 50 Jahren in Manchester zurückgegangen sind, Bestände neu genutzt wurden und Emissionen und Abfälle abnahmen.

Im nun folgenden Kapitel wird näher auf die untersuchte Stadt London eingegangen und die im vorhinein erläuterten Konzepte angewendet.

4. London – ein methodischer Screenshot des Materialstoffwechsels im Jahr 2000

Diese Studie über die soziale Ökologie der Stadt London beschreibt den Materialstoffwechsel der Stadt London für das Jahr 2000, schlägt aber auch eine Vorgehensweise für die Berechnung eines regionalen gesellschaftlichen Metabolismus vor. Dies wurde möglich durch einen sechsmonatigen ERASMUS Studienaufenthalt am University College London (UCL). Nach einer Einarbeitungszeit in die deutsch- und englischsprachige Literatur und auch in eine unbekannte Datenstruktur verfolgte der Autor die Datenrecherche in London. Dazu gehörte sowohl der Besuch von Bibliotheken und Institutionen, als auch das persönliche Gespräch mit verschiedenen Ansprechpartnern. Die besuchten Institutionen umfassen Universitäten, Ministerien und private Unternehmen. Die ausgewählten Expertengespräche halfen mir, die Arbeit an zentralen Punkten klar zu strukturieren und möglichst genaue Informationen über schwierige Sachfragen zu erhalten. Die gezielte Suche im Internet stellte sich als zeitaufwendig dar, erwies sich aber als unerwartet ergiebig: Viele der Datenquellen sind bereits jetzt schon elektronisch herunterzuladen, so dass die Berechnung des aggregierten Zahlenwerks im Tabellenkalkulationsprogramm vereinfacht wurde. Das Internet wurde für diese Arbeit sozusagen eine gezielt genutzte Datenquelle, auf die von gefundenen Ansprechpartnern verwiesen werden konnte. Wichtig waren zudem zahlreiche helfende aber auch vergebliche Telefongespräche, durch die auch die Einarbeitung in die Struktur und den Aufbau der Datenwerke leichter fiel. Die Aufarbeitung der Daten zu Informationen im Sinne der Berechnung der Materialflüsse fand vornehmlich in Wien nach dem Auslandsaufenthalt statt. Damit sind die Rahmenbedingungen der Durchführung dieser

Studie kurz beschrieben und es folgt nun die Beschreibung der Entwicklung einer Methodik für eine regionale MFA. Im Anschluss daran wird dem Leser die spezifische Ausführung dieses Verfahrens für die Greater London Area dargelegt.

4.1. Systemgrenzen der Stadt London

Die Stadt London wird im folgenden als sozioökonomische Einheit verstanden, die räumlich durch die Grenzen der Verwaltungseinheit Greater London Authority (GLA) definiert ist. Die GLA umfasst die City of London und ihre 32 Stadtteile, die sogenannten Boroughs. Die Boroughs sind eigenständige und selbstverwaltete gemeindeähnliche Bezirke, die nur in unbedingt notwendigen Sachfragen zusammenarbeiten. Im Jahr 2000 wurde erstmalig die Greater London Authority ins Leben gerufen, die erste London übergreifend gewählte politische Vertretung und Verwaltung für den Großraum London seit 14 Jahren. Vorbild hierfür war der Greater London Council, der ähnliche Funktionen erfüllte und 1968 Nachfolger des 1888 gewählten London County Councils wurde. Die Verwaltungsgrenzen von Greater London haben sich seit 1968 nur unwesentlich verändert. Die Greater London Authority wird durch einen direkt gewählten Bürgermeister (Mayor) geleitet, der von den 25 Abgeordneten der Greater London Assembly unterstützt und kontrolliert wird (Greater London Authority, 2001). Die Eigenständigkeit der Boroughs ist aber trotz der GLA noch sehr hoch, nur gebietsübergreifende Fragen, wie z.B. der öffentliche Personennahverkehr werden von der GLA übernommen. Die Abfallverwertung und -entsorgung wird im Großraum London von vier bis fünf verschiedenen Einrichtungen mit entsprechendem Einzugsgebiet übernommen. Statistische Daten über London sind nur in sehr begrenztem Umfang von der GLA zu erhalten. Die Datengewinnung kann zum Großteil nur über nationale Einrichtungen stattfinden, wie z.B. das Office for National Statistics.

Die Systemgrenzen zur Durchführung einer Materialflussrechnung für die Stadt London sind aber relativ klar definierbar. Da es sich um ein sozioökonomisches System handelt, stellen die administrativen Grenzen der GLA eine ökonomisch eindeutige und nachvollziehbare Abgrenzung gegenüber den angrenzenden Counties sicher. Außerdem ist damit gewährleistet, dass die gewählten Systemgrenzen mit denen der statistischen

Datenerhebung übereinstimmen. Das Gebiet der GLA wird in der Statistik als eigene Government Office Region (GOR) geführt. Geographisch und in einigen Veröffentlichungen sind nur Angaben zu den englischen Großregionen gegeben, unter denen London zur Region South-East of England gezählt wird (Department for Environment, 2001a).

Das Gebiet territorial zu definieren fällt bei diesen Umständen leicht. Allerdings hat nicht die Region den Materialdurchsatz, sondern die Gesellschaft bzw. die Menschen in dieser Region. In der vorliegenden Studie wird deshalb nicht allein von der Wohnbevölkerung ausgegangen, sondern von der Gesamtanzahl Menschen, die zum Metabolismus der Stadt beitragen. Berücksichtigt sind also auch der Verbrauch, die Bedürfnisse und Beiträge von z.B. Arbeitspendlern, Touristen, Besuchern und Geschäftsreisenden, da diese Gruppen erstens rein praktisch und datentechnisch gesehen nicht ausgelassen werden können und zweitens einen beträchtlichen Anteil am gesellschaftlichen Stoffwechsel Londons haben. Gleichzeitig muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass jene Londoner Bewohner, die sich nicht dauerhaft in der Stadt aufhalten, wie z.B. Pendler und Reisende, auch nicht zum Stoffwechsel der Stadt beitragen und folglich nicht ständig zu den Verbrauchern gezählt werden können. Die oben angeführten Unsicherheitsfaktoren und Fakten in Betracht ziehend, wird im Folgenden die Gesellschaft Londons auf die Einwohnerzahl im Jahr 2000 festgesetzt. Sie betrug laut den Zahlen der GLA 7.375.000. De facto ist jedoch wahrscheinlich die Anzahl der durchschnittlich sich täglich in London aufhaltenden und damit zum Metabolismus beitragenden Individuen aufgrund der Wichtigkeit und Attraktivität der Stadt etwas höher, kann aber nicht als gesicherter Wert ermittelt werden, so dass die Benutzung der Wohnbevölkerung als Bezugsgröße immer noch die sicherste Lösung liefert.

Der zeitliche Horizont für die Materialflussanalyse London ist auf ein Kalenderjahr, und zwar auf das Jahr 2000 festgelegt. Dies gewährleistet eine möglichst komplette Abdeckung der erforderlichen Daten, die zumeist auf jährlicher Basis erhoben werden. Außerdem ist die Erfassung der jahreszeitlich unterschiedlichen Konsumtion von Energieträgern, Wasser und Biomasse, sowie die Variation in der Produktion von landwirtschaftlichen Produkten so gewährleistet und berücksichtigt. Hinzu kommt eine mögliche Vergleichbarkeit mit anderen MFA.

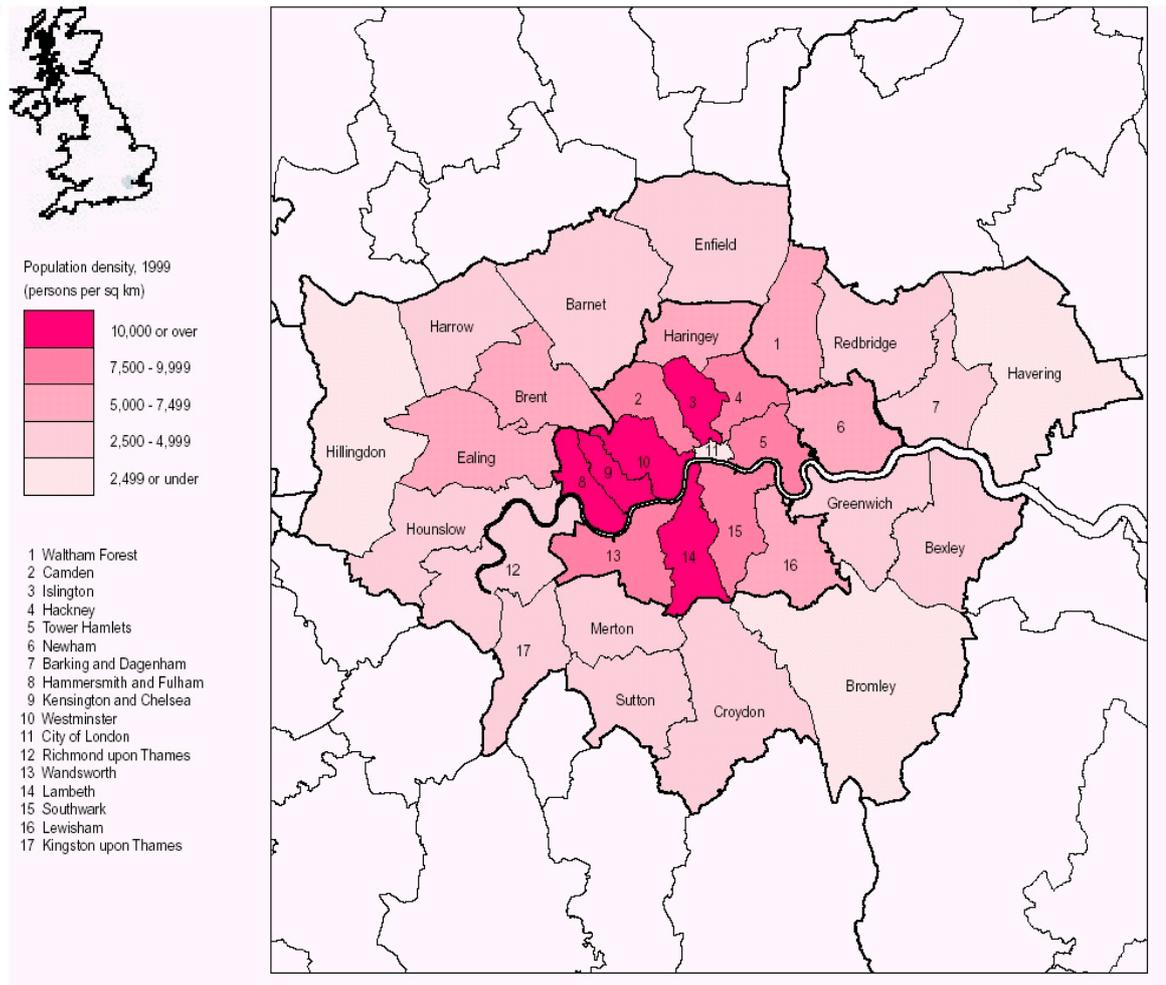


Abbildung 10: Die Boroughs von London (die Greater London Area) 1998, Bevölkerungsdichte in den Boroughs
Quelle: (Office for National Statistics, 2001c)

	LONDON	UK
Einwohner	7.375.000	59.756.000
Haushalte	2.946.000	24.701.000
Fläche	(km ²) 1.580	(km ²) 242.910
davon Grünfläche	38,5 %	
Industrie- und Gewerbebetriebe	380.700	2.488.400
Kfz	2.792.400	29.628.130
Flughäfen im Stadtgebiet	Heathrow, City	

Tabelle 2: Basisinformationen zu London
Quelle: (Environment Agency, 2001; Office for National Statistics, 2002a)

4.2. Einheit für die regionale MFA

Bei der Materialflussrechnung (Material Flow Accounting [MFA]) London werden, wie bei nationalen MFA auch, die Materialien in Gewichtseinheiten (Tonnen [t]) registriert und dargestellt. Daher muss eine Umrechnung in t für jedes erfasste Material stattfinden. Sind die ursprünglichen Angaben nicht in Gewichtseinheiten, so muss das Gewicht mit Hilfe von Koeffizienten errechnet oder auch geschätzt werden (vgl. Kapitel 4.3.). Wichtig dabei ist, dass die Gewichte der Materialien den natürlichen Wassergehalt mit einschließen (European Commission: Eurostat, 2001). Dabei ist für jede Materialart aber genau der Wassergehalt ausschlaggebend, den das Material besitzt, wenn es die Systemgrenze überschreitet und damit ökonomisch genutzt wird. Man spricht dabei vom Market Weight. Es ist im Endeffekt auch jenes Gewicht, das transportiert werden muss. Diese Abgrenzung wird z.B. deutlich für Holz, das zum Zeitpunkt des Fällens einen höheren Wassergehalt hat, als bei der Entnahme aus dem Wald nach dem typischen Lagerungszeitraum von einem Jahr. Der Wassergehalt zu diesem Zeitpunkt ist aber wiederum abhängig von den geographischen Koordinaten und den lokalklimatischen Begebenheiten des Forsts. Das Market Weight ist demnach je nach Region unterschiedlich. Diese Unterschiede können dann auch in der MFA berücksichtigt werden.

Bei der aus der Landwirtschaft stammenden Biomasse wird allerdings ein Standardwert von 15 % Wassergehalt international angewendet, auch wenn selbstverständlich einige Produkte darunter viel höhere oder niedrigere Wasseranteile aufweisen. Mit diesem Wert ist es möglich, Vergleiche zwischen verschiedenen MFA anzustellen und er ermöglicht damit deren Kommunizierbarkeit.

4.3. Umrechnen, Berechnen, Abschätzen der Materialmengen

In der vorliegenden Untersuchung mussten verschiedene Umrechnungen, Berechnungen und auch Schätzungen vorgenommen werden, um die Materialströme in Gewichtseinheiten angeben zu können. Konkrete Erläuterungen respektive Beispiele werden in den jeweiligen Abschnitten geliefert.

Beim Umrechnen entstehen unterschiedliche Probleme, die folgendermaßen kategorisiert werden können.

- i) Die Umrechnung von einer Gewichtseinheit (z.B. Hg), in der Daten vorliegen, in die benutzte Referenzgewichtseinheit Tonnen.

Diese Umrechnung ist selbstverständlich, beruht auf anerkannten Umrechnungskoeffizienten und führt, exakt durchgeführt, nicht zu Problemen und ist daher unbedenklich.

- ii) Die Umrechnung von Volumeneinheiten (z.B. m³) in Gewichtseinheiten.

Diese Umrechnung ist in den meisten Fällen aufgrund von standardisierten (durch Messungen bzw. chemische Eigenschaften genau bestimmte) Umrechnungsfaktoren unbedenklich, sollte jedoch immer hinterfragt werden, um z.B. etwaige material- oder regionsspezifische Abweichungen zu beachten. Deutlich wird dies etwa beim Erdgas, welches je nach Ort der Exploration ein unterschiedliches spezifisches Gewicht je Kubikmeter aufweisen kann.

- iii) Die Umrechnung von anderen Einheiten

Bei der Umrechnung von anderen Einheiten, wie Stückzahlen in Gewichtseinheiten, muss dagegen ein ermittelter Koeffizient eingesetzt werden, was Unsicherheiten und Ungenauigkeiten birgt, da dieser nicht immer exakt sein muss. Daher kann die Umrechnung zu einer Verfälschung der Daten führen, deren Ausmaß aber in den meisten Fällen eher gering ist.

- iv) Monetäre Werte

Monetäre Werte, in denen Daten häufig vorliegen, sind auch mit Hilfe von Koeffizienten umzurechnen und die Umrechnung weist damit die selbe Schwäche wie im vorangegangenen Punkt auf. Dennoch wird versucht, bei dieser Umrechnung, eine hohe Genauigkeit zu erzielen. Für die Umrechnung können Sekundärquellen herangezogen werden, die für eine bestimmte Materialart das spezifische Gewicht je monetärer Einheit ausweisen (z.B. die Produktionsstatistik oder die Außenhandelsstatistik). Die Umrechnung monetärer Einheiten in Masseneinheiten ist besonders für die regionale MFA ein bedeutendes Problem, da ein Großteil von Daten zur Erstellung einer regionalen MFA lediglich in monetären Einheiten vorliegt und damit ganze Teile der Berechnung der Flüsse hiervon abhängen.¹²

Abschätzungen spielen in MFA, je nach Datenlage, eine häufig nicht unwichtige Rolle. Der Einsatz von Abschätzungen für z.B. Materialeigenschaften ist bedenklich und nur aus Mangel an Alternativen in Betracht zu ziehen. Mit jeweils diskutierten Fakten, Informationen und Expertenwissen wird versucht, eine möglichst wirklichkeitsgetreue Abschätzung zu tätigen. Dabei sollte die Güte dieser Werte im Vergleich zu empirisch erhobenen Daten bestimmt und benannt werden. Eine geschätzte Zahl ist daher in den

¹² In der vorliegenden Arbeit wurde etwa bei der Bestimmung von Baumaterialien mit monetären Statistiken gearbeitet.

seltensten Fällen willkürlich und dadurch immer in einem gewissen Referenzrahmen gewählt, der die Möglichkeiten nach oben und unten einschränkt. Es wird versucht, Schätzungen auf Basis schon bekannter und vorliegender Informationen zu tätigen. In einer regionalen MFA werden ebenfalls Abschätzungen vorgenommen und zwar auch Abschätzungen von Koeffizienten. Mit diesen werden Umrechnungen, aber auch Berechnungen angestellt.

Berechnungen spielen eine wichtige Rolle, um Abschätzungen zu vermeiden bzw. deren Referenzrahmen zu bestimmen oder klein zu halten. So können Berechnungen aus vorliegenden, nicht direkt den zu ermittelnden Wert angehenden Daten getätigt werden, um einen Wert zu erhalten; beispielsweise kann mit Hilfe der Anzahl von Vieh, durchschnittlichem Futterbedarf, Flächeninformationen über Weidegründe und produziertes Viehfutter ein Wert für das Gewicht des nicht registrierten, geweideten Grases berechnet werden. Die Grauzone zwischen Abschätzung und Berechnung ist nicht immer genau zu bestimmen, wobei in den Details eines solchen Vorgehens klar wird, ob es sich um einen abgeschätzten, berechneten oder vorliegenden Wert handelt, mit dem berechnet wird.

In der vorliegenden Rechnung wurde beispielsweise eine finanzielle, regionale Statistik über die Aufträge im Bausektor für die Umrechnung in Materialinputs verwendet. In der Umrechnung wurden geschätzte Koeffizienten verwendet. So einer ist z.B. der, der das Gewicht von einem Quadratmeter Straße beziffert. Die Umrechnung wurde der Berechnung aus nationalen Statistiken über Mineralien- und Erzabbau und Daten über den Transport mit daraus abgeschätzten Koeffizienten aus Gründen der genauen Abbildung der regionalen Eigenheiten vorgezogen.

Betont wird an dieser Stelle aber, dass sämtliche Daten letztendlich nur eine Abbildung der Wirklichkeit sind, auch Vollerhebungen. Wichtig bei den Datenquellen ist damit nicht, ob es sich um Vollerhebungen oder Stichproben handelt, sondern wie hoch die Reliabilität der Daten ist. Vollerhebungen können durch Begleitumstände mit rechtlichen Folgen behaftet sein und daher eventuell mehr Verfälschungen enthalten (um nicht von den rechtlichen Folgen betroffen zu sein).

4.4. Quellen

Für alle Materialien gilt, dass zur Erfassung möglichst die Datenquellen herangezogen werden sollen, die den Grenzübertritt ins soziale System dokumentieren. Ist dies nicht möglich, versucht man die Materialströme an der Stelle zu erfassen, wo sie primär hingelangen; es handelt sich dabei also um den ersten Konsumptions- oder Produktionsprozess nach Grenzübertritt. Stehen beide Datenquellen zur Verfügung, ist eine optimale Position geschaffen, so dass zur Überprüfung der primären Datenquelle ein Referenzrahmen in Form der Prozessdaten zur Verfügung steht. Es ist auch möglich, dass verschiedene Datenquellen vorliegen, die Auskunft über den Konsumptions- oder Produktionsprozess und deren Größe geben. Diese können dann miteinander verglichen werden.

Auf dem noch relativ jungen Forschungsgebiet der Materialflussrechnung existieren schon methodisch sehr genaue Regelwerke, die eine allgemeine Vorgehensweise für MFA beschreiben und damit versuchen, die Vergleichbarkeit bzw. Kommunizierbarkeit von unterschiedlichen MFA herzustellen. Es geht darin einerseits um grundsätzliche Fragen, wie die Absteckung der Systemgrenzen, andererseits aber auch um Datenquellen und Vorgehensweisen bei der Datengewinnung und deren Umwandlung in für MFA notwendige Informationen.

In diesem Zusammenhang ist an erster Stelle die Veröffentlichung von Eurostat (der statistischen Behörde der Europäischen Union) (European Commission: Eurostat, 2001) zu nennen. Dieser Methodenguide empfiehlt ein standardisiertes Vorgehen bei der Erstellung von nationalen MFA und hat eine EU-weite Vereinheitlichung der MFA-Methodik zum Ziel. Dies hat den Vorteil, dass Ergebnisse und Indikatoren Vergleichbarkeit aufweisen und die problemlose Verknüpfung von MFA-Statistiken gewährleistet ist. Vorteilhaft ist hier vor allem, dass es zu einer staatenübergreifenden Vereinbarung gekommen ist, die internationale Standards erstmals festlegt. Daher wird sich die vorliegende Arbeit, wenn immer möglich, an diesem Werk orientieren und versuchen, die darin veröffentlichten Methoden zu übernehmen.

In Einklang mit der Veröffentlichung von Eurostat stehen auch die Veröffentlichungen aus der Abteilung Soziale Ökologie am IFF (Institut für Interdisziplinäre Forschung und

Fortbildung), Wien. Die Autoren, die teilweise bei der Erstellung des Eurostatguides mitgearbeitet haben, beschreiben exakt die Gewinnung von Informationen aus Daten durch Umrechnung, Berechnung und Schätzung.

Bringezu widmet in seiner Monographie das Kapitel zwei der Methodik von Stoff- und Materialflussanalysen (Bringezu, 2000). Besonderes Augenmerk richtet er dabei auf die Implikationen bzw. die Unterstützungen für eine nachhaltige angewandte Raumentwicklung. Die Stoffflussanalyse wird damit ein Instrumentarium für diese nachhaltige Raumentwicklung. Dabei geht Bringezu auch auf die Möglichkeiten und Vorteile ein, die eine regionale MFA mit sich bringt.

In Schandl et al. (2002) wird die Methodik einer MFA prägnant im zweiten Kapitel beschrieben. Dazu gehören ein tieferes Eingehen auf das theoretische Konzept, auf Voraussetzungen für die Operationalisierung der Beobachtung gesellschaftlichen Stoffwechsels und auf die Input- und Outputflüsse, sowie deren Verknüpfung zu einer physischen Input-Output-Tabelle (Schandl et al., 2002).

In den erwähnten Materialflussrechnungen von anderen Städten (vgl Kapitel 3) sind ebenfalls methodische Entscheidungen getroffen und beschrieben worden. Auffällig dabei ist, dass es sich jeweils immer um sehr daten- und quellenorientierte Methodiken handelt. Offensichtlich sind die Datenquellen oft ausschlaggebend für die Vorgehensweise. Aufgrund der unterschiedlichen, regional zugänglichen Datenquellen und –arten unterscheiden sich die Vorgehensweisen und theoretischen Überlegungen der jeweiligen Autoren. Auch die Wahl der Systemgrenzen, eigentlich eine grundlegende und ergebnisbeeinflussende Entscheidung, variiert hierbei. Dies ist nicht nur auf die unterschiedlichen Erscheinungsjahre (Wolman, 1965) und Untersuchungsbereiche (Baccini et al., 1993a) zurückzuführen, sondern beruht auch auf unterschiedlichen theoretischen Grundannahmen. So ist beispielsweise bei der Wiener Studie (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996) nicht so sehr Wert auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und Übertragbarkeit der Methode gelegt worden, sondern eher auf das konkrete Ergebnis und dessen Darstellung, sowie auf die Folgen für die Stadt Wien.¹³

¹³ Die Studie wurde unterstützt von der Wiener Internationalen Zukunftskonferenz und enthielt schon in der Fragestellung eine Betonung auf die praktischen Folgen für Wien.

Die hier vorgelegte MFA für London versucht, so weit wie möglich die methodischen Vorgaben der internationalen Vereinbarungen zu befolgen. Damit lässt sich ein etwaiger Vergleich mit anderen dieser Methode folgenden nationalen und regionalen MFA relativ problemlos anstellen. Die bestehende Methode, die für das soziale System einer Volkswirtschaft ausgearbeitet ist, musste dabei jedoch auf die Bedingungen und Datenlage für eine Stadt adaptiert werden. Zusätzlich sollte die gewählte Methode für andere regionale Untersuchungen übertragbar sein. Dies wären z.B. andere Government Office Regions und Metropolen im Vereinigten Königreich. Es handelt sich daher nicht um eine nur auf die Stadt London bezogene Arbeit. Die Arbeit soll Orientierung geben für regionale MFA insgesamt, um eine Kommunizierbarkeit der Ergebnisse zu fördern. Ob und in wie weit die adaptierte Methodik auf andere europäische oder sogar außereuropäische Regionen angewendet werden kann, wird in erster Linie davon abhängen, auf welche Art und Weise statistische Daten für diese sozialen Systeme vorliegen. Da es sich bei den für London verwendeten Daten um national registrierte Daten handelt, ist die Anwendung der methodologischen Überlegungen auf andere Regionen des Vereinigten Königreichs gewährleistet und sollte keine zusätzlichen Probleme aufwerfen. Wäre dies nicht der Fall, könnte man die Art und Weise des Vorgehens und der Beschreibung nicht als Methode bezeichnen, sondern lediglich eine singuläre Beschreibung des Stoffwechsels der Gesellschaft Londons.

