

Literatur- und Datenrecherche zur Schaffung von Grundlagen für eine Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaftspolitik zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik

Endbericht

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Darmstadt, 2. Dezember 2004

BMU Förderkennzeichen: 904 31 356

*Dr. Doris Schüler, Dr. Matthias Buchert,
Dr. Wolfgang Jenseit, Dipl.-Ing. Günter Dehoust, Ass.jur. Andreas
Hermann LL.M., Ass. jur. Falk Schulze LL.M.*

02. Dezember 2004, Darmstadt

Öko-Institut e.V.
Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 6226
D-79038 Freiburg
Tel.: +49-(0)761-452950
Fax: +49-(0)761-475437

Öko-Institut e.V. Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Tel.: +49-(0)30-280486-80
Fax: +49-(0)30-280486-88

Büro Darmstadt
Rheinstrasse 95
D-64295 Darmstadt
Tel.: (06151) 8191-0
Fax: (06151) 8191-33

Inhaltsverzeichnis

0. Aufgabenstellung und Einleitung	2
1. Ergebnisse zur Stoffstromdiskussion	3
1.1 Leitbilder und Ziele innerhalb der Stoffstromdiskussion.....	3
1.2 Entwicklung des Konzepts des Stoffstrommanagements	6
1.3 Analyse- und Bewertungsmodelle für Stoffströme.....	9
1.4 Übersicht: Unterschiedliche Anwendungsgebiete der Stoffstromanalyse	13
1.5 Stoffstrommanagement in der politischen Umsetzung	14
1.5.1 Politische Instrumente und Konzepte	14
1.5.2 Bausteine des Stoffstrommanagements in der politischen Praxis	15
2. Exkurs zum Stoffstromrecht.....	17
3. Spezifische Ergebnisse: Stoffstromdiskussion und Abfallwirtschaft.....	21
3.1 Die Rolle der Abfallwirtschaft für die gesamtwirtschaftlichen Stoffkreisläufe	21
3.2 Beiträge von Stoffstromanalyse und Stoffstrommanagement zur Abfallwirtschaft	24
3.3 Aufgaben und Handlungsfelder einer nachhaltigen Abfallwirtschaft	27
3.4 Identifikation von abfallwirtschaftlich besonders relevanten Stoffströmen	27
3.5 Handlungs- und Diskussionsbedarf in der derzeitigen Abfallwirtschaft	30
4. Fazit aus der Literatur- und Datenrecherche	33
5. Untersuchungsbedarf für eine Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaftspolitik zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik	38
6. Literaturverzeichnis.....	41
7. Anhang: Literatur- und Datenrecherche: Vorgehensweise und ausgewertete Quellen	52

0. Aufgabenstellung und Einleitung

Das Öko-Institut wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit beauftragt eine „Literatur- und Datenrecherche zur Schaffung von Grundlagen für eine Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaftspolitik zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik“ durchzuführen. Hintergrund der Arbeit ist die Tatsache, dass in den letzten Jahren sowohl auf der nationalen Ebene in Deutschland als auch auf Ebene der EU die Bedeutung des stoffstromorientierten Politikansatzes für die Kreislaufwirtschaft immer stärkeres Gewicht in den wissenschaftlichen Diskursen und politischen Strategien erhält.

So betont die Bundesregierung z.B. im aktuellen Fortschrittsbericht 2004 zu „Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung“ im Zusammenhang mit der Steigerung der Rohstoffproduktivität um 12,3% im Zeitraum 1999 bis 2003: ...“Die Vermeidung von Abfällen und die verstärkte Kreislaufwirtschaft bei Rohstoffen sowie die verstärkte Nutzung nachwachsender Rohstoffe haben zu dieser Steigerung beigetragen.“... Erfolge in der Kreislaufwirtschaft werden somit konsequent in den Kontext eines übergeordneten Systems gestellt (hier quantitativ beschreibbar durch den Nachhaltigkeitsindikator Rohstoffproduktivität), welches nur durch ein stoffstromorientiertes Konzept adressiert werden kann.