4.5. Inputs und Outputs – Klassifikation

In der Metabolismusbetrachtung wird ein soziales System hinsichtlich seiner physischen Inputs und Outputs betrachtet. Jedes soziale System muss einen Metabolismus mit der Natur und anderen sozialen Systemen organisieren, um sich in biophysischer Hinsicht reproduzieren zu können.

Die Inputs sind all die Materialien, die zur Funktion der Gesellschaft benötigt werden und daher einen ökonomischen Nutzen aufweisen. Outputs sind jene Materialien, die das soziale System verlassen. Dabei handelt es sich um Abfälle und Emissionen, die an die lokale Natur abgegeben werden und um Produkte, die an andere soziale Systeme geliefert werden (vgl. Abb. 11).

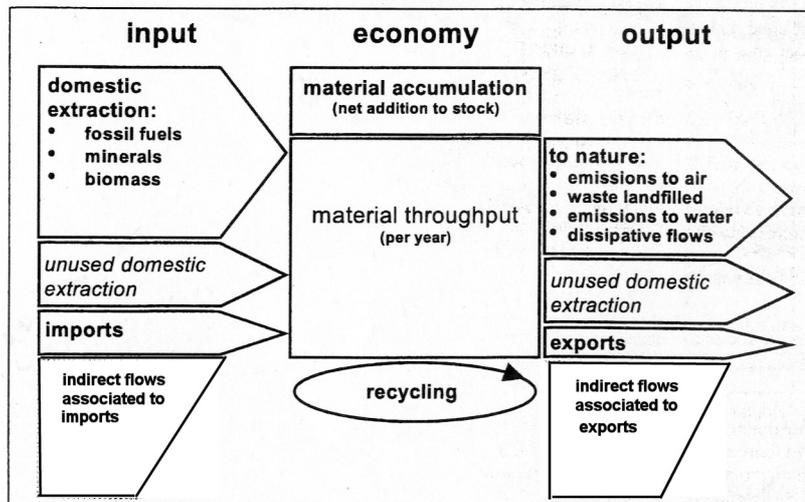


Abbildung 11: Erfasste Materialien bei einer vollständigen MFA
 Quelle: (European Commission: Eurostat, 2001)

Neben den Inputs und Outputs existiert auch noch die Kategorie der Materialflüsse innerhalb des Systems, wie z.B. die Konversion von Biomasseresten (Küchenabfälle) zum Brennstoff für eine Müllverbrennungsanlage auf dem Territorium der untersuchten Volkswirtschaft ein solcher Materialstrom wäre. Die Grundsatzentscheidung, das zu untersuchende soziale System als Black Box zu betrachten, lässt diese Flüsse außerhalb der Betrachtung. Es ist anzunehmen, dass die Flüsse innerhalb des Systems nicht in ihrem ganzen Umfang erfasst werden können. Darstellbar sind sie mit den Input-Output-Tabellen, wie sie z.B. in Behrensmeier und Bringezu (1995) beschrieben sind. Es sei darauf hingewiesen, dass die Unterscheidung zwischen den Input/Outputflüssen und den Materialflüssen innerhalb des Systems streng einzuhalten ist, um keine Flüsse innerhalb des Systems in die Materialbilanz versehentlich mit einzubeziehen und damit eine Bilanz durch Doppelzählungen zu verfälschen.

4.5.1. Inputs

Es hat sich als erfolgreich erwiesen, eine MFA mit den Inputerfassungen bzw. –berechnungen zu beginnen. Der Hauptvorteil liegt darin, dass die Datenlage bei den Inputs relativ gut ist, und alle Materialflüsse zu einem zufriedenstellenden Grad erfasst sind. Daher kann man davon ausgehen, dass jene Materialien, die auf der Inputseite die

Systemgrenze überschreiten, ein relativ vollständiges Bild von der Größe und der Art der zu erfassenden Materialien liefern. Dies ist wiederum nützlich, weil dadurch ein Referenzrahmen für die Outputseite geschaffen ist. Wie in Kapitel 2.6. erläutert, muss ja die Größe der Inputs gleich der Größe der Outputs, korrigiert um den Nettozuwachs bei den Beständen sein. Durch Anwendung dieser Basisgleichung können eventuelle Lücken in der Output-Erfassung aufgedeckt werden.

Die Inputs lassen sich methodisch wiederum klassifizieren. Dabei unterscheidet man zwischen inländischen Entnahmen (Domestic Extraction [DE]) und Importen.

4.5.1.1. Domestic Extraction

Unter Domestic Extraction versteht man all jene Materialien, die aus der natürlichen Umwelt direkt in das soziale System gelangen. Bei der DE entstehen also Materialströme, die der territorialen Umwelt eines sozialen Systems (im vorliegenden Fall des Stadtgebiets von London) entnommen werden und in das zu beschreibende soziale System gelangen. Dazu sind beispielsweise die landwirtschaftliche, pflanzliche Produktion (Ernte) und im Bergbau abgebaute Materialien zu zählen. Unterschieden wird bei diesen Materialentnahmen zwischen ökonomisch genutzten (used) und ökonomisch nicht genutzten (unused) Entnahmen. Ökonomisch genutzt muss hierbei in einem breiten Sinn verstanden werden. Es handelt sich nicht nur um das Material, das ökonomischen Wert besitzt, sondern auch um jene Materialien, die bei der Gewinnung dieses ökonomisch verwertbaren Materials unvermeidlicherweise anfallen. Unused flows sind also Materialien, die von der Gesellschaft bewegt wurden, aus denen aber in keiner direkten Weise ein Nutzen entsteht. Wird also das Stroh aus der Weizenproduktion nicht als Einstreu oder Dünger verwendet, sondern sofort entsorgt, würde es sich dabei um nicht verwertetes (unused) Material handeln. Wird das Stroh als Einstreu in Ställen verwendet, handelte es sich um eine verwertete (used) Entnahme. Ein anderes Beispiel für diese ungenutzten Materialien ist nicht verwendeter Bodenaushub bei Bautätigkeiten oder im Tagebau von Kohle.

Ungenutzte Ströme werden häufig auch synonym als Hidden Flows (versteckte Flüsse) bezeichnet, da diese selten statistisch erhoben und deshalb in einer ökonomischen Betrachtungsweise leicht übersehen werden.

4.5.1.2. Importe

Die Importe (Imports) sind all die Ströme, die aus einem anderen sozialen System in das betrachtete soziale System gelangen. Die Materialflüsse bei den Importen (Imports) lassen sich wiederum in zwei Gruppen klassifizieren. Dies sind einerseits die direkten Flüsse (Direct Flows). Die Materialien der direkten Materialflüsse passieren die Systemgrenze, treten damit in das System ein und werden von ihm genutzt. Ausschlaggebend bei der Erfassung ist hier wiederum ihr Gewicht zum Zeitpunkt des Grenzübertritts.

Die ‚Indirect Flows‘ dagegen gelangen nicht über die Grenze des betrachteten sozialen Systems. Sie sind Materialströme, die zur Herstellung des Importproduktes gedient haben und daher auch als Vorleistungen bezeichnet werden. Dazu zählen all jene Materialien, die zur Produktion eines Produkts notwendig waren, das die Systemgrenze zur Gesellschaft überschreitet. Diese indirekten Flüsse können berechnet werden. Bei Durchführung solch einer Arbeit spricht man von der Berechnung der ökologischen Rucksäcke.¹⁴

4.5.2. Outputs

Outputs sind erfahrungsgemäß häufig schlechter erfasst als Inputs. Dies kann an einer nur selektiv durchgeführten Erfassung liegen, jedoch auch an der Eigenschaft, dass Outputs in bestimmten Fällen offiziell nicht registriert sind oder es technisch auch nicht möglich ist, sie zu erfassen. Letzteres ist z.B. häufig bei den Produkten von Verbrennungsprozessen oder dissipativen Verlusten der Fall. Analog zu den Inputs lassen sich auch Outputs in Unterklassen einteilen. Ausschlaggebend ist dabei, wohin die Outputs gelangen. Unterschieden wird jedenfalls zwischen Outputs in die natürliche Umwelt (Outputs into the Environment) und die Exporte (Exports) in andere soziale Systeme.

¹⁴ In zwei Diplomarbeiten am IFF – Abteilung Soziale Ökologie in Wien wurde sich eingehend methodisch und theoretisch mit Rucksackberechnungen auseinandergesetzt. Daher sei hier zur weiteren Beschäftigung mit dem Thema darauf verwiesen (Eisenmenger, 2001) (Oswald, 2001).

4.5.2.1. Outputs an die lokale Natur (Outputs into the Environment [OiE])

Bei diesen Outputs handelt es sich sowohl um Materialien, die ökonomisch genutzt (processed) wurden, als auch um solche, die nicht genutzt wurden (unprocessed), also ehemalige unused materials. So entsprechen die processed flows bei den Outputs auch den used flows bei den Inputs und die unprocessed flows bei den Outputs auch den unused flows bei den Inputs.

Diese processed Outputs into the Environment beinhalten einerseits die registrierten Emissionen (Luftemissionen, Abfälle, Emissionen ins Wasser), andererseits aber auch die sogenannten dissipativen Nutzungen und dissipativen Verluste (Dissipative Uses + Dissipative Losses). Dissipative Verluste sind beispielsweise die verlorene Materie beim Reifenabrieb und vor allem auch der Verlust an Material durch Verwitterung an Gebäuden oder anderen Beständen (Stocks) im sozialen System. Dissipative Nutzungen dagegen sind bewusste Abgaben an das System Natur. Hierbei handelt es sich z.B. um die Abgabe von Streusalz oder Dünger. Diese Abgabe hat dabei fast immer einen Nutzen für die Gesellschaft und ist, im Gegensatz zu den dissipativen Verlusten, eine kontrollierte Abgabe an das System Natur.

Alle OiE und die Dissipative Uses/Losses werden im Indikator Domestic processed Output to Nature [DPO] zusammengefasst.

4.5.2.2. Exporte

Analog zu den Importen lassen sich die Materialflüsse des Exports wiederum in direct und indirect flows klassifizieren. Ausschlaggebend bei der Erfassung ist wiederum das Gewicht zum Zeitpunkt des Grenzübertritts.

4.6. Überblick der im Rahmen der vorliegenden Arbeit berechneten Materialflüsse

Für die Materialflussrechnung London werden nur einige der in Kapitel 2.10. erwähnten Materialflüsse empirisch erfasst. Folglich wird nicht eine komplette Materialbilanz berechnet, wie sie das Methodenhandbuch von EUROSTAT (2001) beschreibt. Zur Erläuterung: Im Mittelpunkt der MFA steht das soziale System London als Black Box, in welcher die, durch seinen Metabolismus begründete, Produktion und Konsumtion der Materialien stattfindet. Aufgrund der Eigenschaft Londons als ein städtisches soziales System lässt sich schon im Vorfeld sagen, dass gewisse Flüsse mengenmäßig von geringer Bedeutung sein werden. Eine Stadt konsumiert typischerweise viele Güter, die sie nicht selber produziert hat. Die Domestic Extraction kann allein aufgrund der urbanen Landnutzung (61,5 % urban oder semi-urban (Bell, 2001)) nicht groß sein. Auch die unused flows werden dadurch entsprechend klein sein.

In der vorliegenden Arbeit werden, abgesehen von Importen und Exporten, nur die Used Domestic Extraction und die Processed Outputs into the Environment erfasst¹⁵. Also nur die Materialien, die auch von der Gesellschaft ökonomisch genutzt werden.

Es wurde ebenso die Entscheidung getroffen, alle indirekten Materialströme, die mit den Importen als auch mit den Exporten verbunden sind, nicht zu erfassen. In die Gleichung $Inputs = Outputs + net\ Stock\ accumulation$ werden die indirekten Materialströme sowieso nicht mit einbezogen und würden den Umfang der Arbeit erheblich vergrößern und die Definition von Systemgrenzen erschweren. Dies heißt jedoch nicht, dass die indirect flows nicht erfassbar, bzw. die ökologischen Rucksäcke einer Region nicht berechenbar wären. Dieser Aufgabe könnte sich eine mögliche anschließende Arbeit stellen.

¹⁵ Unused Domestic Extraction tritt im Fall London wahrscheinlich nur in kleinstem Ausmaß auf. Es gibt keinen Erzabbau oder ungenutzt bewirtschaftete Wälder, wo eine unused DE auftreten könnte. Eine Unklarheit stellten die ungenutzten Materialströme dar, die beim Bau von Straßen, anderer Infrastruktur oder Gebäuden anfallen. Neue U-Bahntunnel wurden im Jahr 2000 allerdings nicht gebohrt (London Transport, 2000).

Einen Sonderfall nimmt das aus den U-Bahnschächten gepumpte Grundwasser ein (Environment Agency, 2001). Es ist zwar erfasst, stellt aber streng genommen einen großen Fluss an nicht genutztem (unused) Material dar. Hierauf wird im Kapitel 6 näher eingegangen.

Eingehen in die Materialflussrechnung werden damit die used, processed und direct flows. Der Summenindikator für die used domestic extraction und die direkten Materialströme des Imports ist der direkte Materialinput (Direct Material Input [DMI]).

Folglich werden auch nur für die DMIs, die direkten Exporte und die DPOs in der regionalen Materialflussrechnung London auch weitere methodische Entscheidungen getroffen, da auch diese Materialien empirisch erfasst werden.

- DMI
- DPO
- direct Exports

Tabelle 3: Erfasste Materialströme bei der MFA London

Quelle: Eigene Darstellung

Andere mögliche Indikatoren sind nach Eurostat (2001) in Abbildung 12 aufgezählt:

INPUTS (origin)	OUTPUTS (destination)
Domestic extraction Fossil fuels (coal, oil...) Minerals (ores, sand...) Biomass (timber, cereals...)	Emissions and wastes Emissions to air Waste landfilled Emissions to water
Imports	Dissipative use of products and losses (fertiliser, manure, seeds; corrosion...)
DMI - direct material inputs	DPO - domestic processed output to nature
Unused domestic extraction From mining/quarrying From biomass harvest Soil excavation	+ Disposal of unused domestic extraction From mining/quarrying From biomass harvest Soil excavation
TMI - total material input	-TDO - total domestic output to nature
	+ Exports
Indirect flows associated to imports	TMO - total material output
TMR - total material requirements	Net Additions to Stock Infrastructures and buildings Other (machinery, durable goods, etc.)
	Indirect flows associated to exports

Note: excludes water and air flows (unless contained in other materials).

Abbildung 12: Indikatoren, die aus einer MFA ableitbar sind

Quelle: (European Commission: Eurostat, 2001)

Zur Verdeutlichung der in der Arbeit erfassten Größen steht hier Abbildung 13 zur Verfügung:

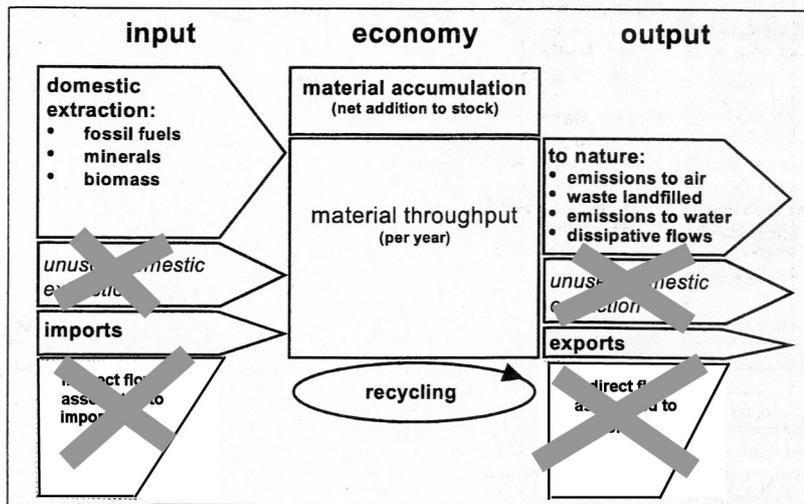


Abbildung 13: Erfasste Materialien bei der MFA London
 Quelle: (European Commission: Eurostat, 2001)

4.6.1. Grundprobleme bei Importen und Exporten für regionale MFA

Bei den MFA, die für gesamte Volkswirtschaften (Nationalökonomien) durchgeführt werden, liegen genaue Daten über den Import und den Export dieser Volkswirtschaft vor, da der Außenhandel grundsätzlich in der nationalen Statistik erfasst ist. Auch für wirtschaftliche Großregionen, wie die Europäische Union, sind solche Daten erhältlich. Ob Außenhandelsdaten nur in monetären Einheiten vorliegen oder in Gewichtseinheiten, hängt wiederum von der jeweiligen statistischen Vorgehensweise ab. Für eine Region sind diese Daten allerdings normalerweise nicht erfasst.

Da ein Staat den Außenhandel beobachten muss, um z.B. Zölle einheben und Außenhandelsdefizite oder –überschüsse dokumentieren zu können, existieren nationale Daten. Eine Region, respektive Stadt, hat aber einen offenen Binnenmarkt mit der zugehörigen Nationalökonomie. Es gibt daher keine Statistiken für den Quasi-Außenhandel der Region mit den sie umgebenden sozialen Systemen. Es gibt keinen zwingenden Grund, etwaige Materialflüsse innerhalb der eigenen Volkswirtschaft detailliert zu dokumentieren. Eine solche Erfassung ist zwar für einzelne Unternehmen interessant (für die dann im Falle einer Erfassung PIOTs erstellt werden können), für eine administrative Einheit wie die Region Greater London ist es aber offensichtlich nicht von primärer Bedeutung, Außenhandelsverflechtungen mit dem In- und Ausland statistisch zu erfassen.

Der „Außenhandel“ mit dem restlichen UK wird nicht statistisch erfasst. Dafür liegen im UK monetäre Statistiken vor, die den Außenhandel einer Region (z.B. London) mit ausländischen Staaten dokumentieren (Her Majesty's Custom and Excise, 2002). Der Materialaustausch mit dem inländischen Territorium ist jedoch nicht statistisch festgehalten. Die existierende regionale Außenhandelsstatistik kann also nur als Referenzrahmen dienen, um abzuschätzen, ob die anders ermittelten Werte der gesamten Im- und Exporte (in der Terminologie einer MFA) prozentual mit den Außenhandelszahlen kongruent sind (zur Konversion der monetären Außenhandelszahlen in Zahlen in Gewichtseinheiten vgl. Fußnote 25).

4.6.2. Datenquellen für eine regionale MFA (Beispiel: London)

Für eine regionale MFA lassen sich grundsätzlich drei unterschiedliche Arten von Quellen benennen, die sich jeweils in ihrer Genauigkeit oder Angemessenheit unterscheiden.

i) Einerseits sind jene statistische Daten zu nennen, die der Logik einer MFA genau folgen und in dieser Art auch für das entsprechende soziale System und der, diesem System entsprechenden, Fläche (Area of Greater London) vorliegen. Damit müssen weder Berechnungen noch Abschätzungen vorgenommen werden. Diese Daten sind äußerst wünschenswert, da sie eine verlässliche Quelle bilden und die Erstellung der MFA vereinfachen. Im Londoner Fall sind dies z.B. die Werte für die Entnahme an mineralischen Rohstoffen und Erzen (Mineral Extraction), folglich ein Teilbereich der Domestic Extraction (Office for National Statistics, 2001a).

Es sind jedoch zwei Kategorien von Daten auseinander zu halten; einerseits die, die vollständig erhoben wurden und andererseits solche, die aus repräsentativen Untersuchungen hervorgehen. Die mineral extraction zählt dabei zu ersteren, die Konsumstatistik für Nahrungsmittel sowie die Transportstatistik für die Straße z.B. zu letzteren (Department for Environment, 2001b) (Department of the Environment, 2001a). Auf der Outputseite beruhen z.B. Daten über die Deponierung von Abfällen auf Vollerhebungen.

ii) Weniger optimale Daten sind jene, die disaggregiert für die zu untersuchende Region vorliegen, aus denen aber nicht direkt Informationen hinsichtlich des Gewichts der

Materialien, die Input- oder Outputströme darstellen, gewonnen werden. Diese Daten sind wichtig für Berechnungen und Abschätzungen und liefern im Optimalfall, je nach Kombination und vorliegenden Koeffizienten, sehr zuverlässige Ergebnisse hinsichtlich der ermittelten Masse. Hierzu zählen Angaben hinsichtlich der Nutzfläche (etwa der landwirtschaftlichen Produktion), der zugelassenen Kraftfahrzeuge, der Bevölkerung oder des Tierbestandes (Department for Environment, 2001a) (Department of the Environment, 2001b; Dixon et al., 2000).

iii) Nicht auf regionale Unterschiede ausgerichtete Daten sind solche, die auf meist nationaler bzw. auch internationaler Ebene erhoben werden und damit eine suboptimale Grundlage für die Erstellung einer regionalen MFA stellen, da regionale Eigenheiten nur begrenzt dargestellt werden können. In vielen Fällen muss aber darauf zurückgegriffen werden, weil keine disaggregierten Daten zur Verfügung stehen. Damit sind keine exakten Teilrechnungen durchführbar und die Ergebnisse stellen lediglich Näherungen dar. Regionale Ergebnisse lassen sich z.B. über pro Kopf oder auch pro Energie konsumierende Anlage berechnen. Die so ermittelten Gewichtsangaben liefern dabei einen Referenzrahmen für die Größenordnung des Materialstroms und komplettieren die MFA bzw. liefern Angaben zur Überprüfung.

Koeffizienten spielen, wie aus den vorangegangenen Ausführungen hervor geht, eine wichtige Rolle und werden daher hier, in Verbindung mit der Beschreibung der möglichen Datenquellen, ausdrücklich erwähnt. Genau genommen sind dies auch Daten, die für eine MFA erhoben werden. Sie können sich spezifisch auf eine Region beziehen oder auch allgemein anerkannte, nationale oder internationale, ermittelte Durchschnittswerte sein. Vorzugsweise sind sie aus Sekundärliteratur, bei der sich eingehender mit dem Problem beschäftigt wurde, zu beziehen oder werden von Experten eingeholt.

Die im Eurostat Methodenguide (European Commission: Eurostat, 2001) angegebenen Datenquellen können also nur da genutzt werden, wo sie auch für die zu untersuchende Region in äquivalenter Form vorliegen. Ist dies nicht der Fall, muss aus den oben aufgeführten Möglichkeiten eine entsprechende Alternative gefunden werden. In diesem Falle kommt es dann oft zu einer Verknüpfung von Daten der nationalen Ebene und Nicht-Gewichtsdaten der regionalen Ebene.

Für die hier durchgeführte MFA London sind die in Tabelle 4 aufgeführten Datenquellen genutzt worden. Diese sind in die oben beschriebenen drei verschiedenen Kategorien eingeteilt. Das Bezugsjahr der MFA London ist das Jahr 2000. Sollten Daten von diesem Zeitabschnitt abweichen (z.B. Erfassungszeitraum 09.1999 bis 08.2000), wird dies erwähnt.¹⁶

¹⁶ Das Jahr 2000 ist dahingehend optimal, als dass es einen relativ aktuellen Einblick in den gesellschaftlichen Stoffwechsel Londons liefert und die meisten nötigen Daten veröffentlicht vorliegen. Im Zuge von Umstrukturierungen im Bereich der Datenerfassung und –veröffentlichung kann dies für zukünftige Arbeiten aber Veränderungen mit sich bringen.

Kategorie	Datenquelle	Erhebung
MFA konsistente Daten	(Bell, 2001)	1998/99
	(Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, 1997)	1997
	(Borrows, 2002)	2000
	(Department of the Environment, 2000b)	1999
	(Department for Environment, 2001b)	2000
	(Department of the Environment, 2001a)	2000
	(Department of the Environment, 2001b)	2000
	(Department for Transport, 2000)	2000
	(Department for Transport, 2001b)	2000
	(Department for Transport, 2001a)	2000
	(Department for Transport, 2002)	1999
	(Dunford, 2002b)	2000
	(London Transport, 2000)	2000
	(Ministry of Agricultures, 2001)	2000
	(Dunford, 2002a)	2000
	(Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung - Abteilung Soziale Ökologie, 2000)	2000
	(Office for National Statistics, 2001a)	2000
	(Office of Water Services, 2001)	2000
	(Petts, 2001)	2000
	(Winther, 2002)	2000
Regionale Nicht-Gewicht Daten	(Baccini et al., 1993b)	1993
	(Transport for London, 2000)	2000
	(Department of the Environment, 2000a)	2000
	(Department for the Environment, 2002)	2000
	(Department for Environment, 2001a)	2000
	(Dixon et al., 2000)	1997-99
	(Environment Agency, 2001)	2000
	(Her Majesty's Custom and Excise, 2002)	2000
	(Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996)	1991
	(National Centre for Social Research, 2001)	1999/00
	(Office for National Statistics, 2001b)	2000
	(Office for National Statistics, 2001c)	2000
	(Office for National Statistics, 2002a)	2000
	(Office for National Statistics, 2002d)	2000
	(Office for National Statistics, 2002c)	2000
	(Office for National Statistics, 2002b)	2000
	(Port of London Authority, 2002)	2000
(Transport for London, 2001)	2000	
Hochaggregierte Daten	(Department of Trade and Industry, 2001a)	2000
	(Department of Trade and Industry, 2001b)	2000
	(Department for Trade and Industry, 2002)	2000
	(Ministry of Agricultures et al., 2001)	2000
	(Pet Food Manufacturers' Association, 2002)	2002
Daten allein für Konversion	(Architektur Aktuell 2000)	2000
	(Auer, 2002)	2000
	(Food and Agricultural Organisation Data Base, 2002a)	2000
	(Food and Agricultural Organisation Data Base, 2002b)	2000
	(Mick Warner (Chief Estimator at Alfred McAlpine), 2002)	2000
	(Schulz, 2002)	2000
	(Taylor Woodrow Constructions, 2002)	2000

Tabelle 4: Datenquellen der MFA London

Quelle: Eigene Erhebung

4.6.2.1. Transportstatistiken

An dieser Stelle soll abschließend noch erläutert werden, wie es zu einer einheitlichen, aber möglichst wirklichkeitsgetreuen Transportstatistik als Quelle für Importe und Exporte in/aus das/dem sozialen System London kommt. Diese einzelnen Transportstatistiken sind für alle Government Office Regions des UK erhältlich.

Die Transportstatistiken arbeiten mit der Gewichtseinheit 1000 t. Diese Statistiken sind relativ eindeutig für den Transportweg Straße (Schwerlastverkehr über 3,5 t) und den Transportweg Schiff (Schiffsverkehr nicht Themseintern) vorhanden und geben dort die Transporte nach Materialklassen an (Department of the Environment, 2001a) (Port of London Authority, 2002). Diese Transportstatistiken unterteilen jedoch nicht in Transporte für Industrie und Privathaushalt, sondern nur in die 19 verschiedenen Klassen. Diese Klassen folgen der Logik der NST (Nomenclature Statistique de Transport) der Europäischen Union (Department of the Environment, 2001a). Vom Autor sind aus diesen Klassen vier für eine MFA ausschlaggebende Klassen aufsummiert worden (vgl. hierzu Tabelle 5).

Materialklasse für MFA	Materialklasse nach Transportstatistik Quelle: (Department of the Environment, 2001a)
Biomasse	Agricultural Products Beverages Other Foodstuffs Wood, Timber, Cork
Fossile Materialien	Coal, Coke Petrol and other Fossil Fuels
Baumaterialien	Sand, Gravel, Clay Other Crude Minerals Ores Cements Other Building Materials Iron and Steel Products
Produkte/ andere Materialien	Crude Materials Fertiliser Chemicals Other Metal Products Machinery and Transport Equipment Miscellaneous Manufactures Miscellaneous articles (n.e.s.)

Tabelle 5: Zusammenfassung der Klassen der Transportstatistik in MFA relevante Klassen

Quelle: Eigene Darstellung

Der Eisenbahngüterverkehr nach und von London ist zum letzten Mal zentral statistisch im Jahr 1994 ausgewertet worden, so dass diese sechs Jahre alten Zahlen verwendet werden mussten. Eventuell wird sich mit der Neustrukturierung der Shadow Strategic Rail Authority und der Firma Railtrack in Zukunft wieder eine zentrale, statistische Quelle ergeben. Aus der Datengrundlage geht für den Eisenbahnverkehr nur der Gesamtimport bzw. –export hervor (Transport for London, 2001). Für den Luftverkehr können nur Schätzungen getätigt werden, da eine genaue Erfassung nicht vorliegt. Es existieren nur Daten über die Tonnage an bewegter Fracht auf den Flughäfen vor, so dass nicht genau bestimmt werden kann, welche Masse an Material nach London importiert bzw. exportiert wird und um welche Materialklassen es sich handelt (Department for Transport, 2001a) (Office for National Statistics, 2001c). Genauso verhält es sich für den Transportweg

Straße (Lastverkehr unter 3,5 t) und den Transportweg Schiff (Thamseintern). Für die letzten drei genannten Transportwege wurde daher die Hälfte des Anteils als Import verbucht und die andere als Export. Die Summe für die Transportwege Schiene, Schiff (Thamseintern), Straße (unter 3,5 t) und Luft wurde zunächst gebildet. Danach wurden diese Materialien in Anteilen in die vier übergeordneten Transportklassifikationen (Biomasse, Baumaterial, fossiles Material, sonstiges Material) eingeteilt. Die notwendigen prozentualen Anteile als Berechnungsfaktoren ergeben sich aus bekannten Informationen; diese sind die Prozentanteile, die die anderen beiden Transportwege Straße (über 3,5 t) und Schiff (nicht Thamseintern) in den einzelnen Klassen aufweisen. Diese Methode scheint zulässig, da Schiff (nicht Thamseintern) und Straße (über 3,5 t) allein schon fast 90 % des gesamten Materialimports ausmachen.

Es sei jetzt auch schon darauf hingewiesen, dass der Transportweg Straße für London bezeichnenderweise über 80% des Materialtransports ausmacht (vgl. Kapitel 4.6.2.1).

Nicht erfasst für die GOR London sind Materialimporte bzw. –exporte, die durch Pipelines stattfinden. Die Existenz von Pipelines nach und von London wird aber angenommen.¹⁷

Die Transportstatistik hat den Vorteil, dass sie die Materialien bzw. deren Gewicht zum Zeitpunkt des Übertritts in das System erfasst. Problematisch ist, dass die Transportstatistik (zumindest die der Straße) auf einem statistisch-repräsentativen Survey beruht und nicht eine Beobachtung aller Materialflüsse ist (Department of the Environment, 2001a). Die Transportstatistik wird nur dort in der MFA als Datenquelle eingesetzt, wo keine alternativen Daten vorhanden sind, bzw. wo sie sich als sicherste Datenquelle erweist. In den Fällen der Baumaterialien und fossilen Energieträger wird sie mit den separat ermittelten Daten entsprechend verglichen.

¹⁷ Im Internet ist zu erfahren, dass innerhalb der Stadtgrenzen ein Netz von 350 km Pipelines existiert (<http://www.london.gov.uk>, abgerufen am 23.05.02). Ihr Zweck ist der Transport von Petroleum und Erdgas. Im Falle Londons wird geschätzt, dass etwa 28 % aller Importe von fossilen Energieträgern durch Pipelines erfolgen; Exporte durch Pipelines geschehen nicht.

4.6.2.2. Biometabolismus- und Verbrennungsprozessberechnungen

Diese Berechnungen können dann angewendet werden, wenn es keine andere Möglichkeit gibt, Daten zu ermitteln oder um sie zur Überprüfung bzw. Aufstellung eines Referenzrahmens zu nutzen.

Die Berechnung der biometabolischen Emissionen und Sauerstoffinputs kann mit Hilfe eines schon vorhandenen Datensatzes durchgeführt werden. So ist auch in dieser Arbeit vorgegangen worden. Diese wurden von Amann (2002) nach persönlicher Kommunikation zur Verfügung gestellt (Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung - Abteilung Soziale Ökologie, 2000). Die Datensätze wurden im Rahmen der Studie von Matthews et al. (2000) erstellt. Die Faktoren zur Aufnahme und Abgabe von Materialien von Mensch und Tier sind pro Individuum angegeben, so dass mit Hilfe der Angaben über die entsprechende Population die Materialmenge errechnet werden kann. Auf der Inputseite werden Wasserinput, Nahrungsmittelinput (Menschen) und Wassergehaltinput der Nahrungsmittel (Tiere) registriert.

Auf der Outputseite werden daraus die Massen des Wasserdampfes, CO₂ und CH₄ (nur für den Tierbestand) errechnet. Memorandum Items sind jene Materialien, die mit Hilfe der Outputs errechnet werden. Das Memorandum Item „veratmeter Luftsauerstoff“ muss unbedingt mit Hilfe der Mol-Massen der Stoffe quantifiziert werden, um eine ausgeglichene Materialbilanz erstellen zu können.¹⁸

Bei den Verbrennungsprozessen fossiler Energieträger wird ähnlich vorgegangen. Die Masse der konsumierten Energieträger wird als Ausgangswert herangezogen. Multipliziert man einen hinzugezogenen Koeffizienten (t CO₂/t Energieträger) mit der Masse der

¹⁸ Aus der atomaren Masse (mol) der Elemente, aus denen sich die Verbindung zusammensetzt, wird zunächst die Masse (g) der Elemente ermittelt. Daraus kann die Masse der Verbindung zusammengezählt werden. Daraufhin wird der prozentuale Anteil der Masse des Sauerstoffs und des Materials, mit dem er oxidierte, bestimmt, so dass mit diesen Prozentwerten der Sauerstoffanteil in der absoluten Masse der Verbindung in Tonnen errechnet werden kann.

konsumierten Energieträger, erhält man die Masse des ausgestoßenen CO₂.¹⁹ Wiederum wird entsprechend der Sauerstoffanteil berechnet.

Zur Ermittlung des ausgeschiedenen Wasserdampfs aus der Verbrennung fossiler Energieträger (oder brennbarer Abfälle) wird sowohl der natürliche Wassergehalt der Brennstoffe, als auch der molekular enthaltene Wasserstoff in den Verbindungen berücksichtigt. Letzterer oxidiert beim Verbrennungsprozess mit dem Luftsauerstoff, so dass dieser auf der Inputseite als Balance-Material (Memorandum Item) registriert werden muss.²⁰

Die Angaben über die Masse der Abgase im Verkehrssektor wurden aus einer Veröffentlichung von London Transport übernommen (London Transport, 2000). Für die anderen Produkte von Verbrennungsprozessen konnten die neben dem CO₂ verbleibenden Abgase nur für die im Straßenverkehr konsumierten Energieträger errechnet werden. Da diese im Vergleich zum CO₂ aber einen relativ kleinen Anteil an den Emissionen haben (15-25 %) und im Transportsektor in London eine große Menge Energieträger konsumiert wird, wird dies als ausreichend angesehen. Der enthaltene Sauerstoff wurde analog errechnet.

4.6.3. Genauere Methodik für London

Die Vorgehensweisen für die Quantifizierung der DMIs werden im Folgenden für die MFA London dargestellt. Im Falle dieser regionalen, städtischen MFA können die Inputs nur bedingt mit einer nationalen Materialflussrechnung (in diesem Falle des UK) verglichen werden, da Importe aus dem Vereinigten Königreich in das Gebiet Greater London als Importe zählen, national aber teilweise eine Domestic Extraction oder einen Fluss innerhalb der Gesellschaft darstellen würden. Dies muss bei Verknüpfungen beachtet werden, um eine Doppelzählung (Double Counting) zu vermeiden.

¹⁹ Datenquelle für den Koeffizienten war das Internet (www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/daten/1.doc, abgerufen am 13.06.02), sowie die MFA Wien (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996) für Vergleichswerte.

²⁰ Memorandum Items sind solche Materialien, deren Aufführung auf der Inputseite der Materialbilanz notwendig wird, wenn durch chemische Reaktionen (z.B. Oxidation) oder einfache Prozesse in der Natur (z.B. Niederschlag) nicht erfassbare Materialien die Systemgrenzen überschreiten und bei den Outputs quantifiziert sind. Um diesen versteckten Input nicht zu vernachlässigen, werden diese aus den in Frage kommenden Outputströmen errechnet (vgl. auch (European Commission: Eurostat, 2001))

In den Bereichen „Construction Material“, „Fossil Fuels“ und bei den Importen bzw. der DE von Privathaushalten wird zum möglichst hinreichend genauen Ermitteln der Werte versucht, eine Art eigene Konsumstatistik zu erstellen. Diese Konsumstatistik, die in jedem Bereich auf verschiedene Art und Weise aufgestellt wird, quantifiziert das Material bei der ersten ökonomischen Nutzung nach Grenzübertritt in das System. Daher muss beim Einsatz dieses Materials auf Anteile der Domestic Extraction bzw. der Importe geachtet werden. Mit diesen Informationen sind aber gesichertere Aussagen zulässig bzw. können Schwächen und Stärken der zur Verfügung stehenden Quellen überprüft werden. Die Details zur Ermittlung der Konsumstatistik werden in den einzelnen Abschnitten erläutert.



Abbildung 14: Inner London vom Primrose Hill aus
Quelle: Eigenes Bild

4.6.3.1. Domestic Extraction (Raw Materials)

Bei dem sozioökonomischen System Greater London reduziert sich die Domestic Extraction auf die zwei Materialgruppen Biomasse und Mineralien (Office for National Statistics, 2001a) (Petts, 2001). In anderen regionalen MFA (häufig für soziale Systeme

ländlicher Gesellschaften) muss ggf. die DE von fossilen Materialien mitberücksichtigt werden.

4.6.3.1.1. *Biomasse (Biomass)*

Die landwirtschaftlich für Menschen und für Haustiere produzierten Güter stellen hier die Biomasse dar.²¹ Als Datenquelle fungiert hierbei die Veröffentlichung des Office for National Statistics über die Landnutzung (Department for Environment, 2001a). Dabei zählen die landwirtschaftlichen Nutztiere zum sozialen und die angebauten Pflanzen zum natürlichen System. Die Verfütterung von selbst angebauten Futterrüben stellt damit einen Input dar. Das Melken von Kühen stellt aber einen Fluss innerhalb des sozialen Systems dar.

Die Landnutzung wird in Hektarangaben (ha) für jede Anbaupflanze (z.B. Kartoffel) bzw. für jede Pflanzengruppe (z.B. Kleine Früchte) veröffentlicht. Zur Umrechnung der geernteten Pflanzen in Gewichtseinheiten werden Ernteertragszahlen für das Vereinigte Königreich genutzt, die in der Online Datenbank der Food and Agricultural Organisation der UN (FAO) für jedes Jahr abrufbar sind (Food and Agricultural Organisation Data Base, 2002a). In der vorliegenden Arbeit waren dies folglich die Werte für das Jahr 2000. Die Angaben sind in Hektogramm pro Hektar (hg/ha), so dass das ermittelte Ergebnis für die jeweiligen Pflanzen durch 10.000 dividiert werden musste, um auf Ergebnisangaben in Tonnen (t) zu kommen.

Da der Süd-Osten Englands zu den fruchtbarsten Regionen des UK zählt, und eine große Masse landwirtschaftlich produzierter Materialien hier gewonnen werden, werden die Zahlen über die Produktivität pro Hektar für das Vereinigte Königreich in den meisten Fällen übereinstimmen. Eine eventuell höhere Produktivität aufgrund der guten Böden wird dabei z.B durch die geringe Produktivität kleiner Flächen, wie sie in Städten häufig zu finden sind, wieder ausgeglichen.

²¹ Die Biomasse der städtischen Grünanlagen, Gärten etc. ist nicht in die Datenerhebung mit eingegangen, ist aber genauso ein gesellschaftlicher Materialumsatz. Es wird in dieser Arbeit angenommen, dass diese Biomasse zum Großteil in diesen Anlagen ausgebracht wird und an der gesamt extrahierten Biomasse keinen großen Anteil hat.

Da landwirtschaftliche Haustiere zum System Gesellschaft in dieser Arbeit gezählt werden, sind die veröffentlichten Zahlen nur für Zwischenrechnungen von Nutzen. Die Anzahl der Tiere ist z.B. erforderlich, um zu ermitteln, wie viel Biomasse beim Grasens der Tiere auf Weideflächen der Tiere aufgenommen wurde. Zur Errechnung der abgeweideten Biomasse (oder anderer nicht erfasster Erntematerialien, die als Viehfutter dienen) wurden Informationen von Schulz (2002) verwendet (Schulz, 2002).

In einem städtisch geprägten sozialen System mit einem geringen Flächenanteil landwirtschaftlicher Nutzfläche kann davon ausgegangen werden, dass die Domestic Extraction einen sehr kleinen Anteil des gesamten Biomasseinputs ausmacht. Dies kann auch ohne Betrachtung von Ergebnissen für London gesagt werden und bestätigt sich beim Erstellen der Materialbilanz.

4.6.3.1.2. *Extraktion mineralischer Materialien (Mineral Extraction)*

Im Bereich des Bergbaus (Erz- und Mineralienabbau) ist wenig Aktivität auf dem Territorium Londons zu verzeichnen. Die einzig registrierte, also kommerziell genutzte und einen Materialstrom darstellende Naturentnahme ist die Sand- und Kiesgewinnung. Sand- und Kiesmaterialströme, wird angenommen, sind statistisch komplett erfasst, da sich auf dem Stadtgebiet außer der Baubranche keine solche Materialien weiterverarbeitende Betriebe befinden, die eigenen Abbau betreiben könnten. Sand und Kies sind laut Statistik die einzigen Materialien aus der Gruppe der Mineralien und Erze, die zur Domestic Extraction beitragen (Office for National Statistics, 2001a). Die kleinste regionale Ebene stellt in der Veröffentlichung die Government Office Region London dar, die dem Territorium des zu untersuchenden sozialen Systems entspricht. Aufgeschlüsselt sind die Produktionszahlen nach der Materialquelle, also ob sie aus dem Wasser oder vom Land gewonnene Sande und Kiese sind.

4.6.3.2. Importe

Die Importe wurden auf unterschiedliche Weise ermittelt, um eine möglichst hohe Genauigkeit zu erreichen. Dafür wurden sehr unterschiedliche Datenquellen benutzt, um

vor allem für die großen Materialströme nicht nur ungenaue pro Kopf Berechnungen aus nationalen Materialflussrechnungen übernehmen zu müssen. Es ging eher darum, soweit wie möglich Zahlen zu ermitteln, die auch die spezifischen Charakteristika von Greater London repräsentieren und damit eine wirklichkeitsnahe Materialbilanz zu erstellen.

Die Importe werden in nationalen MFA normalerweise nach ihrem Grad der Weiterverarbeitung klassifiziert und zwar in Rohmaterialien, halb verarbeitete Produkte, fertige Produkte, andere Produkte, Verpackungsmaterialien (die mit Produkten importiert wurden) und Abfall (der zur Entsorgung oder Weiterverarbeitung importiert wurde) (European Commission: Eurostat, 2001). Aufgrund von teilweise nicht sehr detaillierten Datenquellen konnte diese Klassifikation nur selten dezidiert eingehalten werden, es wurde aber versucht, sich daran zu orientieren. Wenn keine Daten vorlagen, die Importe bei Eintritt in das soziale System beschreiben, wurden Daten gewählt, die den ersten Konsumtionsprozess oder die erste ökonomische Nutzungen beschreiben.

4.6.3.2.1. *Importierte Rohmaterialien*

4.6.3.2.1.1. Fossile Energieträger

In London werden keine fossilen Energieträger gewonnen Es handelt sich bei den von der Gesellschaft gebrauchten ausschließlich um importierte Materialien. In London sind zwei große und zwei sehr kleine Müllverbrennungsanlagen zu finden. Diese tragen auch zur Energieerzeugung bei, nutzen dazu jedoch in der Logik der MFA keine importierten fossilen Energieträger, sondern solche (den Abfall) aus einem innergesellschaftlichen Materialstrom. Damit stellen die Emissionen aus diesen Anlagen einen Output dar, die Abfalllieferungen jedoch keinen Input. Die beiden einzigen in London gebrauchten fossilen Energieträger sind das Erdgas (Natural Gas) und Petroleumprodukte (Petroleum) (Department of Trade and Industry, 2001a). Es wird folglich davon ausgegangen, dass in London zu verschwindend geringen Anteilen Privathaushalte mit Kohle heizen oder Kohle und ihre Produkte anderweitig genutzt werden oder auch wieder exportiert werden.

Die benutzten Daten sind aus der Kategorie der nationalen Daten und liefern, berechnet mit regionalen Daten, Angaben über die regionalen Materialströme fossiler Energieträger.

Erfasst wird jeweils der Anteil der Energieträger, der zur Energieerzeugung genutzt wird und auch der, der zum sogenannten Non-Energy-Use eingesetzt wird, wie z.B. Stoffe für die chemische Industrie. Die Energieindustrie hat im Jahr 2000 in London nur sechs Anlagen betrieben, von denen nur eine über 1000 MW produziert, die anderen fünf erzeugen kleine zwei- oder dreistellige MW Zahlen (Department of Trade and Industry, 2001a).

Ermittelt wurde der Import von fossilen Energieträgern mit Hilfe der nationalen Veröffentlichungen des Department For Trade And Industry (Department for Trade and Industry, 2002; Department of Trade and Industry, 2001b; Department of Trade and Industry, 2001a; Winther, 2002). Da keine regionalen Zahlen zugänglich sind, ist mit Anteilen der Industriebetriebe, der Verkehrsmittel, der Haushalte und sonstiger zentraler Energiekonsumenten gearbeitet worden.

	Anteil am Energiekonsum (primary input basis)*
Transport	27 %
Industrie	25 %
Haushalte	30 %
Sonstige	17 %
*Diese Werte dienen nur zur Orientierung, berechnet wurde mit den im Text beschriebenen Konsumwerten auf energy supplied basis.	

Tabelle 6: Energie konsumierende Sektoren
Quelle: (Department of Trade and Industry, 2001a)

Diese vier Energiekonsumsektoren sind die am besten statistisch beobachteten. Die benutzten Prozentwerte sind durch die sogenannte Energy Supplied Basis ermittelt worden. Dies hat zum Vorteil, dass die Rohstoffe, die zur Elektrizitätserzeugung genutzt wurden, sich nicht in den Prozentwerten widerspiegeln, da sie unter die Rubrik Secondary Electricity (Sekundärenergie) fallen. Die Umwandlungsverluste der Energiekraftwerke sind ebenso dadurch erfolgreich außen vor gelassen. Das ist für London von Vorteil, da die Sekundärenergieproduktion, im Verhältnis zum gesamten Vereinigten Königreich, eine sehr kleine Rolle spielt (vgl. vorangegangene Angaben über die Kraftwerke). Die Entscheidung für diese Anteilsverteilung hat zum Nachteil, dass Umwandlungsverluste beim Endnutzer und Verluste während der Verteilung nicht mitberücksichtigt sind, und

dadurch ein scheinbar geringerer Verbrauch ermittelt wird. Die letztgenannten Verluste sind jedoch in der Größenordnung in keiner Weise mit dem Energieträgerkonsum der Elektrizitätskraftwerke vergleichbar und werden deshalb in Kauf genommen.

Als Zahlengrundlage diente die Tabelle 1.1 des „Digest of UK Energy Statistics“ (Department of Trade and Industry, 2001a), die sämtlichen Konsum von Energieträgern in der Einheit tonnes of oil equivalent (toe) angibt. Diese Zahlen spiegeln im Unterschied zu den vorher beschriebenen Anteilsprozentzahlen den Primärenergieverbrauch (genauer gesagt ist es ein Gebrauch) wieder, so dass sämtliche Energieträger vollkommen berücksichtigt sind. Die Tabelle ist so eingeteilt, dass der Anteil an toe²², der zur Elektrizitätserzeugung genutzt wird, separat betrachtet und damit nur für die jeweils relevanten Rechnungen berücksichtigt werden kann. Der Energieträgerverbrauch wird, außer für die Kraftwerke, die in London angesiedelt sind, von einem Summenwert errechnet. Dieser Summenwert setzt sich zusammen aus der Final Consumption, den Verlusten, Transportverlusten und sonstigen (other) Konsumangaben.

Final Consumption + Transfer + Losses	=	Ausgangswert für die Ermittlung des Energieträgerkonsums (ohne stromerzeugende Industrie)
---------------------------------------	---	---

Für die stromerzeugende Industrie im Erdgasbereich gilt dagegen:

Electricity Generation + other Energy Industry use	=	Ausgangswert für die Ermittlung des Energieträgerkonsums der stromerzeugenden Industrie
--	---	---

Diese Gleichungen gelten nur für Erdgasprodukte. Für Petroleumprodukte sind die Faktoren in einen einzigen Ausgangswert für die Ermittlung des Energieträgerkonsums miteinbezogen, da es sich a) um sehr kleine, kaum Ausschlag gebende Mengen handelt und b) angenommen wird, dass dieses Petroleum hauptsächlich für Kraft-Wärmekopplungsanlagen im Dienstleistungs- oder Industriesektor konsumiert wird, wie es z.B. in einigen Hotels der Fall ist. Daher gilt für den Petroleumkonsum insgesamt:

Final Consumption + Transfer + Electricity Generation + other Energy Ind. uses	=	Ausgangswert für die Ermittlung des Energieträgerkonsums
--	---	--

²² toe – tonnes of oil equivalent

Im Bereich Energieträgerkonsumermittlung (bei Erdgas ohne stromerzeugende Industrie) wurde so vorgegangen, dass die Anteilszahlen der vier Verbrauchssektoren landesweit berechnet wurden.

$\text{Gesamtenergiekonsum in toe} / 100\% * x \% = \text{Energiekonsum des jeweiligen Sektors in toe}$

Aus diesem Zwischenergebnis wurden dann die konkreten Zahlen für London ermittelt. Aus der prozentualen Größe des Sektors in London im Verhältnis zum gesamten UK wird dann der Energiekonsum des jeweiligen Sektors in London ermittelt.

Energiekonsum des jeweiligen Sektors in toe / 100% * %-Anteil Londons der zu berechnenden Größe vom gesamten UK	= Energiekonsum des jeweiligen Sektors in London
---	---

Industriesektor

Beim Industriesektor geschah dies mit Hilfe von Tabelle 13.3 in der Veröffentlichung „Regional Trends 36“ (Office for National Statistics, 2001c). Es wurden dafür drei Industriebereiche [Construction, Mining etc., Agriculture etc.] berücksichtigt. Die Tabelle gibt die gesamte Anzahl (inklusive Zweigstellen o.ä.) von Betrieben an. Der Anteil Londons an Industriebetrieben des gesamten UK gibt den prozentualen Rechenwert, an, mit dem der Energiekonsum des Sektors nur in London ermittelt werden kann.