Die EU-Kommission ihrerseits hat bereits Anfang 2001 im Rahmen des Kommissionsvorschlags für das sechste Umweltaktionsprogramm der EU die Abfallbewirtschaftung und nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen als vierten Schwerpunkt aufgenommen. Als Ziele für den Bereich Abfall- und Ressourcenmanagement nennt die Kommission die Verbesserung der Ressourceneffizienz sowie die Entkopplung von Abfallaufkommen und Wirtschaftswachstum. Diese Ziele erfordern letztlich stoffstromorientierte Politikansätze, um neue Wege der Kreislaufwirtschaft in der praktischen Umsetzung gehen zu können.

Die Aufgabenstellung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit greift diese aktuelle Debatte auf. Sobald nicht mehr Massenabfälle oder einzelne Produktgruppen im Mittelpunkt stehen, sondern einzelne, aufgrund ihrer Relevanz als Wertstoffe oder aber Schadstoffe besonders wichtige Stoffe, stößt die bisherige Abfallwirtschaft an Grenzen. Zur Vorbereitung der Entwicklung einer neuen Herangehensweise stellt das Öko-Institut mit der vorliegenden Literatur- und Datenrecherche den wissenschaftlichen und politischen Sachstand im Bereich der stoffstromorientierten Konzepte in seinen wichtigsten Facetten dar.

Der folgende Bericht fasst die Vorgehensweise und die wesentlichen Ergebnisse der Arbeit des Öko-Instituts zusammen. Kapitel 1 führt über die Ergebnisse der Literatur- und Datenrecherche zur Stoffstromdiskussion aus. Hiermit sind Beschreibungen und Bewertungen wichtiger Veröffentlichungen gemeint, die sich allgemein mit dem stoffstromorientierten Ansatz intensiv befasst haben – ohne explizit bzw. mit Schwerpunkt auf die Kreislaufwirtschaft(politik) einzugehen. D.h. in diesem Abschnitt

wird auf wichtige Meilensteine zu Leitbildern und Zielen innerhalb der Stoffstromdiskussion, zur Entwicklung des Konzepts des Stoffstrommanagements sowie auf relevante Beiträge zu Analyse- und Bewertungsmodellen für Stoffströme, zu unterschiedlichen Anwendungsgebieten der Stoffstromanalyse und zum Stoffstrommanagement in der politischen Umsetzung eingegangen. Ausgewählte Rechercheergebnisse zum Bereich Stoffstromrecht werden in Kapitel 2 ausgeführt. Die Ausführungen in Kapitel 1 und 2 zum stoffstromorientierten Ansatz sind wichtig, um die spezifischen Ergebnisse in Kapitel 3 zu wichtigen Beiträgen der Stoffstromdiskussion im Kontext mit der Abfallwirtschaft richtig einordnen zu können.

In Kapitel 4 erfolgt ein Fazit des Öko-Instituts aus der Literatur- und Datenbankrecherche. In Kapitel 5 schließlich wird der wesentliche Untersuchungsbedarf für eine Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaftspolitik zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik zusammengefasst und mit entsprechenden Empfehlungen an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit verbunden. Im Anhang werden die methodische Vorgehensweise bei der Recherche erläutert und die ausgewerteten Datenbanken etc. dokumentiert. Die in diesem Bericht zitierte recherchierte Fachliteratur wird im Anhang aufgeführt. Sie stellt eine Auswahl dar, welche die wesentlichen Diskussionen und Beiträge möglichst repräsentativ wiedergeben sollen.

Darüber hinaus ergaben die Datenbankrecherchen des Öko-Instituts noch wesentliche größere Zahlen an identifizierten Literaturstellen, die über einen bzw. mehrere der verwendeten Suchbegriffe (vgl. Anhang) gefunden wurden. Entweder aus Gründen der Redundanz (viele wichtige Autoren haben jeweils eine große Anzahl an Publikationen mit ähnlichem Schwerpunkt veröffentlicht) oder da viele Publikationen nicht den unmittelbaren Fokus dieser Untersuchung treffen (z.B. zahlreiche Publikationen zu Stoffstromanalysen auf der betrieblichen Ebene), wurde eine stringente Auswahl für diesen Bericht getroffen, um die Übersichtlichkeit zu wahren.