Privathaushalte

Im Energiekonsumsektor Privathaushalt wurde nach dem selben Schema vorgegangen. In diesem Fall waren die Privathaushalte auch die ausschlaggebende Größe. Literaturquelle war hierbei die Veröffentlichung „Region in Figures“ (Office for National Statistics, 2001b).

Andere Konsumsektoren

Der Energiekonsumsektor „Others“ wurde aus allen nicht-industriellen Business Betrieben (auch öffentliche Verwaltung), veröffentlicht wiederum in den „Regional Trends 36“ (Office for National Statistics, 2001c) ermittelt.

Transportsektor

Der Transportsektor ist hierbei am kompliziertesten und erfordert daher eine kleine Abwandlung. Tabelle 3.9 aus dem Digest of UK Energy Statistics (Department of Trade and Industry, 2001a) gibt Auskunft darüber, wie groß die Anteile von Straßen- und Luftverkehr im UK sind. Der Eisenbahnverkehr ist wegen seines geringen Primärenergieträgerverbrauchs nicht mit einbezogen worden. Die Zahlen aus dem Schiffsverkehr sind wegen ihrer geringen Menge in den Straßenverkehrsangaben inkludiert. Mit diesen Prozentwerten werden wiederum eigene Energieverbrauchswerte der beiden Verkehrsarten errechnet, die auch in toe angegeben sind. Als letzter Schritt wird der prozentuale Anteil Londons an den Verkehrsarten in die Rechnung einbezogen. Beim Straßenverkehr wurde dieser mit dem Anteil zugelassener Kraftfahrzeuge (Kfz) bestimmt (Department of the Environment, 2001b).²³ Für den Luftverkehr wurde der Anteil von Starts und Landungen als Rechenwert benutzt (Department of the Environment, 2001b). Daraus ergeben sich die Zahlen für den Primärenergieverbrauch der verschiedenen Verkehrsarten in der Einheit toe, die in Summe den Konsum an fossilen Energieträgern des Transportsektors ergeben. Diese Berechnung wurde sowohl für Erdgas als auch für Petroleum durchgeführt.

Energieerzeugende Industrie

Der Gaskonsum von Londoner Kraftwerken beträgt lediglich 2,4 % vom gesamten UK. Dabei wurde von einer in etwa ähnlichen Effizienz aller Kraftwerke ausgegangen und aus Tabelle 5.13 ermittelt (Department of Trade and Industry, 2001a). Mit Hilfe dieser Anteilzahl und den Angaben im Digest of UK Energy Statistics konnte dann die absolute Zahl an konsumierten toe der Elektrizitätswirtschaft errechnet werden (vgl. oben angeführte Formel).

Die insgesamt ermittelten Ergebnisse zum Konsum aller fossilen Energieträger des regionalisierten sozialen Systems können zur Validitätsprüfung mit den in der

²³ In London zugelassene Kfz fahren wahrscheinlich weniger Kilometer im Jahr, als Kfz in ländlichen Regionen. Der Anteil aber von „stadtfremden“ Kfz, der sich in der Stadt bewegt, dürfte aber wegen ihrer Zentralen-Ort-Funktion ungleich höher sein. Wegen dieser ausgleichenden Verbrauchsverhältnisse, wurde in der Arbeit mit der Anzahl der in London zugelassenen Fahrzeuge gearbeitet.

Transportstatistik aufgezeigten Werten verglichen werden. Die Transportstatistik beschreibt mit Ausnahme des Anteils von Pipelines alle Importe fossiler Energieträger. Da keine fossilen Energieträger in den Grenzen des Systems gefördert werden, ist ein direkter Vergleich mit den Konsumdaten möglich.

4.6.3.2.2. *Material mit hohem Anteil an Rohmaterialien*

4.6.3.2.2.1. Baumaterialien (Construction Material)

Zu den Baumaterialien werden hier z.B. Sand, Kies und Ton, Beton, Zement, Steine, Bauholz, Stahl und mineralische Materialien etc. gezählt. Materialien, wie z.B. Zement, die zu unterschiedlichem Grade weiterverarbeitet sind, fallen also, wie im Falle der vorliegenden Studie auch in diese Sektion.

Man geht davon aus, dass alle Baumaterialien, die für Neubau oder Reparatur in Greater London verwendet werden, nach London importiert werden. Die Verrechnung aus der Sand und Kiesgewinnung, sowie das Baumaterialrecycling innerhalb der politisch-administrativen Grenze Londons wird als Ausnahme in einem anschließenden Rechenschritt durch Verrechnung berücksichtigt (siehe unten).

Die Hauptdatenquelle zur Ermittlung der Baumaterialien ist die regional veröffentlichte Finanzstatistik des Outputs der Baubranche in der Einheit Pfund Sterling (GBP) (2002). Diese Angaben beziehen sich auf die insgesamt erhaltenen finanziellen Aufträge. Notwendig hierbei war es zunächst, den Materialkostenanteil bei diesen finanziellen Statistiken zu bestimmen. Die verbleibenden Ausgaben ergeben sich für Arbeitskosten, Maschinenkosten, Planung und sonstige Ausgaben. Nach Expertengesprächen wurde der Materialanteil beim Gebäudeneubau auf 45 % festgelegt, beim Infrastrukturneubau (Straßen, Gleise, Kanalisation etc.) auf 35 % eingeschätzt (Taylor Woodrow Constructions, 2002) (Mick Warner (Chief Estimator at Alfred McAlpine), 2002). Für Reparatur- und Erhaltungsarbeiten wurde jeweils ein Materialkostenanteil von 10 % angenommen.

Aus dem Construction Statistics Annual (Department of the Environment, 2000a) wurden in einem weiteren Schritt die Quadratmeterpreise zur Errichtung für verschiedene Gebäudetypen im UK entnommen. Es wurde ein Mittelwert aus den acht verschiedenen angegebenen Gebäudetypen gebildet, der Angaben für alle Gebäudearbeiten in GBP/m²

ergab. Quadratmeterpreise für Infrastrukturarbeiten wurden aus Expertenangaben (Auer, 2002) und der Zeitschrift ‚Architektur Aktuell‘ (2000) gewonnen.

Auf diese Quadratmeterpreise wurden daraufhin die erwähnten Prozentwerte für Neubau, Reparatur- und Infrastrukturarbeiten angewendet. Daraus ergeben sich die Materialkosten je Quadratmeter, so dass ein Richtwert für den Quadratmeterpreis des Materials in GBP/m² vorliegt. Die Outputzahlen aus der Finanzstatistik in GBP, dividiert durch den jeweiligen Quadratmeterpreis, ergeben dann eine ungefähr errichtete Nutzfläche in m². Daten aus dem Projekt PILOT liefern Koeffizienten für das durchschnittliche Gewicht eines Gebäudes oder einer Infrastrukturfläche je Quadratmeter (in t/m²) (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996). Durch Multiplikation der Nutzfläche mit dem jeweiligen Koeffizienten wird in einem weiteren Rechenschritt die benötigte Masse an Baumaterialien errechnet.

Weil durch die Verwendung der Konversionsfaktoren und Sekundärquellen Zweifel an der Richtigkeit des Resultats auftreten können, empfiehlt es sich, eine Kontrollrechnung für die Menge an Baumaterialien durchzuführen.

Um die Ergebnisse des vorangegangenen Rechenschritts zu überprüfen, wurde eine zweite Methode gewählt, Informationen aus der Finanzstatistik über den Materialkonsum im Bausektor zu erhalten; angewendet auf die finanziellen Outputs im Bausektor, liefern die Prozentwerte für den Gebäudeneubau, den Infrastrukturneubau und die Reparaturarbeiten Angaben über die insgesamt getätigten Materialausgaben im Bausektor. Mit Hilfe der Angaben aus dem Construction Statistics Annual über die Preise von unterschiedlichen Baumaterialien im UK pro Tonne konnten daraus die jeweiligen importierten Massen errechnet werden (Department of the Environment, 2000a). Es wurden dafür Schätzungen für die jeweiligen Hauptmaterialanteile beim Gebäude- oder Infrastrukturbau vollzogen. Aus diesen Hauptmaterialanteilen wurde dann ein Durchschnittspreis pro Tonne Material (GBP/t) jeweils für den Gebäudebau und den Infrastrukturbau ermittelt.²⁴

²⁴ Dazu wurden, stellvertretend für alle verwendeten Materialien, die hauptsächlich benutzten Materialien bzw. deren Preis je Tonne in unterschiedlichen Gewichtungen herangezogen. Im Infrastrukturbau wurde von einem Materialpreis ausgegangen, der sich zu einem Teil aus Sand, zu zwei Teilen aus Aggregaten und zu drei Teilen aus Zement zusammensetzt. Diese Summe mit den Angaben GBP/t wurde dann wiederum durch sechs dividiert, um so zu einem durchschnittlichen Baumaterialpreis zu gelangen. Beim Gebäudebau ging man von einem Teil Aggregat, drei Teilen Stahl, drei Teilen strukturiertem Stahl, zehn Teilen Zement, zehn Teilen Steinen und 20 Teilen Beton aus. Analog wurde der Preis des Baumaterials errechnet.

Aus den einzelnen Summen in GBP des Infrastruktur- und Gebäudebaus (getrennt nach Neubau und Reparatur) erhält man damit die Summe des Gewichts aller Baumaterialien, die in der Region London konsumiert werden.

Die realen Importe in das soziale System sind durch die bisherigen Ergebnisse bzw. deren Überprüfung aber noch nicht ermittelt, da es sich beim Baumaterialkonsum nicht ausschließlich um Importe handelt. Für die Ermittlung der realen Importe ist es daher notwendig, die nicht importierten Materialien von der oben ermittelten Materialmasse abzuziehen. Zu den nicht importierten Baumaterialien gehören jene, die durch Domestic Extraction gewonnen werden und jene, die innerhalb der Systemgrenzen recycelt werden. Das Ergebnis dieser Rechnung stellt dann die Materialmenge dar, die importiert wurde.

Die Transportstatistik liefert zu diesem errechneten Importwert einen direkt vergleichbaren Wert, da aus der Transportstatistik die ungefähre Masse importierter Baumaterialien hervorgeht.

4.6.3.2.2.2. Importierte Biomasse

Die Gesamtimporte der Biomasse müssen aus den Daten der Transportstatistiken für London gewonnen werden.

Wie im Falle der construction materials gibt es einen relativ großen Anteil an weiterverarbeiteten Materialien auch in der importierten Biomasse. Im Falle Londons beträgt der Anteil importierten Rohmaterials nur etwa 13 % (Department for Transport, 2002; Department of the Environment, 2001a; Transport for London, 2001).

Für den privaten Sektor kann der Konsum von Nahrungsmitteln separat ermittelt werden.

Die konsumierte Biomasse in Form von Nahrungsmitteln für Menschen und Haustiere (also den privaten Sektor) wird für die Menschen einerseits mit Hilfe der Ergebnisse des National Food Survey 2001 [NFS] (Department for Environment, 2001b), andererseits mit Hilfe des Family Expenditure Survey [FES] (Office for National Statistics, 2002c) ermittelt. Der FES enthält aber auch Infos über die erworbene Haustiernahrung und Menge an Holz und Kork etc.

Beide Datenquellen liefern statistisch repräsentative Informationen über den durchschnittlichen Nahrungsmittelkonsum im Vereinigten Königreich. In beiden Berichten sind die Ergebnisse von regionalen Erhebungen aufgeführt, so dass gesicherte Angaben für alle Government Office Regions [GOR], also auch für Greater London vorliegen.

Zunächst zum NFS: Der Bericht stellt eine Studie über den Nahrungsmittelkonsum (käuflich erworben, selbst angepflanzt und in der Gastronomie erworben) einer repräsentativen Gruppe der Bevölkerung Großbritanniens dar. Aussagekräftige Daten für die 7,375 Mio. Londoner Bürger sind gewährleistet (Ministry of Agriculture, 2001) (Department for Environment, 2001b). Der National Food Survey liefert Informationen über den Konsum im Haushalt und über jene Nahrungsmittel, die beim auswärtigen Essen zu sich genommen werden. Die Angaben sind pro Einwohner und Woche in Gramm veröffentlicht, so dass der Biomassekonsum mit Hilfe der Einwohnerzahl Londons relativ genau ermittelt werden kann. Zur Ermittlung des Imports von Nahrungsmitteln, die außerhalb des Haushalts konsumiert wurden, wird der Netto-Pendleranteil in die Erhebung mit einbezogen. Netto-Pendleranteil steht dabei für die Differenz aus gesamt vorhandenen Arbeitsplätzen (Angestellte und Selbstständige) im Territorium Greater Londons und der ökonomisch aktiven (also real arbeitenden) Bevölkerung Londons. Zur Ermittlung dieser Informationen wurden der Annual Business Inquiry (Office for National Statistics, 2002b) bzw. der Labour Force Survey (Office for National Statistics, 2002d) herangezogen. Dies wurde als notwendig erachtet, da London als zentraler Ort überregionale Arbeitsplatzfunktionen erfüllt und die benötigte Biomasse der Pendler daher einen ausschlaggebenden Anteil am Gesamtbiomassebedarf darstellt.

Alle Angaben im NFS sind in Gramm pro Person und Woche angegeben, so dass zuerst eine Umrechnung in Gramm pro Person und Jahr vollzogen werden muss. Die Zahl wird also mit 52,14 (der Anzahl der Wochen im Jahr) multipliziert. Danach wird die Gesamtzahl für alle Personen errechnet und in der Gewichtseinheit Tonnen [t] dargestellt. Angaben, die in Volumenangaben oder Stückzahlen gegeben sind, wurden mit einem Konversionsfaktor in Gewichtseinheiten umgerechnet. Zu den Werten, die sich aus dem Eat-Out-Survey, also jenen Informationen über nicht daheim konsumierte Biomasse, ergeben, wird ein durchschnittlicher zusätzlicher Gewichtsanteil von 20 % hinzugerechnet, der für die Küchenabfälle (z.B. Kartoffelschalen etc.) steht (Hüttler et al., 1996).

Informationen über Tierfutter liefert der NFS nicht, der FES dagegen beinhaltet für Haustiere (Hunde, Katzen, etc.) auch diese. Gleichzeitig berücksichtigt er Zimmerpflanzen, Korkprodukte etc., also auch Nicht-Nahrungsmittel.

Der FES liefert, genau wie der NFS, Daten, die für jede GOR statistisch repräsentativ sind. Die Angaben sind aber nicht in Gramm pro Person, sondern in Pfund Sterling [GBP] je Haushalt und Woche angegeben. Dadurch ergab sich eine Ermittlung der jährlichen Ausgaben der Haushalte allein für Biomasse durch die Multiplikation der Daten mit der im Annual Abstract 2002 für das Jahr 2000 veröffentlichten Zahl der Haushalte Greater Londons und der Wochen im Jahr (Office for National Statistics, 2002a). Für die Umrechnung der dann vorliegenden monetären Statistik in Gewichtseinheiten muss ein national ermittelbarer Konversionskoeffizient herangezogen werden²⁵.

Um die Unsicherheiten möglichst klein zu halten, wurden die Ergebnisse hinsichtlich des Biomassekonsums beider Surveys verglichen und schließlich gemittelt, da die Unterschiede doch im Bereich von 2,7 Mio. Tonnen lagen. Diese Mittelwertbildung begründet sich auf den schwierig einzuschätzenden Datengrundlagen, sowie den Unsicherheiten bürgenden Berechnungen. Ausschlaggebend für die Unterschiede sind aber zu einem kleinen Anteil auch die zusätzlich inkludierten Materialien, wie Pflanzen und Haustierfutter. Hinzu kommt das Faktum, dass für das Jahr 2000 das letzte mal der FES und der NFS getrennt veröffentlicht wurden. Zukünftig braucht nur noch eine Datenquelle, der FES herangezogen zu werden, der dann um eine Sektion erweitert ist. Diese liefert, wie der NFS, Angaben in Gewichtseinheiten über den Nahrungsmittelkonsum der Einwohner des gesamten UK.

Da die Biomasse aus DE nur einen kleinen Anteil des Gesamtbiomasseinputs ausmacht, wird davon ausgegangen, dass diese Biomasse direkt von den Privathaushalten Londons

²⁵ Der Konversionsfaktor in t/GBP ergab sich aus dem Quotienten der im Rahmen einer Studie in Gewichtseinheiten erfassten Importe und den finanziell erfassten Importen in das Vereinigte Königreich [UK]. Das Bezugsjahr ist dabei 1997. Die Daten sind in die offiziellen Sektionen klassifiziert, so dass unterschiedliche Faktoren für z.B. alkoholische Getränke, elektrische Maschinen oder verschiedene Erze ermittelbar waren. Um zutreffende Konversionsfaktoren für die einzelnen Klassen des FES zu erhalten, mussten in Ausnahmefällen Mittelwerte aus den Außenhandelssektionen gebildet werden. Auch wurden für einige Klassen ein und der selbe Konversionsfaktor aus den Sektionen benutzt. Die beschriebenen Hintergrunddaten für die Konversionsfaktoren erhielt der Autor persönlich von Schandl, mit Bezug auf folgende Veröffentlichung (Schandl and Schulz, 2001b). Da es sich bei den Konversionsfaktoren um reine Materialpreise bei Import in die Nationalökonomie des UK handelt, wurde für die Ermittlung der Preise für die Endkonsumenten ein hundertprozentiger Preisaufschlag durch die Zwischeninstanzen (Händler, Steuern etc.) angenommen. Dies war nötig, um die Ausgaben der Endkonsumenten, angegeben im FES, mit den Konversionsfaktoren zu harmonisieren. Dieser Preisaufschlag wurde für die Berechnungen mit der Außenhandelsstatistik nicht verwendet.

konsumiert wird. Die Differenz aus Werten der FES/NFS-Berechnung und der DE (für Nahrungsmittel für den Menschen) ergibt somit den Importanteil der Privathaushalte an der Biomasse. Wird dieser von der Zahl der gesamten Biomasseimporte abgezogen, erhält man den Importanteil der übrigbleibenden Gesellschaftsbereiche. Zum Großteil ist dies der weiterverarbeitende industrielle Sektor, aber auch die Landwirtschaft ist nicht zu vergessen.

Um die Genauigkeit der ermittelten Biomasseimporte (durch NFS und FES) möglichst hoch zu halten, werden die Importzahlen mit den Ergebnissen aus Berechnungen des Biometabolismus des Menschen und der Haustiere (Pets) verglichen (vgl. Kapitel 4.6.2.2.). Die Importe müssen dabei in etwa mit dem Nahrungsmittelbedarf der Population Londons (Menschen und Haustiere [pets]) übereinstimmen.

Die Biomasse wurde mit Hilfe eines Datensatzes errechnet, der schon für die World Resource Institute Studie genutzt wurde (Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung - Abteilung Soziale Ökologie, 2000) (Matthews et al., 2000).

4.6.3.2.3. *Materialien mit einem hohen Anteil weiterverarbeiteter Güter*

Hierbei geht es um verbleibende Importe für den Privathaushalts- und Industrie- bzw. Dienstleistungssektor oder sonstige nicht einzeln aufgezählte Bereiche.

Alle zu quantifizierenden Importe in das soziale System Greater London werden also mit Hilfe von Transportstatistiken ermittelt.

Regional heruntergebrochen existieren keine gesonderten Erhebungen etwa zu den Materialeinkäufen bzw. -verkäufen des Industriesektors oder ähnliches, so dass die Transportstatistik als letzte Alternative verbleibt.

Der FES liefert auch in der, in diesem Abschnitt behandelten, Materialklasse Informationen über die Masse der in den Privathaushalten erworbenen Materialien. Aus der Differenz zwischen Importen und diesem Wert lässt sich wiederum die Größe der Materialmasse aller übrigen Gesellschaftsbereiche ermitteln.

Die gesichertesten Importzahlen für die Privathaushalte lassen sich also, wie für die Biomasse, aus dem Family Expenditure Survey ermitteln (vgl. Fußnote 25). Dabei werden nur diejenigen Importe bestimmt, die indirekt von den Privathaushalten bzw. deren

Bewohnern verursacht werden. Genauer gesagt beschreiben die ermittelten Ergebnisse den Konsum der privaten Haushalte aller importierten Materialien, die nicht zu den Klassen Biomasse, Fossile Energieträger oder Baumaterial gehören. Es wird angenommen, dass diese Konsumangaben den Importkonsum des Einzelhandels inkludieren, da dieser ja ausschließlich an die Endverbraucher verkauft.

4.6.3.3. Material Outputs

Die Materialströme, die das sozioökonomische System Greater London verlassen, bestehen aus vier Hauptgruppen, nämlich den Outputs into the Environment [OiE] (Abfälle, Emissions to Air [EtA], Emissions to Water [EtW]), sowie den Exporten. Im Falle der Nicht-Exportmaterialien, also den OiE, sind diese für die Region London relativ gut statistisch dokumentiert. Besonders zu achten war jedoch auf die Gefahr der Doppelzählung, z.B. dass Klärschlamm als Output registriert wird, dieser dann aber getrocknet deponiert wird und folglich mit den Abfällen ein zweites Mal gezählt wird.

Die Datenquellen für die Ermittlung der Outputs von Greater London sind, wie die für die Inputs auch, nur teilweise vergleichbar mit denen, die für nationale MFA genutzt werden können. Die Transportstatistik hat im Falle der Outputs analoge Gültigkeit wie für die Inputs.

4.6.3.3.1. *Direkte Material Outputs in die Natur*

Abfälle und Emissionen stellen eine Hauptgruppe der Outputs dar. Als zweite Gruppe der direkten Materialoutputs an die Natur zählen die dissipativen Nutzungen und Verluste, wie z.B. Dünger und Abrasionspartikel.

4.6.3.3.1.1. Abfälle

Für die Region Greater London gibt es gute Abfallstatistiken. Erstellt werden sie von der Environment Agency, die die Informationen im „Strategic Waste Management Assessment

Report“ genau beschreibt (Bell, 2001). Die Angaben sind in Tonnen, so dass keine Umrechnung stattfinden musste. Die Abfälle sind in drei Hauptgruppen dokumentiert. Diese sind der Haushaltsmüll (Municipal solid Waste [MSW]), der vom Industrie- und Dienstleistungssektor erzeugte Abfall (Industrial and Commercial Waste) und der Bauschutt (Construction and Demolition Waste). Die Daten für den Report stammen aus statistisch-repräsentativen Untersuchungen und gelten für das Beobachtungsjahr 1999/98.

Zu dem Haushaltsmüll werden allerdings auch jene Abfälle gezählt, die im Einzelhandel anfallen und über das normale Hausmüllsammelsystem entsorgt werden. Nicht nur durch die öffentliche Hand gesammelte Abfälle sind registriert, sondern auch solche, die privat zu Deponien oder Sammelstellen gebracht wurden. Für den Haushaltsabfall gibt es im Gebiet Greater Londons zwei größere Deponien und zwei große Müllverbrennungsanlagen (MVA). In den MVA werden 19 % des Haushaltsmülls entsorgt und werden damit nicht direkt in die Materialflussrechnung miteingerechnet, da die MVA, im Gegensatz zu Deponien, Teil des Systems Gesellschaft ist. Der Strom des Abfalls in die MVA stellt damit einen innergesellschaftlichen Materialstrom dar und muss aus den Berechnungen für die Outputs herausgehalten werden, da dieser aufgrund des Verbrennungsprozesses über die Emissionen in die Luft quantifiziert werden muss. Deponien werden in dieser Arbeit ausdrücklich zur Umwelt gezählt.

Der Abfall des kommerziellen Sektors beinhaltet grundsätzlich keinen biologisch abbaubaren (aus organischen Verbindungen bestehenden) Anteil, wird also zum großen Teil zu anderen Deponien oder Entsorgungsstellen gebracht als der Haushaltsmüll.

Der Abfall im Bau- und Abrisssektor spielt nicht nur in der Erfassung eine gesonderte Rolle, sondern ist auch das Herzstück für die Ermittlung der Nettoveränderung der Bestände (Stocks). Auf die Bestände wird gesondert im nachfolgenden Kapitel 4.6.3.4. eingegangen.

Die Abfälle müssen bei den Outputs gesondert betrachtet werden, weil, neben der Besonderheit der Verbrennung, der Großteil (über 50 %) der Abfälle nicht innerhalb der politisch-administrativen Grenzen entsorgt wird, sondern über die Straße, per Schiff oder Zug in die angrenzenden Counties transportiert und dort entsorgt wird. Diese Abfallmengen sind unter den Gesichtspunkten einer Materialflussrechnung dann Exporte und keine direkten Outputs in die Natur, da sie jenes erst außerhalb der Systemgrenzen

erreichen (vgl. Kapitel 4.6.3.3.3.). Also nur die Abfälle, die innerhalb Londons deponiert werden, sind folglich OiE.



Abbildung 15: Die Verladung von Abfällen zum Export in der City of London
Quelle: Eigenes Bild

Abfälle aus den Kläranlagen (nicht der verwertete Klärschlamm) sind in diesen, die Abfallmengen beschreibenden Zahlen vorhanden. Der Klärschlamm selbst wird bei den emissions to water Erwähnung finden.

4.6.3.3.1.2. Luftemissionen (Emissions to Air)

Emissionen konnten für keine bisher erstellte regionale Materialflussrechnung direkt aus einer Statistik übernommen werden. Teilweise existieren Schadstoffausstoßstatistiken, die aus Messnetzen oder Berechnungen hervorgehen. Für London gibt es so eine Aufstellung nach Angaben des Office for National Statistics, Abteilung Environmental Accounts noch nicht (Sheerin, 2002). Genau an der Darstellung regionaler Luftschadstoffemissionen wird aber dort zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit gearbeitet. In Zukunft könnten diese Daten folglich vorliegen und in die MFA einbezogen werden.

Errechnet werden können die Emissionen einerseits durch die Größe des Konsums an fossilen Energieträgern und andererseits durch die Anzahl der Lebewesen, die zur Gesellschaft zählen (Menschen und Tiere), wie es im Kapitel Biometabolismus- und Verbrennungsprozessfaktoren (4.6.2.2.) geschildert ist. Neben den einzelnen Abgasgruppen (vgl. Abschnitt 5.39 in (European Commission: Eurostat, 2001)) muss auch der Wasserdampf für eine Materialbilanz miteinbezogen werden.

Es werden die Emissionen der Lebewesen (H_2O , CO_2 , CH_4 [nur Tiere]) und die CO_2 -Emissionen aller verbrannten fossilen Energieträger (und der verbrannten Abfälle) ermittelt. Die Abgasemissionen aus dem Straßenverkehr (CO , SO_2 [stellvertretend für SO_x], NO_2 [für NO_x], NMHC, PM_{10}) werden aus London Transport (2000) übernommen. Für die verbrannten Abfälle wurde der Gehalt an Kohlenstoff auf 50 % der Gesamtmasse festgelegt. Dieser Kohlenstoffgehalt ist im Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft (1996) für Brennholz angegeben. Es wurde bei Matthews et al. (2000) auch schon angenommen, dass Abfall ähnliche Verbrennungseigenschaften (betrachtet man die Hauptgewichtsanteile der Emissionen) wie Holz hat.

4.6.3.3.1.3. Emissionen in das Wasser (Emissions to Water [EtW])

Es wird davon ausgegangen, dass in London alle Abwässer in die Kanalisation gelangen. Da alle Kläranlagen für London auf dem Territorium Greater Londons liegen, sind die einzelnen Abwässer bzw. ihre Abgabe an die Kanalisation in der Logik der MFA interne Flüsse, da die Kanalisation zum sozialen System gezählt wird.

Daten liegen für die in den Kläranlagen behandelten Abwässer vor. Auf diese wird in Kapitel 5 (Wasser & Sauerstoff) näher eingegangen.

Emissionen einer Gesellschaft in das Wasser sind einerseits Industrieabwässer und Abwässer aus dem Dienstleistungsbereich, andererseits die Abwässer der Haushalte, inklusive der mitgeführten Fäkalien.

Die Emissionen allein von den Menschen in das Wasser bzw. die Kanalisation können wiederum nur mit Stellvertreterdaten berechnet werden. Zur Ermittlung der Fäkalien kann wiederum der Biometabolismus herangezogen werden. In der Summe ergibt sich also die errechnete Masse an von allen Menschen ausgeschiedenen Exkrementen. Die Berechnung ist wiederum mit dem Datensatz für die World Resource Institute Studie vollzogen

worden (Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung - Abteilung Soziale Ökologie, 2000). Andere Abwässer sind nicht gesondert erfasst oder berechnet worden.

4.6.3.3.2. *Dissipative Nutzungen und Dissipative Verluste (Dissipative Uses/Losses)*

Zu den dissipativen Nutzungen zählen in London kaum Straßensplitt oder Streusalz, da die milden Winter dies nur sehr selten im Jahr erfordern. Von einer Erhebung dieser Daten wurde folglich abgesehen. Die Nutzungen in der Landwirtschaft (Saatgut, mineralischer Dünger, nicht-mineralischer Dünger, Herbizide und Pestizide) sind abzuschätzen. Es kann angenommen werden, dass nicht-mineralischer Dünger durch die Berücksichtigung der tierischen Exkrememente zum Großteil bei den OiE enthalten ist. Den größten Anteil dissipativer Nutzungen nimmt meist der mineralische Dünger ein. Der UK-weite Verbrauch ist in einem Bericht der Ministerien/Abteilungen für Landwirtschaft (Ministry of Agriculture et al., 2001) veröffentlicht. Multipliziert mit dem prozentualen Anteil der landwirtschaftlich bewirtschafteten Fläche Londons an jener des gesamten UK (Department for Environment, 2001a), ergibt sich ein aussagekräftiger Wert für den Gebrauch von mineralischem Dünger in London. Andere Uses konnten aufgrund ungesicherter Daten nicht berechnet werden, würden aber wahrscheinlich nicht sehr stark ins Gewicht schlagen, nachdem der mineralische Dünger eine sehr kleine Masse verbucht. Andere Quellen für diese genutzten Materialien wurden nicht untersucht.

Die dissipativen Verluste, wie z.B. Korrosion an Bauwerken, Erosion von Straßenbelägen und Abrasion von Autoreifen, sind nicht statistisch erfasst und auch in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Bei Benutzen eines Koeffizienten könnten vorhandene Angaben von zugelassenen Fahrzeugen, vorhandenen Geschossflächen etc. helfen, ein im realistischen Rahmen liegendes Ergebnis zu liefern. In der Studie Metapolis (Baccini et al., 1993a) wurde z.B. ein Abriebwert der Reifen aller PKW ermittelt. Eine Übernahme des Berechnungsweges in die Londoner Studie war aufgrund der Datenbeschaffenheit aber nicht möglich.²⁶

²⁶ In der Metapolis Studie, die nur den Metabolismus der Privathaushalte untersuchte, lag der Reifenabrieb bei ca. 1,1 Kg/EW*a (Baccini et al., 1993b).

4.6.3.3.3. *Exporte in andere Gesellschaftssysteme*

Wie bei den Importen auch, beschreiben die Exporte jene Materialströme, die das System Gesellschaft (von London) nicht in Richtung Natur, sondern vorerst in Richtung eines anderen Gesellschaftssystems verlassen. Aufgrund der schlechten Datenlage, ist die Entscheidung getroffen worden, wiederum Transportzahlen als Proxy-Daten zu verwenden. Die Datenquellen sind die selben wie im Kapitel 4.6.3.2.3. Unterteilt sind die Exporte in die selben vier zusammenfassenden Materialklassen, wie auch die Importe (Biomasse, Baumaterialien [inklusive Bauschutt/Abfälle], fossile Energieträger, sonstige Materialien).

Besondere Beachtung findet allein, wie schon erwähnt, der exportierte Abfall, für den ja genaue Zahlen vorliegen. Bis auf Metallprodukte und einige Baumaterialien findet sämtliches Recycling von Materialien außerhalb der Grenzen Londons statt. Deshalb ist dieser Materialanteil in den Exportzahlen für den Abfall enthalten. Aus Gründen der Übersicht und Aussagekraft wird dieser jedoch gesondert erwähnt. Außerdem werden große Anteile der kommerziellen/industriellen und Haushaltsabfälle (commercial/industrial waste & MSW) aus dem sozialen System exportiert, um dann außerhalb deponiert oder anderweitig entsorgt zu werden.

Werden diese exportierten Abfälle (zu recycelnde und zu deponierende) also von den Gesamtexporten in der Materialklasse „sonstige Materialien“ abgezogen, erhält man die Masse der weiterverarbeiteten oder produzierten Materialien, die exportiert werden.

Zur Orientierung und groben Überprüfung, dass die verwendeten Daten brauchbar sind, können sie wiederum mit den Außenhandelsdaten Region London (Her Majesty's Custom and Excise, 2002) in ihren Relationen verglichen werden.

4.6.3.4. Stocks

Die gesamten Bestände (Stocks) des Systems Londons zu ermitteln, würde den Umfang dieser Studie erheblich vergrößern. Daher werden die Stocks nicht berechnet. Wichtig aber für die Materialbilanz sind die Nettozu- und abnahmen der Bestände innerhalb eines Erhebungsjahres. Im Bausektor kommt es erfahrungsgemäß zu den größten Bestandsveränderungen (European Commission: Eurostat, 2001).

Die Bestandsveränderungen können innerhalb der Materialbilanz relativ leicht ermittelt werden, indem die Differenz aus Inputs und Outputs gebildet wird. Bei Zuwächsen der Bestände hat das Ergebnis ein positives Vorzeichen, bei einem Schrumpfen der Bestände dagegen ein negatives. Je nach Aufschlüsselung der Daten in einzelne Materialströme, ist eine genauere Unterscheidung der Anteile der Materialklassen an den Bestandsveränderungen möglich.



Abbildung 16: Stockakkumulation durch Bautätigkeit in den Docklands
Quelle: Eigenes Bild

5. Wasser & Sauerstoff

Der Wasser-Materialfluss wird in einem eigenen Kapitel betrachtet, da die Masse des gebrauchten Materials Wasser in einer Industriegesellschaft erfahrungsgemäß bei ca. 80 % bis 90 % liegt. Würde das Wasser folglich mit in die sonstige Materialbetrachtung einbezogen, käme es dazu, dass andere Materialflüsse in der Betrachtung übergangen bzw. äußerst unwichtig erscheinen werden. Umgekehrt betrachtet ist es durchaus sinnvoll, diesen für eine Gesellschaft offenbar so wichtigen Materialfluss gesondert zu beschreiben.

Zu erwähnen ist, dass in der MFA auch ein gewisser Anteil Wasser separat ausgewiesen ist, der durch Leitungsdefekte oder ähnliches (Leakage) direkt wieder in die Natur abgegeben wird. Die Gesellschaft benutzt dieses zwar nicht, aber für die Nutzung des restlichen Wassers ist dieser Materialfluss offensichtlich unvermeidlich. Der Materialfluss stellt damit einen Dissipative Loss dar und macht, separat betrachtet, ca. 26 % des Trinkwassers (Freshwater) aus. Es ist nicht genau zu bestimmen, ob in irgendeiner Weise das Wasser vor dem Verlustprozess genutzt wurde. Um die Bilanz korrekt zu halten, muss auf der Outputseite auch das Wasser, das durch Leitungsverluste oder ähnliches (Leakage) verloren ging, als Materialfluss (dissipativer Verlust) registriert werden.

5.1. Input (Wasser)

Der Input an Wasser in das soziale System ist durch die relativ flächendeckende Fließwasserversorgung in Regionen mit industrialisierten Gesellschaften sehr gut beobachtbar. Die Wasserversorger protokollieren die genutzten Mengen in Litern oder Kubikmetern, so dass eine Umrechnung bei einer angenommenen Dichte von 1 kg/m^3 problemlos in Gewichtseinheiten erfolgen kann. Das soziale System Greater London wird von fünf verschiedenen Unternehmen mit Trinkwasser versorgt, wobei die „Thames-Water Plc.“ 90 % der Wasserversorgung übernimmt (Environment Agency, 2001). Die Daten über das zur Verfügung gestellte Wasser stammen daher von diesem Unternehmen aus einem E-mail Kontakt (Dunford, 2002a; Dunford, 2002b). Sie stehen nur für das in London zur Verfügung gestellte Wasser, nicht für jene von der Versorgung mit eingeschlossenen Bereiche außerhalb der territorialen Grenzen des sozialen Systems (vgl. Abb. 17). Die ermittelten Mengenangaben wurden um einen davon berechneten Anteil von 10 % ergänzt, der für die Versorgungsbeiträge der übrigen vier Wasserversorgungsunternehmen (Three Valleys Water, North Surrey Water, Sutton & East Surrey Water, Essex and Suffolk Water) steht.

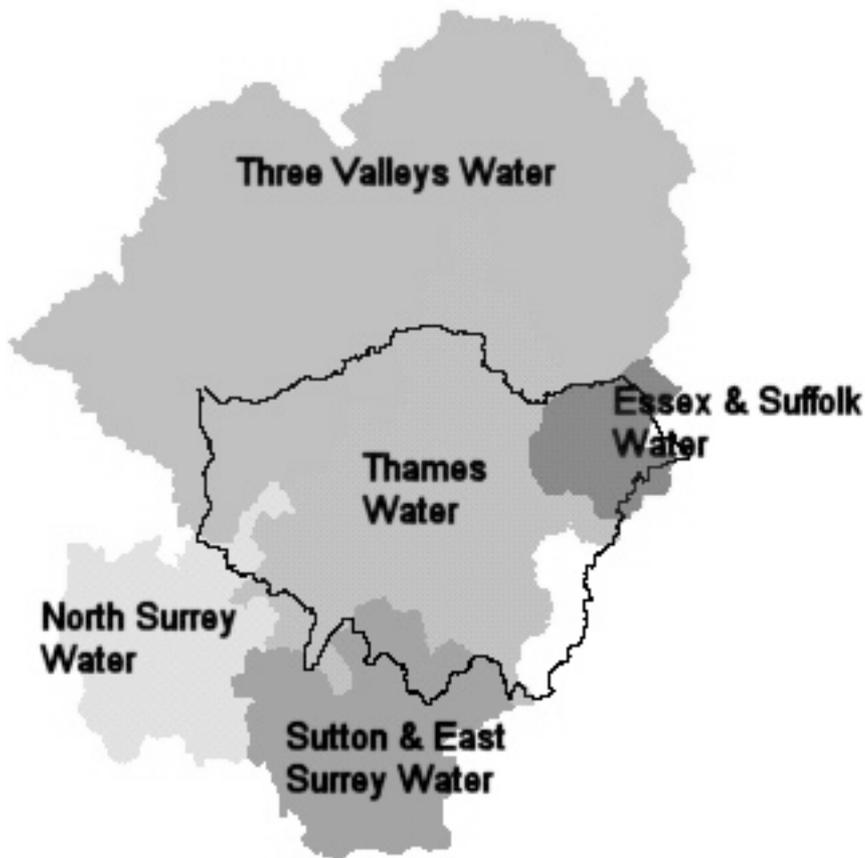


Abbildung 17: Wasserversorgungsunternehmen für Greater London

Quelle: Modifiziert nach: (Environment Agency, 2001)

Auf diese Weise ist aller industrieller und privater Wasserverbrauch erfasst.

Sicherlich eine Besonderheit des sozialen Systems London ist, dass nur ca. 10 % des Wassers aus Grundwasserquellen stammt, die auf dem Gebiet der Stadt liegen. Die restlichen 90 % werden aber aus den Flüssen Themse und Lea gewonnen. Dies geschieht außerhalb der Stadtgrenzen, das Wasser wird dann durch große Leitungssysteme nach London gepumpt. Damit stellt der Großteil des Materialflusses Wasser einen Import dar wie es auch schon bei der Biomasse, den Baumaterialien und den Fossilen Energieträgern der Fall war.

Das Kühlwasser für Kraftwerke konnte nicht erfasst werden, obwohl es in allen MFA einen großen Anteil des gesamten Wasserinputs ausmacht. Streng genommen müsste es in

die Materialbilanz als Flow aufgenommen werden. Dies kann aber in Ermangelung an Daten nicht getan werden. Außerdem befinden sich nur fünf kleine Kraftwerke innerhalb Greater Londons, die zusammen eine Kapazität von nur 1754 MW haben. Da aber weder genaue Informationen über den Kühlwasserdurchsatz noch über die Betriebszeit ermittelt werden konnten, muss auf diesen Materialfluss verzichtet werden.

5.2. Output (Wasser)

Die Outputs des Wassers sind schwieriger zu erfassen als die Inputs. Wird die Kanalisation als zum sozialen System gehörig angesehen, verläuft die Grenze zwischen Gesellschaft und Natur an den Kläranlagen. Das geklärte Wasser stellt damit den Materialfluss aus dem System dar. Es wird angenommen, dass sämtliche Abwässer Londons aufgrund seiner urbanen Prägung in die Kanalisation gelangen. In die Kanalisation gelangt jedoch auch das Niederschlagswasser. Da dieses nicht von der Gesellschaft gebraucht wird, stellt es keinen Materialfluss für das soziale System London dar, muss also von den ermittelten Abwasserzahlen abgezogen werden. Das Niederschlagswasser (<http://www.metoffice.gov.uk/climate/uk/2000>, abgerufen am 12.06.02) (Office for National Statistics, 2001c) stellt damit ein, im Gegensatz zum Sauerstoff, ungenutztes Memorandum Item dar. Abgezogen wird außerdem die Masse des Klärschlammes, die im Jahr verwertet wird.

Alle Kläranlagen werden allein von „Thames Water Plc.“ betrieben. Die Anlagen befinden sich ausschließlich im Stadtgebiet Greater Londons, also im System, so dass streng genommen die Abgabe des geklärten Wassers eine emission to water und kein Export ist.

5.3. Unused Waterflows

Durch einen in den letzten 30 Jahren wieder ansteigenden Grundwasserspiegel dringt täglich in die Tunnel unter der Stadt London Wasser ein, das ausgepumpt werden muss. Dieses Auspumpen ist für das Betreiben der Underground existenziell notwendig. Es handelt sich damit also auch um einen unused Materialstrom, der im Environmental

Performance Report von LT veröffentlicht ist (London Transport, 2000). Er wird ebenfalls in der Materialbilanz extra ausgewiesen.

5.4. Sauerstoff

Der schon erwähnte Sauerstoff, der als Memorandum Item beim Biometabolismus des Menschen und der Tiere, sowie bei allen Verbrennungsprozessen von Energieträgern berücksichtigt werden muss, errechnet sich aus diesen mit den genannten Datensätzen (Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung - Abteilung Soziale Ökologie, 2000), bzw. eigens erstellten Datensätzen.

Die Sauerstoffmasse wurde als Memorandum Item aus den Emissionen der Lebewesen (H_2O , CO_2 , CH_4 [nur Tiere]), den CO_2 Emissionen aller verbrannten fossilen Energieträger und den Abgasemissionen aus dem Straßenverkehr (Abgasdaten (CO , SO_2 [für SO_x], NO_2 [für NO_x]) übernommen aus London Transport (2000)) berechnet.

6. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Materialflussrechnung stützen sich im Endeffekt auf sehr vollständig und umfassend erhobene Daten, so dass eine Bilanz gut erstellt werden kann.

6.1. Vorbemerkung zu den Ausgangsdaten

An dieser Stelle soll kurz auf die Gemeinsamkeiten aber auch Unstimmigkeiten der aus den verschiedenen Quellen ermittelten Daten und den weiteren Umgang mit diesen eingegangen werden.

Insgesamt zeigt sich ein sehr konsistentes Bild. Trotz der Vielzahl der völlig verschiedenen Datenquellen und Ermittlungsmethoden liegen die Ergebnisse von Berechnungen eng beieinander und bestätigen sich innerhalb einer kleinen Schwankungsbandbreite gegenseitig. Konsistent wirken vor allem auch die Outputs gegenüber den Inputs, die eine logisch konsistente Materialbilanz entstehen lassen. Die Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, eine methodisch klar gestaltete regionale MFA durchzuführen. Damit können

von einer städtischen Gesellschaft innerhalb eines Kernlands der Weltwirtschaftsbeziehungen die Besonderheiten gegenüber und die Parallelen zu dem Stoffwechsel ganzer Volkswirtschaften gezeigt werden.

Beim größten Materialstrom (Wasser) unterscheiden sich registrierter Wasserinput (1.054.444.444 t) und Wasseroutput (1.247.289.320 t) aber zu stark, so dass dies als Schwankung innerhalb einer gewissen Toleranzbandbreite gesehen werden könnte. Die Inputdaten sind dabei sehr zuverlässig, da sie sich auf die Zahlen stützen, mit denen die Wasserversorger arbeiten, und diese sehr exakt die von ihnen gelieferte Ware Wasser registrieren. Damit kann die Information als relativ sicher eingestuft werden. Die Zahl für den Wasseroutput beruht dagegen auf einer Schätzung. Das zuständige Unternehmen stellt keine jährlichen Abwasserzahlen bereit und konnte für die Berechnung nur einen mittleren Richtwert liefern (Dunford, 2002a). Trotz einer Reduzierung des Abwasserwerts um einen relativ hohen Jahresniederschlag von 891 mm/m² im Erhebungsjahr 2000 besteht der oben genannte Unterschied. Daher wird im Folgenden, auch in den graphischen Darstellungen und Tabellen für das Abwasser der Wert vom zuverlässigeren Wasserinput übernommen; auf diese Inkonsistenz soll jedoch hingewiesen sein.

Für den zweitgrößten Materialimport (Baumaterial) zeigen sich zwei voneinander leicht abweichende Ergebnisse bei der Ermittlung der Materialinputs. Aus der vom Autor erstellten Konsumstatistik für Baumaterialien ergibt sich ein Materialimportfluss von 16.949.111 t. Dieser Wert wurde bereits durch eine interne alternative Berechnung überprüft (vgl. Kap. 4.6.3.2.2.1.). Allerdings können in der Kontrollberechnung Fehler aufgrund von zu niedrig angenommenen Baukosten/Quadratmeter stecken; Diese wurden aus Zahlen für das UK aus DETR (2000) übernommen und berücksichtigen damit die teureren Bodenpreise in London nicht. Die Berechnungen aus den Transportstatistiken ergeben dagegen einen Materialimportfluss von 13.827.204 t. Die Transportstatistik beinhaltet allerdings Unsicherheiten. Beispielsweise weist Burrows (2002) als Mitarbeiter des DTLR im Kontext der Daten für den Transport auf der Straße selbst darauf hin,

„that such traffic accounts for a very small proportion of total HGV²⁷ activity and as a result, there is only a relatively small number of these cases occurring in the survey. The accuracy of these estimates should therefore be treated with caution.“²⁸

²⁷ HGV – Heavy Goods Vehicles

²⁸ Hinzu kommen Unsicherheiten aufgrund der getroffenen Annahme: Anzahl der Häfen der Port of London Authority auf dem Gebiet der GLA / Anzahl aller Häfen der Port of London Authority = Materialimport ins soziale System London per Schiff / Materialimport in das Gebiet der Port of London Authority.

Da aber auch die eigene Konsumstatistik durch die Berechnungen und die benutzten Zahlen nicht als absolut sichere Datenquelle gelten kann, die beiden völlig voneinander unabhängigen empirischen Resultate aber noch so dicht beieinanderliegende Werte liefern, wird bei der Aufstellung der Materialbilanz der Mittelwert aus beiden Angaben genutzt (15.388.158 t).

Ein anderer Punkt ist an dieser Stelle noch zu erwähnen. Im methodischen Teil dieser Arbeit (Kapitel 4) wird bei den einzelnen Beschreibungen zur Ermittlung der Importe öfter auf die finanzielle Außenhandelsstatistik Londons als Vergleichsquelle verwiesen. Es ist anzunehmen, dass der Außenhandel aller Häfen der Port of London Authority in diese Statistik mit eingebunden ist, auch wenn nur 16,9 % der Häfen im Gebiet Greater Londons liegen. Daher sind die ermittelten Zahlen wahrscheinlich zu hoch. Es sind sicherlich Materialien erfasst, die nie die Systemgrenzen im Sinne der MFA überschritten haben. Andererseits erweist sich ein bestimmter Konversionsfaktor, der für die Umrechnung der monetären Werte der internationalen Außenhandelsstatistik in Materialgewichte benutzt wurde, als ungesichert. Dies kommt daher, dass die Außenhandelsstatistik gerade in den zwei materialintensivsten Bereichen (fossile Energieträger und Baumaterialien) nicht unterscheidet. Es kann kein gesicherter Umrechnungsfaktor für diese in sich unterschiedliche Gruppe ermittelt werden, weil die Preise je Tonne bei den beiden Gruppen sich zu sehr unterscheiden und die Mengen zu groß sind. Als Anhaltspunkt für die verbleibenden Materialimportgruppen ist die internationale Außenhandelsstatistik zwar verwendbar, allerdings erscheinen die für die MFA erhobenen Daten wesentlich zuverlässiger.

Zur Erstellung der gesamten Materialbilanz ist es bei einer MFA notwendig, die einzelnen zur Verfügung stehenden und in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Quellen miteinander zu vergleichen und die bestmögliche bzw. genaueste Bilanz aufzustellen. Da auf Erfahrungen aus anderen MFA zurückgegriffen werden kann, wurde versucht, möglichst genaue Daten für die ausschlaggebenden, größten Materialflüsse zu ermitteln. Im Allgemeinen wird versucht, für alle Daten Referenzwerte aus anderen Quellen oder mit Hilfe anderer Berechnungen zu ermitteln, um Fehlberechnungen und –umrechnungen bzw. auch Schwächen des Datenmaterials aufzudecken. Dies gilt sowohl für die Inputs als auch für die Outputs. Diese möglichen Fehler nehmen ein kleines Ausmaß an, betrachtet man die aufgestellte Materialbilanz.