1. Ergebnisse zur Stoffstromdiskussion

1.1 Leitbilder und Ziele innerhalb der Stoffstromdiskussion

Die Formulierung von Leitbildern und Zielen innerhalb der Stoffstromdiskussion ist untrennbar mit der Entwicklung und Propagierung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung verbunden. Daher ist es angemessen auf wichtige Meilensteine in diesem Prozess einzugehen und letztlich dann den Fokus auf die Stoffstromdiskussion zu lenken. Vereinfacht ausgedrückt kann die Stoffstromdiskussion als legitimes Kind der internationalen Debatte zur nachhaltigen Entwicklung aufgefasst werden. Nachfolgend werden lediglich ausgewählte Meilensteine zur Nachhaltigkeitsdiskussion kurz aufgeführt, da eine intensivere Auseinandersetzung weder den Rahmen noch den Auftragsgegenstand der Recherche adressieren würde.

Als unzweifelhafter erster wichtiger Meilenstein in dieser Debatte kann die Veröffentlichung des Abschlussberichts „Our Common Future“ (Brundtland-Bericht) im Jahr 1987 gewertet werden [Hauff 1987]. Die World Commission on Environment and Development leistete damit einen wesentlichen Anstoß zur Problematisierung der politischen Aspekte des Sustainable Development und trug zur Verbreitung dieses Begriffes bei. Nachhaltige Entwicklung wurde dabei beschrieben als „*ein Prozess tiefgreifender Veränderungen, in dem die Nutzung der Ressourcen, die Struktur der Investitionen, die Art des technischen Fortschritts und die institutionellen Strukturen mit den zukünftigen und den gegenwärtigen Bedürfnissen in Einklang gebracht werden.*“

Die Ergebnisse des Brundtland-Berichts und die sich anschließenden Diskussionen waren letztlich auslösend für die berühmte, im Jahr 1992 in Rio abgehaltene „UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung“. Im Zusammenhang mit dieser Konferenz entwickelte sich der Begriff Sustainable Development zum zentralen Leitbild der globalen Umweltdiskussion [BMU 1992]. Im gleichen Jahr wurde auf europäischer Ebene von der EG-Kommission das Fünfte Umweltaktionsprogramm der Kommission der Europäischen Gemeinschaften „Für eine dauerhafte und umweltgerechte Entwicklung“ vorgelegt [EU-Kommission 1992]. Zur Verwirklichung einer dauerhaften und umweltgerechten Entwicklung wurde praktische Forderungen aufgestellt, u.a. :

„*Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit von Rohstoffen sollte der Fluss aller Stoffe über Verarbeitung, Einsatz und Verbrauch so gesteuert werden, dass eine optimale Wiederverwendung oder Wiederverwertung erleichtert und gefördert wird, womit Abfall vermieden und der Abbau des Vorrats an natürlichen Ressourcen verhindert werden würde.*“ [EU-Kommission 1992]

In Deutschland wurden die Impulse von Rio nicht zuletzt durch die Arbeit der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 12. Deutschen Bundestages aufgegriffen. Mit dem Einsetzungsbeschluss im Jahr 1992 wurde die Enquete-Kommission beauftragt, Entwicklungslinien für eine Veränderung der Stoffwirtschaft bzw. des Umgangs mit Stoffen herauszuarbeiten [Enquete 1993]. Es wurden Leitbilder einer Stoffpolitik formuliert. In der Einleitung hierzu wird dies u.a. wie folgend begründet:

„*Umweltrisiken nehmen heute trotz einer hohen Regeldichte und nachweislicher Einzelerfolge in mehrfacher Hinsicht neue Dimensionen an. Treibhauseffekt, Ausdünnung der Ozonschicht, Sommersmog, Meeresverschmutzung, Bodendegradation, Arten- und Biotopschwund sowie wachsende Müllberge sind Stichworte für die neue Dimension von Umweltbelastungen. Viele dieser Probleme haben mit der Art unseres Wirtschaftens, insbesondere mit dem Ressourcenabbau, der Ressourcennutzung, dem Abfallvolumen bzw. der Abfallstruktur, d.h. letztlich mit den Stoffströmen und mit der Art der Stoffnutzung in Form einer Durchflusswirtschaft zu tun. Auch aus der Erkenntnis der damit verbundenen Probleme ergab sich die Forderung nach einer Stoffpolitik.*“ [Enquete 1993]