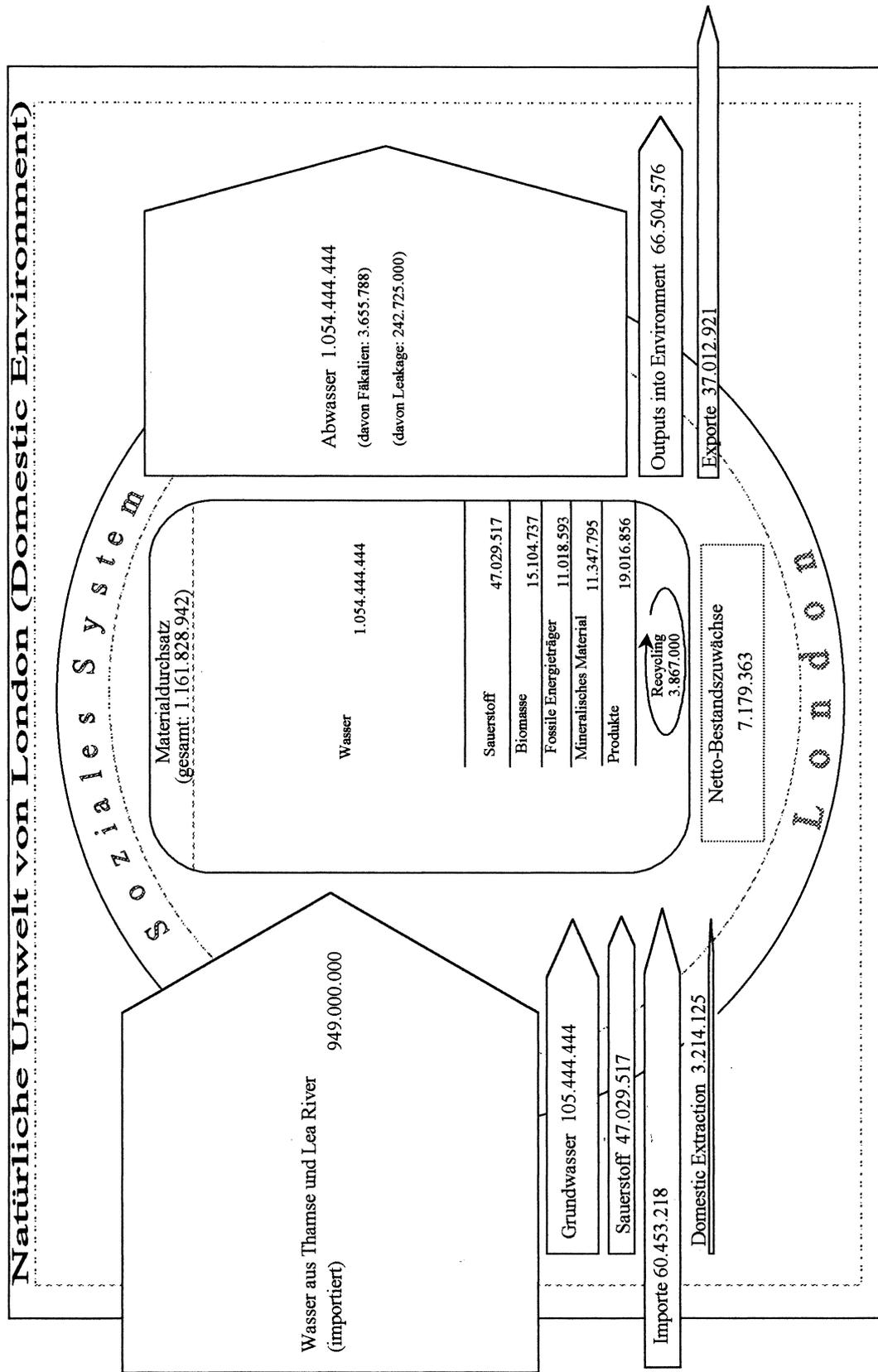
Unter Beachtung der oben genannten Aussagen lassen sich die Ergebnisse der MFA London im nun folgenden Teil darstellen. Die Ergebnispräsentation der ermittelten Materialflüsse wird in zwei größere Abschnitte unterteilt: Zunächst werden Quantifizierungen aller Materialien auf Input- und Outputseite beschrieben und danach nur die Materialflüsse der sonstigen Materialien (exklusive Wasser + Sauerstoff) näher behandelt.

6.2. Ergebnisse der MFA London – alle Materialflüsse

Abbildung 18 beschreibt den Metabolismus von London und macht die Verhältnisse der Materialgruppen untereinander deutlich. Die Pfeile auf der linken Seite zeigen dabei die Inputs, die auf der rechten Seite die Outputs. Die rechteckige Begrenzung steht für die natürliche Umwelt von London, aus der die Domestic Extraction stammt und in die die Outputs into the Environment gelangen. Der Kreis steht für das soziale System London. Innerhalb dieses sozialen Systems ging im Jahr 2000 die im abgerundeten Kasten aufgeführte Materialmasse in den sozial-metabolischen Prozess (Materialdurchsatz) ein. Darin ist das Recycling enthalten, die Bestandszuwächse sind jedoch nicht in diesen Wert mit einbezogen. Insgesamt übertreten 1.165.141.208 t Materialien pro Jahr die Systemgrenze stadteinwärts. Daran hatte das Wasser einen Anteil von 90,5 %. Der gebrauchte Luftsauerstoff hat einen Anteil von etwas mehr als 4 % des gesamten Materialinputs und liegt damit noch hinter den sonstigen Materialien, die sich auf 5,5 % des Inputs belaufen. Ungewöhnlich hoch ist allein der Anteil der importierten Materialien (5,2 % vom gesamten Input), der damit höher als der des Sauerstoffs liegt. Zu erklären ist dies allerdings mit einem zu vernachlässigendem Anteil der DE (<0,3 %). Bei Nationalstaaten hat diese einen größeren Anteil am Input, daher sind weniger Importe nötig.²⁹

Dennoch ist der mit Abstand zweitgrößte Materialfluss der des Sauerstoffs, da die sonstigen Materialflüsse sich aus mehreren Materialklassen zusammensetzen, die sich wiederum in einzelne Rohmaterialien oder Produkte unterscheiden lassen.

²⁹ Die Angaben über den Sauerstoff sind außerdem nicht ganz vollständig, da außer CO₂ die Abgase (CO, SO_x, NO_x etc.) der Energiekonsumenten mit Ausnahme des Sektors Verkehr nicht quantifiziert wurden. Diese belaufen sich jedoch erfahrungsgemäß auf kleine Werte.



Anmerkung: - "Leakage" stellt eigentlich einen dissipativen Verlust dar, wird aber nicht unter Outputs into Environment dargestellt, sondern ist im Abwasser enthalten
 - Die Unused Flows "Niederschlag", "Grundwasser aus U-Bahn" sind nicht dargestellt (= 1.561.481.000)
 - Kühlwasser der Kraftwerke ist nicht in der Grafik dargestellt

Abbildung 18: MFA London im Jahr 2000 (inklusive Wasser & Sauerstoff)
 Quelle: Eigene Darstellung

Bei den Outputs (1.157.961.942 t) sind die Verhältnisse beim Anteil des (sich im flüssigen Aggregatzustand befindlichen) Wassers ähnlich. Dieser liegt bei 91 %. Insgesamt haben die Direct Outputs into the Environment einen Anteil von 5,7 %, wobei die gasförmigen Emissionen alleine schon 5,3 % ausmachen. Über die Hälfte dieser gasförmigen Emissionen sind dabei CO₂ Emissionen aus Verbrennungsprozessen. Die verbleibenden sonstigen Materialexporte belaufen sich damit auf einen Wert von 3,2 %.

Die ermittelten Werte stimmen mit denen von Girardet (1995) für einen Fernsehbeitrag recherchierten, in etwa überein.

Damit ergibt sich ein gesamter Materialinput in London von 158 t/EW*a. Dabei geht der durchschnittliche Wasserbedarf in der Logik der MFA in London weit über die bekannten 150 Liter pro Person und Jahr hinaus und beläuft sich auf ca. 143.000 Liter pro Person und Jahr. Die genannten Werte sind in Tabelle 7 zur Übersicht noch einmal dargestellt.

	INPUT (in t)	% des Inputs	t/EW	OUTPUT (in t)	% des Outputs	t/EW	
Wasser	1.054.444.444	90,5	143	1.054.444.444	91,1	143	Wasser
Sauerstoff	47.029.517	4,0	6	61.710.801	5,3	8	OiE gasförmig andere
				4.793.776	0,4	1	
sonst. Materialinputs	63.667.344	5,5	9	37.012.921	3,2	5	sonst. Materialexporte
TOTAL	1.165.141.208	100	158	1.157.961.942	100,0	157	TOTAL

Tabelle 7: Gesamte Inputs und Outputs von London im Jahr 2000

Quelle: Eigene Darstellung

Von den ca. 1 Milliarde Tonnen Wasser, die im Jahr 2000 Einzug in das System hielten, beträgt der Materialfluss „Leakage“ (Verluste im Versorgungsleitungsnetz der Wasserversorger) ein Fünftel. Er stellt mit ca. 243 Mio. t auf der Outputseite einen besonders großen Verlust dar und zählt eigentlich zu den dissipativen Verlusten, also den OiE. In der vorliegenden Studie wird der Übersicht und der besonderen Rolle des Wassers wegen die Leakage in Verbindung mit dem Materialfluss Wasser registriert und dargestellt; dieses schon als Trinkwasser behandelte Wasser befindet sich bis zum leckbedingten Austreten aus den Leitungen im sozialen System. Der Übersicht halber wird es jedoch in den Darstellungen zum (Ab-)Wasser gezählt. Es ist offenbar nicht vermeidbar, da in den letzten 20 Jahren relativ große Reduktionen dieses Verlusts verzeichnet wurden (Office of Water Services, 2001). Aus dem erwähnten Bericht geht

hervor, dass in der Region „Thamse“ die Leakagequoten am höchsten in ganz England sind. Die Gesellschaft Londons ist damit für einen sehr großen dissipativen Materialverlust allein in der Kategorie Wasser verantwortlich.

Aus dem Grundwasser des Territoriums von London stammen 10 % des gesamt in das System gelangenden Wassers. Das übrige Wasser wird durch ein Leitungsnetz importiert. Damit ist London in Bezug auf Trinkwasser, dem wichtigsten Rohstoff für jede Gesellschaft, praktisch vollkommen abhängig von seinem Hinterland, aus dem das aufbereitete Flusswasser von Lea und Thamse stammt. Die Materialextraktion ist damit externalisiert und eventuell bei der Aufbereitung anfallende zusätzliche Materialflüsse werden im Stoffwechsel Londons nicht berücksichtigt, es sei denn die indirekten Flüsse würden erhoben (in dieser Studie nicht der Fall).

Außerdem sollen an dieser Stelle der Vollständigkeit halber noch die recycelten Materialien und die beiden ungenutzten, aber erfassten (Wasser-)Materialflüsse kurz in Betracht gezogen werden. Bei den internen Materialflüssen des Recyclings hat sich gezeigt, dass, absolut und prozentual gesehen, allein bei den Baumaterialien ein relevanter Recyclingfluss auftritt. Die Hälfte aller erfassten Bauschuttabfälle wird recycelt (3.313.000 t von ca. 6.600.000 t). Dies geschieht allein innerhalb des sozialen Systems von London. Wiederverwertete Abfälle (2.653.000 t) der Haushalte oder von Gewerbe und Industrie werden nicht innerhalb Londons recycelt, sondern stellen einen Exportmaterialfluss dar. Die Recyclingquote dieser Abfälle innerhalb des sozialen Systems London liegt daher streng genommen bei 0 %. Betrachtet man die exportierten Abfälle mit, liegt die Quote bei 30 %, d.h. die Ausmaße des Recyclings sind in London damit relativ hoch (vgl. Tab. 8).

	t	% (des Inputs)	% (des Inputs ohne H2O & O2)
Recyclingmaterialien	3.867.000	0,3	6,1
<i>davon Metall</i>	<i>554.000</i>		
<i>davon Baumaterial</i>	<i>3.313.000</i>		
		(des Outputs)	(des Outputs ohne H2O & O2)
exportierte Recyclingmaterialien	2.653.000	0,2	4,7
TOTAL recyceltes Material	6.520.000		

Tabelle 8: Materialflüsse des Recyclings (London im Jahr 2000)

Quelle: Eigene Darstellung

Die Unused Flows, die in Zusammenhang mit dem benötigten Wasser registriert wurden, erweisen sich dagegen als ungleich größer. Einerseits handelt es sich dabei um den Niederschlag (1.550.166.000 t), der in die Kanalisation des sozialen Systems gelangt. Genutzt wird dieser jedoch kaum, da ja auch die Biomasseproduktion so gering ist, dass noch nicht einmal erwähnenswerte Mengen zum Kulturpflanzenwachstum beitragen.

Der andere ungenutzte, registrierte Materialfluss (Wasser) wird an dieser Stelle erwähnt, da er aus einer besonderen Art des Eingriffs der menschlichen Gesellschaft in die Natur resultiert. Die Rede ist von jenem Grundwasser, das aus den Tunneln des Untergrundbahnnetzes („Tube“) gepumpt werden muss, um den Betrieb aufrecht erhalten zu können. Durch das mit Einbeziehen dieses Teils der Natur in die Gesellschaft (Bereich unter der Erde) sind also folglich nicht nur große Materialströme während der Erbauung der Tube entstanden, sondern fallen jährlich 11.315.000 t Material an. Diese Menge entspricht zum Vergleich der Menge aller importierten fossilen Energieträger nach London. Der spezielle Fall macht deutlich, dass der Aufbau von Beständen im sozialen System nicht nur als einmaliges Ereignis betrachtet werden kann. Neben den relativ kleinen dissipativen Verlusten (mit der Ausnahme der Leakage) können auf diese Weise ungewollte neue, große, jährliche Materialflüsse auftreten (wenn diese auch ungenutzt bleiben), die nicht im Vorhinein abzuschätzen sind.

6.3. Ergebnisse der MFA London – die sonstigen Materialien allein

Im folgenden werden die sonstigen Materialien separat und in ihrer Vielfalt betrachtet. Das bedeutet, dass die großen Materialflüsse Wasser und Sauerstoff sowohl auf der Input- als auch auf der Outputseite herausgerechnet werden. Mit diesen Informationen wird die eigentliche Materialbilanz erstellt, so dass die einzeln aufgeschlüsselten Materialflüsse quantifizierte Informationen über die Bereiche Domestic Extraction, Import, Nettobestandzuwächse, Outputs into the environment und Export liefern. Damit ist es möglich, eine Aussage über den gesellschaftlichen Metabolismus Londons zu treffen, wobei die Besonderheiten eines städtisch regionalen Systems hervorgehoben werden. Hilfreich sind dazu auch die errechneten Materialströme pro Einwohner der Greater London Area.

Ausgewählte Vergleiche der Ergebnisse der Materialflussrechnung lassen zusätzlich die Besonderheiten des städtischen Metabolismus der Global City London sichtbar werden. Als interessant stellen sich dabei auch die Implikationen für die zukünftige Entwicklung des Materialgebrauchs dar.

6.3.1. Die Materialflüsse Londons

Vom Gesamtmaterialfluss verbleiben wenig mehr als 5 % der Materialflüsse. Um diese sehr heterogenen Materialien und deren Anteile zum Metabolismus Londons besser erkennen und interpretieren zu können, ist die Materialbilanz im folgenden für diese separat erstellt. Durch das Herausrechnen von Wasser und Sauerstoff werden alle Direct und Used Flows quantifiziert.

Nach dieser Logik sind die Anteile folgendermaßen verteilt:

- Input: 63.667.344 t
- Output: 56.487.981 t
- Netto-Bestandsakkumulation: 7.179.363 t

Die Netto-Bestandsakkumulation errechnet sich dabei, wie schon erläutert, aus der Differenz von Inputs und Outputs. Diese Netto-Zuwächse machen damit 11,3 % des hier näher betrachteten Materialinputs aus.

Abbildung 19 ist analog zu Abbildung 18 aufgebaut und unterscheidet in dieser höheren Auflösung die einzelnen Materialklassen. Unterschieden sind die Materialflüsse zunächst nach Herkunft (auf der Inputseite) bzw. Destination (auf der Outputseite). Der Materialdurchsatz steht wieder für den zentralen metabolischen Prozess im Jahr 2000.

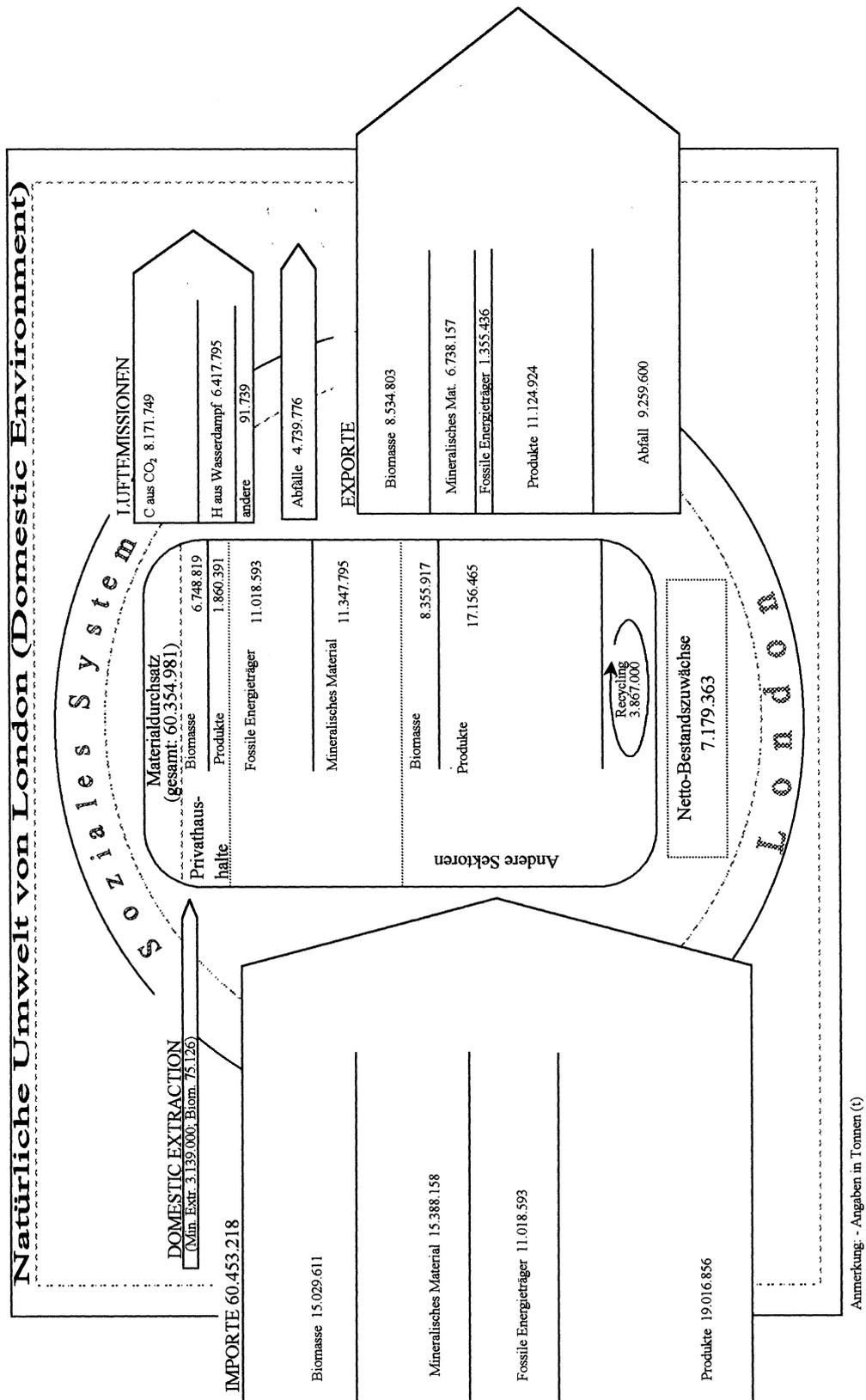


Abbildung 19: MFA London im Jahr 2000 (exklusive Wasser & Sauerstoff)
Quelle: Eigene Darstellung

Aus den dadurch vorliegenden Zahlen lassen sich dann auch die Indikatoren Direct Materials Inputs (DMI), sowie Domestic Materials Consumption (DMC) errechnen. Die DMC beschreibt den gesamten Materialkonsum einer Gesellschaft, indem von der DMI die exportierten Materialien abgezogen werden. In dieser Rechnung verbleiben alle Materialien, die allein von der Gesellschaft metabolisch gebraucht wurden.

Die Importe stellen zu 95 % die DMI. Der verbleibende sehr geringe Anteil ergibt sich aus der DE, wobei die gewonnenen Sande und Kiese allein den überwältigenden Anteil (98 %) der DE ausmachen. Letztere stellen auch die einzige inländische Entnahme im Bereich der mineralischen Materialien dar. Das verbleibende Material aus dem Bereich DE wird in der Landwirtschaft als Biomasse gewonnen und ist mit gut 75.000 t und einem Pro-Kopf-Wert von nur 10 Kg je Einwohner im Jahr eigentlich als Größe zu vernachlässigen (0,1 % der DMI; vgl. Tab. 9).

	t	t/Kopf	in % vom DMI
Importe	60.453.218	8,2	95,0
<i>Biomasse</i>	15.029.611	2,0	23,6
<i>Fossile Energieträger</i>	11.018.593	1,5	17,3
<i>Baumaterial</i>	15.388.158	2,1	24,2
<i>Produkte</i>	19.016.856	2,6	29,9
DE	3.214.126	0,4	5,0
<i>Biomasse</i>	75.126	0,0	0,1
<i>Fossile Energieträger</i>	0	0,0	0,0
<i>Baumaterial</i>	3.139.000	0,4	4,9
DMI	63.667.344	8,6	100

(Einwohner: 7,375 Mio.)

Tabelle 9: DE und Importe der Gesellschaft Londons im Jahr 2000

Quelle: Eigene Darstellung

Die Importe und ihr Beitrag zur DMI Londons werden wegen ihres großen Anteils und damit auch ihrer Wichtigkeit wegen für die Darstellung des Metabolismus im folgenden aufgeschlüsselt dargestellt.

Die Materialgruppe der Produkte/sonstigen Materialien hat in ungewöhnlicher Weise mit etwa einem Drittel den größten Anteil an den Importen. Bei der Materialflussrechnung für das UK nimmt sie Rang zwei ein. Typisch für MFA von industriellen Gesellschaften ist ein mit großem Abstand an erster Stelle stehender Import von fossilen Energieträgern. In London tragen die fossilen Materialien mit etwa 17 %, aber genau am wenigsten, zu den

Importen bei. Außerdem werden noch mehr als 10 % dieser importierten Energieträger exportiert, so dass nur 9,7 Mio. t konsumiert werden. Eine Erklärung für den sehr geringen Energieträgerbedarf können die wenigen Energiekraftwerke im sozialen System sein: Selbst wenn der Transportsektor etwas mehr Energieträger konsumieren würde als im UK-Durchschnitt, bliebe immer noch ein Anteil am sekundären Energieverbrauch von 50 % bei den Sektoren Industrie und Haushalte (Department of Trade and Industry, 2001a). Nimmt man an, dieser Bedarf würde zu einem Großteil durch Elektrizität gedeckt, müsste diese von außerhalb geliefert sein. Da die Elektrizität nicht als Material in die MFA eingeht, bleibt diese Größe unberücksichtigt, liefert aber eine Erklärung für den relativ geringen Energieträgerbedarf Londons. Der Energieträgerbedarf sollte allerdings nicht mit dem Energieverbrauch gleichgesetzt werden. Über den Energieverbrauch von London können in diesem Rahmen keine umfassenden Aussagen getätigt werden, er wird aber wesentlich höher liegen als der Energieträgerbedarf.

Auf die Materialgruppen Biomasse und Baumaterial entfällt jeweils ein Anteil von ca. einem Viertel der Importe.

Die Privathaushalte sind in der Studie zum Teil als eigener Konsumknoten betrachtet worden und zu verschiedenen Anteilen an den hohen Importen beteiligt. Für die Teilbereiche Baumaterialien und fossile Energieträger ist eine differenzierte Aussage aufgrund der ungesicherten Datenlage nicht möglich. Auffallend ist, dass die Haushalte nur für etwas weniger als die Hälfte der Biomasseimporte verantwortlich sind. Neben den Haushalten kommt die Industrie bzw. das Dienstleistungsgewerbe hauptsächlich als Konsument in Frage. Folglich sind nicht die in London lebenden Menschen und Tiere (= Haushalte) für den größten Biomasseinput verantwortlich, sondern die verbleibenden Gesellschaftsbereiche (vgl Tab. 10).

	Gewicht in t	Anteil Haushalte in %	Anteil andere in %	In % vom Input
Biomasse	15.029.611	44,6	55,4	23,6
Produkte/ anderes Material	19.016.856	9,8	90,2	29,9
Summe aller Importe	60.453.218	95,0

(nicht verfügbar = ...)

Tabelle 10: London; sektorale Anteile an den Materialflüssen im Jahr 2000
Quelle: Eigene Darstellung

Bei den Produkten/anderen Materialien sind die Verhältnisse noch unausgewogener; Die Privathaushalte konsumieren nur wenig über einem Zehntel aller importierten Produkte. Die verbleibenden 17.156.465 t entfallen auf nicht private Konsumenten. Beachten sollte man dabei, dass in diesen Materialmengen auch z.B. Maschinen und Fahrzeuge enthalten sind, und nicht nur, wie offensichtlich ist, Konsumgüter. Der verarbeitende Sektor oder auch die Zugereisten (Touristen, Pendler, Geschäftsleute) haben also in London an diesen Importen einen großen Anteil. Damit wird die große Wichtigkeit einer Stadt als Produktions- und Konsumtionsstätte noch einmal deutlich.

Betrachtet man alle Inputs (DMI) pro Einwohner in das soziale System London, zeigt sich das folgende, relativ ausgewogene, in Tabelle 11 dargestellte Bild:

	t	t/Kopf
Biomasse	15.104.737	2,0
Fossile E-träger	11.018.593	1,5
Baumaterial	18.527.158	2,5
Produkte	19.016.856	2,6
DMI	63.667.344	8,6

(Einwohner: 7,375 Mio.)

Tabelle 11: DMI von London im Jahr 2000

Quelle: Eigene Darstellung

Um Aussagen über die DMC tätigen zu können, müssen zunächst die Exporte und Bestände benannt werden.

Die Exporte fossiler Materialien zusammen mit den von der Gesellschaft konsumierten fossilen Materialien summieren sich auf die Importe (1.355.436 t + 9.663.157 t = 11.018.593 t), so dass hier kein Stockzuwachs vorliegt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass in London keine Lagertanks für fossile Materialien zur Verfügung stehen, sondern nur, dass diese Energieträger innerhalb des behandelten Zeitraums von einem Jahr konsumiert werden. Die konsumierten Energieträger verlassen das System als Emissionen in die Luft (allein 8.610.224 t Kohlenstoff).

Bei den Baumaterialien belaufen sich die Exportmaterialflüsse auf 0,9 t/EW und liegen damit über den Pro-Kopf-Werten von nationalen MFA. Es wird angenommen, dass verschiedene Bauunternehmen wahrscheinlich ihren Firmensitz und ein Lager in London haben, die Materialien aber z. T. außerhalb der Stadtgrenzen verwenden. Damit verbleiben also 11.789.000 t im System London. Diese akkumulieren sich zwar in Gebäuden und

Infrastruktur, stellen damit aber keinen Netto-Stockzuwachs für London dar, da die Bau- und Abrissabfälle, die sich auf 3.282.000 t belaufen, nicht vergessen werden sollten. Der Netto-Stockzuwachs bei den Baumaterialien käme damit auf ca. 8.500.000 t.

Bei der Biomasse kommt es zu keiner Stockakkumulation, da die gesamten 8.322.650 t nicht von den Privathaushalten verursachten Importen komplett wieder exportiert werden (8.534.803 t). Es wird angenommen, dass die geringe Differenz zwischen Exporten und nicht von Privathaushalt verursachten Importen durch Exporte der Privathaushalte ausgeglichen wird. Natürlich ist auch möglich, dass sich die Biomasse aufgrund von z.B. Weiterverarbeitung in ihrer Erscheinungsform nach dem Durchlaufen des sozialen Systems London geändert hat. Die von den Privathaushalten konsumierten Materialmengen verlassen als Abwasser, Abfälle, Emissionen oder Müllexporte das soziale System London wieder.

Unklarer wird die Bilanzierung der Produkte/anderen Materialien, da hier den Daten nach zu urteilen mehr Material exportiert wird als importiert wurde. Dabei ist aber zu beachten, dass fast die Hälfte des exportierten Materials privater oder kommerzieller Abfall ist. Die tatsächlichen Exporte von Produkten/anderen Materialien belaufen sich damit noch auf 11.124.924 t. Die gesamten Nicht-Abfallexporte der Gesellschaft Londons zählen damit 27.753.321 t (3,8 t/EW). Vor diesem Hintergrund scheint die Stadt London als großer Produktionsstandort immer noch wichtig zu sein, obwohl der wichtigste Wirtschaftszweig mit Abstand die Dienstleistungen sind.³⁰

Es wird angenommen, dass die ca. 1.000.000 t, die an anderen Materialien oder Produkten mehr exportiert als importiert werden, von den anderen Materialinputs stammen. Wie viele Tonnen Material aus welcher Kategorie stammen, kann nicht geklärt werden. Um die Konsistenz der Materialbilanz aufrecht zu erhalten, wird jedoch angenommen, dass diese Materialien (die ohnehin weniger als ein Prozent aller Exporte ausmachen) von den Baumaterialien stammen, da unter diesen z.B. auch metallische Materialien (>1.400.000 t) zusammengefasst sind. Durch die Exporte aus dem Baumaterialbereich reduzieren sich die Netto-Bestandszuwächse der Baumaterialien entsprechend und liegen damit im Rahmen der aus der gesamten Bilanz berechneten Netto-Stockzuwächse (7.179.363 t).

³⁰ Allein 50 % des BIP machen die Finanzdienstleistungen und das Hotel-/Gastgewerbe zusammen aus (Office for National Statistics, 2001b).

	Biomasse	Fossile Energietr.	Baumaterial	Produkte	TOTAL	TOTAL (ohne Exportabfall)
DMI	15.104.737	11.018.593	18.527.158	19.016.856	63.667.344	
Export	8.534.803	1.355.436	6.738.157	20.384.524	37.012.921	27.753.321
DMC	6.569.934	9.663.157	11.789.000	-1.367.668	26.654.423	35.914.023
DMC/EW	0,9	1,3	1,6		3,6	4,9

(Einwohner: 7.375.000)

Tabelle 12: DMI, Export, DMC und DMC/EW für London im Jahr 2000 (in t)

Quelle: Eigene Darstellung

6.3.2. Die Materialflüsse Londons im Vergleich zu anderen Studien

Im Vergleich mit nationalen MFA zeigen sich die Besonderheiten des Materialstoffwechsels einer Stadt. Der Vergleich mit den Daten anderer städtischer MFA lässt die Besonderheiten Londons klar werden, ist allerdings nicht immer eindeutig zu interpretieren, da sich die vorliegenden regionalen Studien in ihren methodischen Herangehensweisen sehr stark unterscheiden.³¹

Die ermittelten Netto-Stockzuwächse fallen in London sehr gering aus (1 t/EW). Verglichen damit sind die untersuchten Netto-Stockzuwächse bei anderen MFA sehr viel größer:

- Österreich: 12,4 t/EW
- Wien: 6,6 t/EW
- Amsterdam: 251t/EW

Die großen Unterschiede dürften sich aufgrund der unterschiedlich erhobenen bzw. eingerechneten Materialien ergeben, der Trend aber, dass Nettozuwächse in London eine sehr kleine Rolle spielen, ist zu beachten. Hinsichtlich der Baumaterialien ist folglich zu sagen, dass offenbar nur kaum noch Möglichkeit besteht, diese in Bestände umzusetzen, noch zumal ein nicht geringer Anteil dieser exportiert wird.

Für bereits mit den Richtlinien von Eurostat (2001) übereinstimmende nationale MFA ist ein Vergleich der Londoner Studie mit diesen möglich, da sich methodische Überlegungen decken und so Daten im selben Format vorliegen.

³¹ Als Beispiel kann angeführt werden, dass Abfälle, die im Stadtgebiet von Wien deponiert werden in der Studie PILOT (Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, 1996) als Netto-Stockakkumulationen registriert sind. In dieser Studie gehören Deponien nicht zum System.

Das UK bietet sich als Vergleich an, da London zu diesem nationalen sozialen System gehört und damit eine besondere Beziehung und eventuelle Nähe oder Unterschiede vorhanden sind. Die Ergebnisse aus der regionalen Studie sind jedoch nicht mit der nationalen Studie verknüpfbar, da Importe in das regionale System zum Großteil bei der nationalen Rechnung Materialflüsse innerhalb des Systems darstellen würden. Österreich als Vergleich bietet sich an, da hier die Einwohnerzahl des nationalen Systems fast mit der des regionalen Systems London übereinstimmt und damit die Pro-Kopf-Werte direkt vergleichbar sind. Typisch für nationale MFA ist, dass die fossilen Materialien den Großteil der Importe ausmachen. Dies gilt auch für das Vereinigte Königreich, obwohl sogar noch die DE von fossilen Materialien durch die vielen erdöl- und erdgasexplorierenden Unternehmen in der Nordsee sehr hoch ist.

Es lässt sich weiterhin feststellen, dass die Austauschbeziehungen (und damit auch Abhängigkeiten) der Stadt zu anderen sozialen Systemen sehr hoch sind. Gerade im Vergleich zu Österreich zeichnet sich ein markanter Zug des gesellschaftlichen Metabolismus von London ab: Die Importe Londons sind pro Einwohner etwa 1,6 mal so hoch wie in Österreich. Die Exporte sind sogar mehr als doppelt so hoch wie die Werte für Österreich. Im Vergleich zum UK fallen beide Werte immer noch deutlich höher aber nicht mehr so extrem aus (vgl. Tab. 13).

Erhebungsjahr	2000	1997	1992
soziales System	LONDON	UK	ÖSTERREICH
Einwohner	7.375.000	59.014.000	9.508.197
Importe	8,2	3,4	4,9
Exporte	5	3,2	2,3

Tabelle 13: Importe und Exporte in t/EW*a für London, Österreich und das UK
Quelle: Eigene Darstellung

Die relativ homogene Verteilung der Materialimporte, aus denen sich die DMI zusammensetzt, stehen, wie auch schon bei den Importen, im Gegensatz zu den nationalen MFA vom UK (Schandl and Schulz, 2000) und von Österreich (Hüttler et al., 1996). Das Verhältnis verändert sich hier im Falle der gesamten gesellschaftlichen Inputs allerdings, da bei nationalen MFA die DE typischerweise einen Anteil von über 60 % hat und nicht wie im Fall London nur 5 %. Zu den Zahlen anderer regionaler und nationaler MFA lässt sich in diesem Punkt keine Ähnlichkeit feststellen. Im Vergleich zum UK gelangt in das

soziale System London mehr Biomasse je Einwohner. Dafür gelangen aber weniger als die Hälfte an fossilen Energieträgern und Baumaterialien in das System. Bei den Produkten/anderen Materialien stellt sich heraus, dass der Input nach London pro Kopf mehr als doppelt so hoch ist, wie der in das gesamte UK.

Der hohe Anteil der importierten Produkte/sonstigen Materialien nach London ist auch im Vergleich ungewöhnlich. Mit 2,4 t pro Person ergibt sich damit ein Wert, der den Pro-Kopf-Wert von fossilen Energieträgern um über 60 % übersteigt. Baumaterial und Biomasse liegen bei einem Import von 2 t pro Einwohner. Weitere Vergleiche können mit Hilfe von Tabelle 14 angestellt werden.

Erhebungsjahr soziales System Einwohner	2000 LONDON 7.375.000		1997 UK 59.014.000		1992 ÖSTERREICH 9.508.197	
	t	t/EW	t	t/EW	t	t/EW
DMI	63.667.344	8,6	788.595.000	13,4	166.081.000	17,5
IMPORTE	60.453.218	8,2	201.273.000	3,4	46.700.000	4,9
<i>Biomasse</i>	<i>15.029.611</i>	<i>2,0</i>	<i>24.626.000</i>	<i>0,4</i>	<i>11.300.000</i>	<i>1,2</i>
<i>Fossile E-träger</i>	<i>11.018.593</i>	<i>1,5</i>	<i>79.481.000</i>	<i>1,3</i>	<i>20.140.000</i>	<i>2,1</i>
<i>Baumaterial</i>	<i>15.388.158</i>	<i>2,1</i>	<i>39.038.000</i>	<i>0,7</i>	<i>Baum.+Produkte:</i>	
<i>Produkte</i>	<i>19.016.856</i>	<i>2,6</i>	<i>58.129.000</i>	<i>1,0</i>	<i>15.260.000</i>	<i>1,6</i>
DE	3.214.126	0,4	587.322.000	10,0	119.381.000	12,6
<i>Biomass</i>	<i>75.126</i>	<i>0,0</i>	<i>77.430.000</i>	<i>1,3</i>	<i>46.700.000</i>	<i>4,9</i>
<i>Fossile E-träger</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>	<i>249.228.000</i>	<i>4,2</i>	<i>4.300.000</i>	<i>0,5</i>
<i>Baumaterial</i>	<i>3.139.000</i>	<i>0,4</i>	<i>260.664.000</i>	<i>4,4</i>	<i>68.381.000</i>	<i>7,2</i>
EXPORTE	37.012.921	5,0	186.199.000	3,2	22.150.000	2,3
<i>Biomass</i>	<i>8.534.803</i>	<i>1,2</i>	<i>14.178.000</i>	<i>0,2</i>	<i>9.700.000</i>	<i>1,0</i>
<i>Fossile E-träger</i>	<i>1.355.436</i>	<i>0,2</i>	<i>105.906.000</i>	<i>1,8</i>	<i>1.500.000</i>	<i>0,2</i>
<i>Baumaterial</i>	<i>6.738.157</i>	<i>0,9</i>	<i>21.807.000</i>	<i>0,4</i>	<i>10.100.000</i>	<i>1,1</i>
<i>Produkte</i>	<i>20.384.524</i>	<i>2,8</i>				
<i>Produkte ohne Abfall</i>	<i>11.124.924</i>	<i>1,5</i>	<i>44.308.000</i>	<i>0,8</i>	<i>850.000</i>	<i>0,1</i>
DMC	26.654.423	3,6	602.396.000	10,2	143.931.000	15,1
<i>Biomass</i>	<i>6.569.934</i>	<i>0,9</i>	<i>87.878.000</i>	<i>1,5</i>	<i>48.300.000</i>	<i>5,1</i>
<i>Fossile E-träger</i>	<i>9.663.157</i>	<i>1,3</i>	<i>222.803.000</i>	<i>3,8</i>	<i>22.940.000</i>	<i>2,4</i>
<i>Baumaterial</i>	<i>11.789.000</i>	<i>1,6</i>	<i>277.895.000</i>	<i>4,7</i>	<i>Baum.+Produkte:</i>	
<i>Produkte (ohne Abfall)</i>	<i>7.891.932</i>	<i>1,1</i>	<i>13.821.000</i>	<i>0,2</i>	<i>72.691.000</i>	<i>7,6</i>
Netto-Stockzuwachs	7.179.363	1,0	n.a.		118.000.000	12,4

Tabelle 14: Detaillierte Importe & Exporte für London, Österreich und das UK
Quelle: Eigene Darstellung

Bezieht man die Outputs in die Interpretation mit ein, wird das Bild vom gesellschaftlichen Metabolismus Londons vollständiger. Hilfreich ist dabei der Indikator DMC. Die DMC liegt in London bei 26.654.423 t oder 3,6 t/EW. Dieser Wert stellt sich als äußerst niedrig im Vergleich zu 10,2 t/EW im UK oder 17,5 t/EW in Österreich heraus. Die Unterschiede

sind bei den Baumaterialien am größten. Werden in London nur 1,6 t/EW konsumiert, beläuft sich der Wert in dieser Kategorie für das Vereinigte Königreich auf 4,7 t/EW, also in etwa das Dreifache. Grund dafür sind einerseits die schon angeführten geringen Importe, mit denen allein sich aber nur ein doppelt so hoher Materialinput im UK einstellte.

Insgesamt betragen die Exporte des Vereinigten Königreichs nur 3,2 t/EW, wohingegen London pro Einwohner im Jahr etwa fünf Tonnen exportiert. Damit wird auch deutlich, dass London relativ gesehen mehr Material in sein Umland (dies kann auch das Ausland sein) exportiert als das Vereinigte Königreich ins Ausland. Die Beziehungen der Stadt bzw. ihrer Gesellschaft mit der Umwelt (sowohl natürliche Umwelt als auch soziale Systeme) sind also nicht einseitig auf den Materialinput in die Stadt beschränkt. Auch bei Städten, die wie London auf Dienstleistungen hochspezialisiert sind und für eine globale Gesellschaft zentrale Steuerungsfunktion übernehmen, wird also ein hoher Materialinput und –output verzeichnet.

6.3.3. Weitere inhaltliche Überlegungen

Ein wichtiger Punkt, der aus der MFA London zu erkennen ist, ist das Verhältnis der Gesellschaft zu dem Territorium, in der sie lebt. Große Flächenanteile der Natur sind kolonisiert, aber nicht zum Materialentzug oder zur Materialabgabe genutzt. Dies zeigt sich an der erwähnten geringen Domestic Extraction, aber auch an dem geringen Teil der Abfälle, die innerhalb des Territoriums von London an die Natur zurückgegeben werden. Ein gesellschaftlicher Stoffwechsel des globalen sozialen Systems baut aber im wesentlichen auf einer Interaktion mit der Natur auf. Diese Verschiebung der Abhängigkeit von Ressourcen aus der Natur auf indirekte Ressourcen (Importe) liegt zwar bei Überlegungen hinsichtlich einer Stadt auf der Hand, wird aber durch die gezeigten Materialflüsse deutlich und gleichzeitig quantifizierbar.

Wie in der MFA Amsterdam auch schon erwähnt, scheint sich London in einem Prozess zu befinden, der kaum noch auf Materialzuwächse gestützt ist. Gesellschaftliche Existenz wird sich auch in London wahrscheinlich mehr und mehr von einer Materialabhängigkeit ablösen. Im Moment sieht es jedoch so aus, dass kaum Stocks aufgebaut werden, aber noch relativ hohe Materialinputs für die Konsumtion und Produktion benötigt werden.

Der große Anteil von Importen am DMI lässt eine Tendenz offensichtlich werden, die sich auch bei industrialisierten Volkswirtschaften zeigt; die materialintensiven Rohstoffextraktionen und der Umgang mit diesen, werden aus diesen Gesellschaften in das Umland bzw. andere Staaten, meist dritte Welt und Schwellenländer, ausgelagert. In diesen Ländern ist eine Zunahme des Materialbedarfs bzw. –durchsatzes zu beobachten, wohingegen in der industrialisierten Gesellschaft es schon wieder zu einer Abnahme des Materialbedarfs kommt. Die Stadt stellt ein extremes Beispiel für solch eine Entwicklung dar. Eine Stadt übernimmt und bündelt aber auch gerade Funktionen, die für einen gleichwertig hohen Input und Output verantwortlich zu sein scheinen, auch wenn finanziell gesehen z.B. materialintensive Industrie weniger zu finden ist.

Es kann aber auch festgestellt werden, dass offensichtlich für die Stadt London die Phase entscheidender Stockzuwächse schon vorüber ist. Eine hohe Wertschöpfung (148 %/EW vom BIP des UK) (Office for National Statistics, 2001b), ist also nicht zwangsläufig von hohen Materialflüssen abhängig. Dabei ist aber zu beachten, dass in London als Global City und damit Steuerungszentrum der Weltwirtschaft ca. 30 % des BIP der Stadt von Finanzdienstleistungen erwirtschaftet wird. Die im Vergleich zu den bereits verglichenen nationalen sozialen Systemen geringen DMI/EW-Werte könnten offenbar auch ein Indikator dafür sein, in welchem Maße eine Volkswirtschaft (noch) auf materielle Inputs zurückgreift. London greift auf geringe DMI/EW-Werte zurück und akkumuliert sicher nicht mehr große Bestände, was auch an den Pro-Kopf-Werten der DMC für Baumaterialien ablesbar ist.

Pendler und Touristen, Geschäftsreisende und Besucher halten sich das ganze Jahr über in London auf. Diese Menschen, die nicht zur Bevölkerung der Stadt gezählt werden, tragen maßgeblich zum Metabolismus Londons bei. Dabei kommt ein großer Teil dieser Personen erst nach London, um dann eine Aktivität oder Ähnliches auszuüben, die Materialfluss zur Folge hat. Gründe dafür reichen vom Angebot für Verkehrsmittel (z.B. Fernflüge) bis hin zu kulturellem Interesse. Aber auch allein der Bedarf an Biomasse in London steigt dadurch immens. In solchen Bereichen erfüllt eine Stadt, auch London, viele Funktionen, die Materialflüsse verursachen.

Die Materialflussrechnung London zeigt, wo Besonderheiten im stadtgesellschaftlichen Stoffwechsel liegen, wie z.B. in der hohen Externalisierung des Materialaufkommens in andere soziale Systeme. Gleichzeitig wurde methodisch abgegrenzt, wie es möglich ist,

eine mit standardisierten nationalen MFA vergleichbare regionale Untersuchung auszuführen.



Abbildung 20: Ein Beispiel für Externalisierung: Export von gefüllten Abfallcontainern
Quelle: Eigenes Bild

Literatur

1. Architektur Aktuell . 2000. Wien, Springer-Verlag KG.
Ref Type: Magazine Article
2. Value of Output obtained by Construction Contractors by Type of Work: by Region. DETR. 2002. London.
Ref Type: Data File
3. Amann, Christof. Metabolismusfaktoren von Tier, Mensch und Berechnungen zur Verbrennung fossiler Energieträger. Benjamin Bongardt. 2002.
Ref Type: Personal Communication
4. Auer, Peter. Quadratmeterpreise beim Gebäude- und Infrastrukturbau. Benjamin Bongardt. 1-6-2002.
Ref Type: Personal Communication
5. Ayres,R.U., Schlesinger,W., Socolow,R., 1994. *Industrial Metabolism: Restructuring for sustainable development*, New York: United Nations University Press.
6. Baccini,P., Brunner,P.H., 1991. *Metabolism of the Anthroposphere*, Berlin, Heidelberg, New York, London: Springer.
7. Baccini,P., Daxbeck,H., Glenck,E., Henseler,G., 1993a. *Metapolis. Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt*, Zürich: Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr.
8. Baccini,P., Daxbeck,H., Glenck,E., Henseler,G., 1993b. *Metapolis. Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt. Anhang*, Zürich: Nationales Forschungsprogramm Stadt und Verkehr.
9. Baccini,P., Bader,H.-P., 1996. *Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung, Steuerung*, Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
10. Beck,W.S., Liem,K.S., Simpson,G.G., 1991. *Life: An introduction to Biology*, New York: Harper Collins.
11. Behrensmeier, Ralf and Bringezu, Stefan. Zur Methodik der volkswirtschaftlichen Material-Intensitäts-Analyse: Ein quantitativer Vergleich des Umweltverbrauchs der bundesdeutschen Produktionssektoren. 34. 1995. Wuppertal, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Working Papers.
Ref Type: Report
12. Bell, Allan. Strategic Waste Management Assessment: London. 2001. London, Environment Agency.
Ref Type: Report

13. Borrows, James. Goods travelling into and out of London. Benjamin Bongardt. 2002. 28-3-2002.
Ref Type: Personal Communication
14. Boyden,S., Millar,S., Newcombe,K., O'Neill,B., 1981. *The ecology of a city and its people. The case of Hong Kong.*, Canberra, London, Miami: Australian National University Press.
15. Bringezu,S., 2000. *Ressourcennutzung in Wirtschaftsräumen. Stoffstromanalysen für eine nachhaltige Raumentwicklung*, Berlin, Heidelberg: Springer.
16. Brunner,P.H., 2000. "Urban Metabolism". In: D.Yencken, D.Wilkinson (Hrsgs.), *Resetting the Compass - Australia's Journey towards Sustainability*. Collingwood: CSIRO, S. 126-127.
17. Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, 1997. *Österreichisches Montan-Handbuch: Bergbau, Rohstoffe, Grundstoffe, Energie*.
18. Department for Environment, Food and Rural Affairs. complete2000 (Agricultural and Horticultural Census: England and Wales, Regions and Counties.). 2001a. London.
Ref Type: Data File
19. Department for Environment, Food and Rural Affairs. National Food Survey. Speller, Stan. 2001b. London, The Stationary Office.
Ref Type: Report
20. Department for Trade and Industry. Energy Trends 2001. 3rd Quarter. 2002. London, Department for Trade and Industry. Monthly Energy Trends.
Ref Type: Report
21. Department for Transport, Local Government and the Regions. Goods lifted by commodity by GB registered HGVs - 2000. 2000.
Ref Type: Data File
22. Department for Transport, Local Government and the Regions. Regional Transport Statistics. Statistics Bulletin (01) 21. Espiñeira, Jose and Haslam, Mike. 2001a. London, Department for Transport,Local Government and the Regions.
Ref Type: Report
23. Department for Transport, Local Government and the Regions. Transport Statistics Great Britain. 2001 Edition. (annually). 2001b. London.
Ref Type: Report
24. Department for Transport, Local Government and the Regions. Maritime. 2002. London, Department for Transport, Local Government and the Regions.
Ref Type: Data File

25. Department of the Environment, Transport and the Regions. Construction Statistics Annual 2000 Edition. 2000a. London, Department of the Environment, Transport and the Regions.
Ref Type: Report
26. Department of the Environment, Transport and the Regions. Transport Statistics Bulletin. Waterborn Freight in the United Kingdom: 1999. 23. 2000b. London, Office for National Statistics.
Ref Type: Report
27. Department of the Environment, Transport and the Regions. Transport Statistics Bulletin. Transport of Goods by Road in Great Britain 2000. 2001a. London.
Ref Type: Report
28. Department of the Environment, Transport and the Regions. Transport Statistics Bulletin. Vehicle Licensing Statistics: 2000 Data. SB (01) 15. 2001b. London, Office for National Statistics.
Ref Type: Report
29. Department of Trade and Industry. Digest of United Kingdom Energy Statistics 2001. 2001. 2001a. London, The Stationary Office. Digest of United Kingdom Energy Statistics. Department of Trade and Industry and Office for National Statistics.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
30. Department of Trade and Industry. Energy Trends September 2001. Department of Trade and Industry. 2001b. London, Office for National Statistics. Energy Trends.
Ref Type: Report
31. Dixon, M., Douglas, A., Golletz, D., Hollis, J., Hutchinson, D., Jackson, V., Jarvis, C., Lillistone, C., Minors, M., Shipsey, C., Brown, D., Damiani, M., Harper, D., Higgins, K., Hill, C., Kenny, D., du Parq, R., Tomlin, D., 2000. *Focus on London 2000*, London: The Stationary Office.
32. Douglas, Ian, Hodgson, Rob, and Lawson, Nigel. Material Flows through 200 years of Industrial History: The Case of Manchester. 1999.
Ref Type: Unpublished Work
33. Dunford, Julie. Freshwater and Sewage. Benjamin Bongardt. 3-1-2002a.
Ref Type: Internet Communication
34. Dunford, Julie. Detailed Information about Freshwater and Sewage. Benjamin Bongardt. 28-5-2002b.
Ref Type: Internet Communication
35. Eisenmenger, Nina. Ökologische Rucksäcke im Stoffwechsel von Industriegesellschaften. Theoretische und methodische Diskussion am Beispiel der abiotischen Importe Österreichs 1996. 2001. IFF - Department

of Social Ecology, Wien.
Ref Type: Thesis/Dissertation

36. Environment Agency. State of the Environment Report for London 2001. 2001. London, Environment Agency. State of the Environment Report.
Ref Type: Report
37. European Commission: Eurostat, 2001. *Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
38. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Weisz, H., 1997. *Gesellschaftlicher Stoffwechsel und Kolonisierung von Natur. Ein Versuch in sozialer Ökologie.*, Verlag Fakultas.
39. FISCHER-KOWALSKI, M., HABERL, H., 1997. "Tons, Joules, and Money: Modes of Production and Their Sustainability Problems", *Society and Natural Resources*, 10, S. 61-85.
40. FISCHER-KOWALSKI, M., 1998. "Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analyses, Part I, 1860-1970", *Journal of Industrial Ecology*, 2, S. 61-78.
41. FISCHER-KOWALSKI, M., HÜTTLER, W., 1999. "Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part II, 1970-1998", *Journal of Industrial Ecology*, 2, S. 107-136.
42. Food and Agricultural Organisation Data Base. Fleischertrag aller Tiere für das UK im Jahr 2000. Benjamin Bongardt. 2002a.
Ref Type: Data File
43. Food and Agricultural Organisation Data Base. Ernteertrag aller Anbaufrüchte für das UK im Jahr 2000. Benjamin Bongardt. 2002b.
Ref Type: Data File
44. Girardet, Herbert. Metropolis. 1995. London, Channel 4 (UK).
Ref Type: Video Recording
45. Gorree, Marieke, Kleijn, René, and van der Voet, Ester. *Materiaalstromen door Amsterdam*. 2001.
Ref Type: Report
46. Greater London Authority. Greater London Authority Factsheet. 2001. London (Internet).
Ref Type: Data File
47. Her Majesty's Custom and Excise. Regional Import and Export Data (international) for London. 2002. London.
Ref Type: Data File

-
48. Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H., 1996. *Materialflußrechnung Österreich. Gesellschaftlicher Stoffwechsel und nachhaltige Entwicklung*, Wien: Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.
 49. Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung - Abteilung Soziale Ökologie. Metabolismus- und Verbrennungsprozessfaktoren für eine MFA. 2000. Wien.
Ref Type: Data File
 50. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, A.A.d.T.W., 1994. *Die Stoffflußanalyse als Instrument für eine nachhaltige urbane Entwicklung. Theorie - Praxis - Folgerungen*, Wien: Technische Universität Wien, Institut fuer Wasserguete und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft.
 51. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft der TU Wien. Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien. Projekt PILOT. 1996. Wien.
Ref Type: Report
 52. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft der TU Wien. Materials Accounting as a Tool for Decision Making in Environmental Policy. Urban Metabolism . The City of Vienna. 1. 1998. Wien, EC Programme Environment and Climate 1994-1998. EC Environmental Research Programme.
Ref Type: Report
 53. Könemann Verlagsgesellschaft mbh, 1998. *London Reiseführer*, Köln: New Holland Ltd.
 54. London Transport. Environmental Performance Report 2000. 2000. London, London Transport.
Ref Type: Report
 55. Matthews, E., Amann, C., Bringezu, S., Department of Social Ecology - IFF, 2000. *The Weight of Nations: Material outflows from industrial economies*, Washington.
 56. Mick Warner (Chief Estimator at Alfred McAlpine). Construction Material Estimate. Benjamin Bongardt. 2002.
Ref Type: Personal Communication
 57. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. National Food Survey. Household Food Consumption, Expenditure and Nutrient Intakes. Fourth Quarter of 2000 and Annual Results for 2000. 04/00. 2001. London, Office for National Statistics.
Ref Type: Report
 58. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Scottish Executive Rural Affairs Department, Department of Agriculture and rural Development (Northern Ireland), and National Assembly for Wales Agriculture Department. Agriculture in the United Kingdom 2000. 2001. London, The Stationery

- Office.
Ref Type: Report
59. National Centre for Social Research. Survey of English Housing 1999/2000. 2001. London, Department for Transport, Local Government and the Regions.
Ref Type: Report
60. NEWCOMBE, K., 1977. "Nutrient Flow in a Major Urban Settlement: Hong Kong", *Human Ecology*, 5, S. 179-208.
61. Office for National Statistics. Commerce, Energy and Industry. Mineral Extraction in Great Britain. Data for 2000. contact: gail.adams@ons.gov.uk 01633 812082. PA 1007. 2001a. London.
Ref Type: Report
62. Office for National Statistics. Region in Figures: London, Winter 2001 Edition. Williams, Tricia. 4. 2001b. London, The Stationery Office.
Ref Type: Report
63. Office for National Statistics. Regional Trends 36, 2001 Edition. Williams, Tricia and McGinty, John. 36. 2001c. London, The Stationery Office.
Ref Type: Report
64. Office for National Statistics. Annual Abstract of Statistics. Insalaco, Ramona. 138. 2002a. London, The Stationery Office.
Ref Type: Report
65. Office for National Statistics. Annual Business Inquiry: Results for London. Employee jobs by industry: December 2000. 2002b. London, The Stationery Office. Annual Business Inquiry.
Ref Type: Data File
66. Office for National Statistics. Family Spending. A report on the 2000-2001 Family Expenditure Survey. Denis Down. 2002c. London, The Stationery Office.
Ref Type: Report
67. Office for National Statistics. Labour Market Statistics. May 2002: London. 2002d. London, Office for National Statistics.
Ref Type: Report
68. Office of Water Services. Leakage and the efficient Use of Water: 2000-2001 Report. 2001. Birmingham, Office of Water Services.
Ref Type: Report
69. Oswald, Petra. Ökologische Rucksäcke im Stoffwechsel von Industriegesellschaften. Theoretische und methodische Diskussion am Beispiel der biotischen Importe Österreichs 1996. 2001. IFF - Department of Social Ecology, Wien.
Ref Type: Thesis/Dissertation

-
70. Pet Food Manufacturers' Association. Pet Ownership Demographics. www.pfma.com/petownership.htm . 24-5-2002. 24-5-2002.
Ref Type: Electronic Citation
 71. Petts, James. Urban Agriculture in London. 2001. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. Series on Urban Food Security. Case Study 2.
Ref Type: Report
 72. Port of London Authority. Commercial Terminal Directory of the Port of London. 10-5-2002.
Ref Type: Data File
 73. Schandl, Heinz and Schulz, Niels. Using Material Flow Accounting to Operationalize the Concept of Society's Metabolism. Apreliminary MFA for the United Kingdom for the Period of 1937 - 1997. 2000. Colchester, University of Essex. ISER Working Papers 2000-3.
Ref Type: Report
 74. Schandl, Heinz and Schulz, Niels. European Environmental History and Ecological Economics. Changes in the United Kingdoms natural relations in terms of society's metabolism and land-use from 1850 to the present day. 2001.
Ref Type: Unpublished Work
 75. Schandl,H., Schulz,N., 2001. "Industrial Ecology: United Kingdom". In: R.U.Ayres, L.Ayres (Hrsgs.), *A Handbook of Industrial Ecology*. Cheltenham: Edward Elgar, S. 323-333.
 76. Schandl, Heinz, Grünbühel, Clemens M., Haberl, Helmut, and Weisz, Helga. A Handbook on methodologies to describe the physical dimension of socio-economic activities with respect to environmental change - Accounting for Society's Metabolism and Appropriation of Net Primary Production. 2002. Wien, IFF - Department of Social Ecology.
Ref Type: Report
 77. Schulz, Niels. Ertragszahlen für Gras im UK. Benjamin Bongardt. 14-5-2002.
Ref Type: Internet Communication
 78. Sheerin, Caroline. Emissions Data. Benjamin Bongardt. 18-2-2002.
Ref Type: Personal Communication
 79. Taylor Woodrow Constructions. Construction Material cost estimations. 2002.
Ref Type: Personal Communication
 80. Thames Water Utilities Ltd. Environment and Conservation Review 2001. 11. 2002. Reading, The Beacon Press.
Ref Type: Report
 81. Transport for London. Transport Statistics for London 2000. contact: Anne Wheeler 020 7941 4078. 2000. London, Transport for London.
Ref Type: Report

82. Transport for London. Transport Statistics for London 2001. 2001. London, Transport for London.
Ref Type: Report
83. Winther, Rachael. Energy in the UK and London. Benjamin Bongardt. 2002.
Ref Type: Personal Communication
84. WOLMAN,A., 1965. "The Metabolism of Cities", *Scientific American*, 213, S. 178-193.
85. World Commission on Environment and Development, 1987. *Our common Future. The Brundtland-Report*, Oxford: Oxford University Press.

Glossar

Baumaterial	alle mineralischen Materialien (Gestein, Erz etc.)
Biomasse	alle biotischen rezenten Materialien
Biometabolismus	der Metabolismus eines Organismus im biologischen Sinne
Direct Material Input (DMI)	Direkter Materialinput (Importe + DE)
Dissipative Uses/Losses	Dissipative Nutzungen/Verluste (z.B. zielgerichtetes Ausbringen von Dünger oder Split/Materialverlust durch Korrosion, Verwitterung, Abrieb)
Domestic Extraction (DE)	Inländische Entnahme
Domestic Material Consumption (DMC)	Materialbedarf einer Gesellschaft (DMI – Exporte)
Domestic processed Outputs to Nature (DPO)	OiE + Dissipative Uses/Losses
Environmental Accounting	Das statistische Erfassen Umweltrelevanter Größen
Fossile Energieträger	alle biotischen nicht-rezenten Materialien
Gesellschaftlicher Stoffwechsel/ Metabolismus	Stoffwechsel einer gewissen Gesellschaft, die analog zu einem Organismus, der durch einen Biometabolismus seine Lebensfunktionen erhält, betrachtet wird
Greater London	Das politisch-administrative Gebiet Londons (auch territoriale Grenzen der natürlichen Umwelt Londons)
Hidden Flows	Indirect und Unused Flows
Indirect Flows	Materialflüsse, die für Herstellung/Gewinnung Importmaterialien vor Eintritt in das untersuchte soziale System entstehen
Input	alle Materialflüsse in die Gesellschaft
Kolonisierung von Natur	Der zielgerichtete Eingriff in Naturprozesse durch den Menschen
Material Flow Accounting (MFA)	Materialflussrechnung
Memorandum Item	Material, das auf der Input- oder Outputseite nicht erfasst ist und daher zur Erhaltung der Konsistenz der MFA dort berechnet werden muss.
Output	alle Materialflüsse aus der Gesellschaft
Outputs into the Environment (OiE)	Abgaben in die natürliche Umwelt
Produkte/ andere Materialien	alle Materialien, die nicht zu Biomasse, fossile Energieträger oder Baumaterial gezählt werden
Stocks	Bestände im System
Total Material Requirement (TMR)	DMI + Hidden flows
Unused Flows	Materialflüsse, die bei Extraktion des Materials entstehen, aber keinen ökonomischen Nutzen haben

Anhang

Anhang 1

KLASSE	commodity classif. Detail	pipelines (350 km, keine quellenangabe)	Import		Import		Import		DE LW (nur Nahrungsmittel)	DE LW (futtermittel)	DE Min.extr.
			alle transporte	Außenhandel Importe	Privater Sektor (aus NFS/FES)	Differenzen, bzw. Restl. Sektoren	Imp.-DE LW Nahrung	Transp. - Priv. Sektor			
1	Agricultural products	Bulk cereals, potatoes, other fresh and frozen fruit and vegetables.	2481050,744		1607320,656	873730,0884	41858,27114	33267,36829			
2	Beverages	Sugar (inc. Beet). Live animals and animal foods.	2247081,669		1360191,781	886889,8879					
3	other foodstuffs	Alcoholic and non-alcoholic (except tea, coffee and milk).	9086822,611		2929535,795	6157286,816					
4	wood, timber, cork	Meat, fish, dairy products, fruit cereals, other foods (inc. tea and coffee). Tobacco.	1214656,446	1309297,656	809912,9665	404743,4793					
	biomass		15029611,47	1595105,754	6706961,198	8322650,272	41858,27114				
	natural gas										
9	coal, coke	Includes lignite and peat	187497,3191								
14	petrol and products	Includes crude oil	7684862,402								
	fossil fuels	Includes crude oil, lignite, peat	3146233,425		k.A.	k.A.					
5	sand, gravel, clay		3065760,407								3139000
6	other crude minerals	Stone, chalk and other minerals	3923803,159								
7	ores	Ferrous and non-ferrous ores. Iron and steel waste	410891,8251	2874271,724							
10	cements	Cement and lime	1619917,968								
11	other building materials	Bricks, etc. concrete, glass, glassware and pottery	3810418,304								
12	iron and steel products	Pig iron, crude steel (sheets, bars etc.) Unwrought and non-ferrous alloys	996412,3609								
	const. Material zusammen (Klasse 5,6,7,10,11,12)		13827204,02		k.A.	k.A.					3139000
	fossil fuels + minerals		24845797,17	29511118,58							
8	crude materials	Wool, cotton, man-made fibres and other textile materials. Hides, skins, rubber. Paper (inc. pulp and waste)	529129,3227	884198,216	0	529129,3227					
13	fertiliser	Natural and chemical	88188,22045		0	88188,22045					
15	chemicals		851077,9056		106766,2626	744311,643					
16	other metal products n.e.s.	Finished structural parts and structures etc	787967,4762		0	787967,4762					
17	machinery and transport equipment	Vehicle, tractors, electrical and non – electrical machines	2689168,073	1272117,484	585382,0401	2103786,033					
18	misc. Manufactures	Leather, textiles and clothing nes; other manufactured articles nes.	4536539,496	4662978,822	668759,7792	3867779,717					
19	misc. Articles restliche Materialien	Arms and ammunition; commodities nes, unknown commodities; packing containers, packaging only, pallets, parcels, household waste	9534785,557 19016856,05	717997,695 7537292,217	499482,7753 1860390,857	9035302,782 17156465,19					

Fortsetzung Anhang 1

KLASSE	separat ermittelte Inputs DMI		O2 memorandum item	OUTPUTS Vergleich				
	meine Konsumstatistik			alle transporte	Außenhandel Export	Müll (nur Exporte)	Müll (nur Outp. Into env.) (municipal, commercial, construction)	Dissipative Uses
<i>Agricultural</i>								
1 products		2556176,384		2937350,038				
2 Beverages		2247081,669		1661845,133				
other								
3 foodstuffs		9086822,611		3749545,104				
wood, timber,								
4 cork		1214656,446		186062,6081	79209,22599	(Tierexkr., sonst. Vom Menschen)		
biomass		15104737,11		8534802,884	178790,4779		391928,8441	
natural gas								
9 coal, coke				0				
petrol and								
14 products				1355436,397				
fossil fuels	9663156,749	11018593,15		1355436,397				
sand, gravel,								
5 clay		6204760,407		1355094,814				
other crude								
6 minerals		3923803,159		2537150,988				
7 ores		410891,8251		796546,3056	2007678,732			
10 cements		1619917,968		609998,2903				
other building								
11 materials		3810418,304		949465,2722				
iron and steel	constr.m. - rec. - DE	996412,3609		489901,6079				
12 products								
const. Material zusammen (Klasse 5,6,7,10,11,12)	16949111,11	16966204,02	biom.+FF s.u.:	6738157,278		0	3282000	
fossil fuels + minerals			23750022,56		15651289,09			
crude								
8 materials		529129,3227		205623,84	346396,5658			
13 fertilizer		88188,22045		12359,90295				
15 chemicals		851077,9056		310138,6715				
other metal								
16 products n.e.s.		787967,4762		198882,0748				
machinery and transport								
17 equipment		2689168,073		1912414,075	644169,1949			
misc.								
18 Manufactures		4536539,496		2692211,588	2114072,359 (municipal) (commer- cial)	3304000	537000	
19 misc. Articles		9534785,557		15052894,34	398309,5793	5955600	580400	
restliche Materialien		19016856,05		20384524,49	3502947,699	9259600	1117400 (min. Dünger)	2447,31

Anhang 2

Materialflüsse von LONDON im Jahr 2000

INPUTS		mit Wasser ohne Wasser		Ohne O2	% (vom Input)	
		% (vom Input)	% (vom Input)			
Domestic Extraction						
Biomasse		75.126	0,01	0,07	75.126	0,12
Mineral Extraction		3.139.000	0,27	2,84	3.139.000	4,93
Fossile Materialien		0	0,00	0,00	0	0,00
Memorandum Material		47.029.517	4,04	42,48		
	davon O2 (in Wasserdampf)	23.567.242	2,02	21,29		
	davon O2 (Verkehr ohne CO2)	182.781	0,02	0,17		
	CO2)	23.279.495	2,00	21,03		
Summe DE		50.243.643	4,31	45,39	3.214.126	5,05
Importe						
Biomasse		15.029.611	1,29	13,58	15.029.611	23,61
	davon Privathh (quelle NFS+FES)	6.706.961	0,58	6,06	6.706.961	10,53
	davon Rest	8.322.650	0,71	7,52	8.322.650	13,07
Mineralisches Material (Durchschn.)		15.388.158	1,32	13,90	15.388.158	24,17
	Transp.-Stat. Bausektor (quelle constr. Output)	13.827.204	1,19	12,49	13.827.204	21,72
Fossile Materialien		16.949.111	1,45	15,31	16.949.111	26,62
	davon Pipeline	11.018.593	0,95	9,95	11.018.593	17,31
Produkte/ anderes Material		3.146.233	0,27	2,84	3.146.233	4,94
	davon Privathh (quelle FES)	19.016.856	1,63	17,18	19.016.856	29,87
	davon Rest	1.860.391	0,16	1,68	1.860.391	2,92
		17.156.465	1,47	15,50	17.156.465	26,95
Summe aller Importe		60.453.218	5,19	54,61	60.453.218	94,95
Summe aller Materialinputs		110.696.861	9,50	100,00	63.667.344	100,00
Akkumulation der Stocks (Inputs - Outputs):						
Wasser		1.054.444.444	90,50			
	davon Leakage	242.725.000	20,83			
Summe aller Inputs		1.165.141.305	100,00			
(Unused Water)						
	Niederschlag pumped out	1.550.166.000				
	groundwater (Tube)	11.315.000				
Recyclingmaterialien			% des Inputs		% ohne Wasser	
	davon Metall	3.867.000	0,33		6,07	
	davon Baumaterial	554.000				
		3.313.000				

Anmerkungen: FF= fossil fuels; LW = Landwirtschaft; MSW = municipal solid waste; FES = Family expenditure survey; NFS = National Food survey

Fortsetzung Anhang 2

OUTPUTS		mit Wasser %	ohne Wasser %	Ohne O2	%
		(vom Output)	(vom Output)		(vom Output)
Output into Environment					
Abfall	4.791.329	0,41	4,63	4.791.329	8,48
davon andere Abfälle	1.117.400	0,10	1,08	1.117.400	1,98
davon Bauabfälle	3.282.000	0,28	3,17	3.282.000	5,81
v. Lebewesen	391.929	0,03	0,38	391.929	0,69
	<i>(siehe Abwasser)</i>			<i>(siehe Abwasser)</i>	
Emissions to water	61.710.801	5,33	59,61	14.681.284	25,99
Emissions to air					
davon Wasserdampf aus H2O der FF	127.423	0,01	0,12	30.314	0,05
H	24.187.952	2,09	23,37	5.754.425	10,19
Trinken	986.279	0,09	0,95	234.640	0,42
davon Wasserdampf aus Nahrung	1.674.686	0,14	1,62	398.416	0,71
davon CO2 (Mensch/Tier)	2.459.131	0,21	2,38	585.039	1,04
davon CH4 LW	2.069	0,00	0,00	492	0,00
davon CO,NO2,SO2 aus Verkehr (nicht CO2)	338.199	0,03	0,33	80.459	0,14
davon PM10,NMHC (Verkehr)	45.344	0,00	0,04	10.788	0,02
davon CO2 aus Fossil Fuels (incl. Verkehr)	30.436.570	2,63	29,40	7.586.711	13,43
davon CO2 aus Abfallverbrennung	1.453.148	0,13	1,40	392.350	0,69
Dissipative Nutzen (Dünger)	2.447	0,00	0,00	2.447	0,00
Summe OiE	66.504.577	5,74	64,24	19.475.060	34,48
Exporte					
Biomasse	8.534.803	0,74	8,24	8.534.803	15,11
Mineralisches Material	6.738.157	0,58	6,51	6.738.157	11,93
Fossiles Material	1.355.436	0,12	1,31	1.355.436	2,40
Produkte/ anderes Material	20.384.524	1,76	19,69	20.384.524	36,09
davon MSW/commercial waste	9.259.600	0,80	8,94	9.259.600	16,39
davon Rest	11.124.924	0,96	10,75	11.124.924	19,69
Summe aller Exporte	37.012.921	3,20	35,76	37.012.921	65,52
Summer aller	103.517.498	8,94	100,00	56.487.981	100,00
 %)	7.179.363				
Abwasser (ohne NS)	1.054.444.444	91,06			
davon Fäkalien loss) (ermittelt)	3.655.788	0,32			
Differenz (ermittelt-Input):	242.725.000	20,96			
	#####	107,71			
	192.844.876	16,65			
Summe aller Outputs	1.157.961.942	100,00			
(Unused Water)					
Niederschlag	1.550.166.000				
pumped out groundwater (Tube)	11.315.000				
Recyclingmaterialien	3.867.000				
davon Metall	554.000				
davon Baumaterial	3.313.000				

Alle Angaben in Tonnen, wenn nicht anders erwähnt

Anhang 3

	2000		1997		1992		1998		1971		1991	
	LONDON	UK	UK	ÖSTERREICH	AMSTERDAM	HONG KONG (S. 116)	WIEN					
	EW: 7.375.000	EW: 59.014.000	EW: 59.014.000	EW: 9.508.197	EW: 718.175	EW: 4.000.000	EW:					
	t	t/Nase	t	t/Nase	t	t	t					
Importe	60.453.218	8.197	201.273.000	3.411	46.700.000	4.912						
Biomasse	15.029.811	2.038	24.626.000	0,417	11.300.000	1.188						
Fossile E-träg	11.018.593	1,494	79.481.000	1,347	20.140.000	2.118						
Baumaterial	15.388.158	2,087	39.038.000	0,662	min.+produkte: 15.260.000	1.605						
Produkte (mit crude mate	19.016.856	2,579	58.129.000	0,985								
fertiliser	529.129	0,072										
chemicals	88.188	0,012										
other metal	851.078	0,115										
machinery	787.967	0,107										
misc. Manu	2.689.168	0,365										
misc. Article	4.536.539	0,615										
	9.534.786	1,293										
DE	3.214.126	0,436	587.322.000	9,952	119.381.000	12,556						
Biomass	75.126	0,010	77.430.000	1,312	46.700.000	4,912						
Fossile E-träg	0	0,000	249.228.000	4,223	4.300.000	0,452						
Baumaterial	3.139.000	0,426	260.664.000	4,417	68.381.000	7,192						
DMI	63.667.344	8,633	788.595.000	13,363	166.081.000	17,467			13.169.200	3,292	16.500.000	
Teilsomme DMI:												
Biomasse	15.104.737	2,048	102.056.000	1,729	58.000.000	6,100			2.306.800	0,577	3.200.000	
Fossile E-träg	11.018.593	1,494	328.709.000	5,570	24.440.000	2,570	2.691.000		4.292.400	1,073	10.000.000	
Baumaterial	18.527.158	2,512	299.702.000	5,078	min.+prod.				Cargo: 6.570.000	1,643	3.300.000	
Produkte	19.016.856	2,579	58.129.000	0,985	83.641.000	8,797	836.000					
EXPORTE												
Exporte	37.012.921	5,019	186.199.000	3,155	22.150.000	2,330						
Biomass	8.534.803	1,157	14.178.000	0,240	9.700.000	1,020						
Fossil Material	1.355.436	0,184	105.906.000	1,795	1.500.000	0,158	34.000					650.000
Mineral Mate	6.738.157	0,914	21.807.000	0,370	10.100.000	1,062						
Products	20.384.524	2,764										
Products of	11.124.924	1,508	44.308.000	0,751	850.000	0,089	4.128.000		Cargo: 2.974.750	0,744	3.100.000	
nicht abfall-er	27.753.321	3,763										
abfall-exporte	9.259.600	1,256										
Domestic Material Consum	26.654.423	3,614	602.396.000	10,208	143.931.000	15,138						
Teilsomme DMC												
Biomass	6.589.934	0,891	87.878.000	1,489	48.300.000	5,080						
Fossil Material	9.663.157	1,310	222.803.000	3,775	22.940.000	2,413						
Mineral Mate	11.789.000	1,599	277.895.000	4,709	72.691.000	7,645						
Products (ohr	7.891.932	1,070	13.821.000	0,234					3.595.250	0,899		
Netto-Stockakkumulationen	7.179.363	0,973	n.a.		118.000.000	12,410	1.802.000	251	n.a.		9.990.000	

Anhang 4

	Million tonnes											
	Road goods vehicles ¹				Air ²	Water ³		Rail ⁴				
	Origin	Dest.	O & D	GB		Internal	Port of	Origin	Dest.	O & D	GB ⁷	
	London	London	Both	5		Traffic on	London sea	London ⁶	London ⁶	both	5,6	
						River	going					
						Thames (99)	traffic					
1994	80	91	48	1.597	1,3	2,8	51,8	1,3	4,3	0,2	97	
1999							52,206					
2000	81,096	92,195	50	1.593	1,8	1,7	95	
	abzüglich der Flüsse innerhalb d.					Häfen in London (in %)		abzüglich der Flüsse innerhalb d. System				
	31,096	42,195				16,9	16,9	1,1	4,1			
						Greater London's Häfen						
						0,2873	8,822814					
	<small>(siehe datei maritime.xls)</small>											
	origin und des zuzügl. LGVs:			3,857	air	origin und dest. Water		origin und dest. Rail		gesamte Fracht		
	73,291	77,148			1,8	9,110114		5,2		93,259		
	Prozentanteil											
	78,6	4,1			1,9	9,8	5,6					
	HGV	LGV	GV									gesamt Dest.
nur Dest. Lon	42,195	1,9287105	44,1237105	0,9	0,14365	6,895031		4,1		56,162		
nur Origin Lor	31,096	1,9287105	33,0247105	0,9	0,14365	1,927614		1,1		gesamt Orig. 37,096		