Schließlich wird von der Enquete-Kommission die nachhaltig zukunftsverträgliche Entwicklung als übergeordnetes Leitbild einer Stoffpolitik festgelegt. Daraus abgeleitet werden u.a. folgende allgemeine Forderungen für den Umgang mit Stoffen formuliert:

- Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen darf ihre Regenerationsrate nicht überschreiten !
- Nicht erneuerbare Ressourcen dürfen nur in dem Umfang verwendet werden, in dem ein physisch gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird !

Schließlich bekräftigt die Enquete-Kommission, dass eine an der Idee einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung orientierte Stoffpolitik nur durch ein geeignetes Stoffstrommanagement (vgl. Kapitel 1.2) realisiert werden kann [Enquete 1993] [Grießhammer et al. 1994]. Erwähnt werden sollte weiterhin, dass die Enquete-Kommission des 12. Deutschen Bundestages als Fallbeispiele Stoffstromanalysen zu Cadmium, Benzol, R134a und andere FCKW-Ersatzstoffe sowie zur textilen Kette zur Konkretisierung des neuen Ansatzes durchführen ließ [Enquete 1993].

Am 1. Juni 1995 setzte der 13. Deutsche Bundestag eine weitere Enquete-Kommission ein: „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ [Enquete 1997]. Sie setzte die Arbeit der Vorgänger-Kommission fort (siehe oben), die nach eigener Einschätzung Teilbereiche ihres Auftrages nicht in dem wünschenswerten Umfang bearbeiten konnte. Ein Schwerpunkt der Arbeit dieser Enquete-Kommission war die Erarbeitung von Umweltzielen für eine nachhaltig zukunftsverträgliche Entwicklung:

- „Um Maßstäbe für die Umweltpolitik zu erhalten, sind folgende Arbeiten zu bewältigen:*
- *Bestandsaufnahme der Umwelt unter besonderer Berücksichtigung der Quellen und der Senken belastender Stoffe,*
 - *Identifikation von konkreten Problemfeldern und Stoffströmen,*
 - *Fortentwicklung übergeordneter Bewertungskriterien für den Umgang mit Stoffen, besonders bei umweltoffener Anwendung,*
 - *Normative Festlegung von Umweltzielen und Umweltqualitätszielen,*
 - *Erarbeitung von Grundlagen für einen nationalen Umweltplan“*

[Enquete 1997]

Diese Enquete-Kommission wählte als Beispieldfeld „Bauen und Wohnen“, d.h. im Gegensatz zur Vorgängerkommission, die nicht zuletzt Problemstoffe (Cadmium, Benzol etc.) im Fokus hatte, wurde ein Bereich untersucht, der sich durch große Stoffströme und damit verbunden große Rohstoffentnahmen, großen Energieverbrauch und einen beträchtlichen Anfall an Abfällen auszeichnet. Weiterhin wurde die Auswahl – neben der sowohl ökologischen als auch ökonomischen als auch sozialen Relevanz von Bauen und Wohnen - wie folgt begründet:

„...Die damaligen Untersuchungen der Stoffströme im Bedürfnisfeld „Textilien“ und der Versuch, nationale Handlungsoptionen zu erarbeiten, bereiten dort Schwierigkeiten, wo die internationalen Verflechtungen der Stoffströme den nationalen

Einflussmöglichkeiten Grenzen setzten. Die mit dem Baubereich verbundenen Stoff- und Energieströme sowie die Flächennutzung werden hingegen größtenteils durch nationale Politik beeinflusst.“ [Enquete 1997]

Als Ergebnis der in Auftrag gegebenen Stoffstromanalysen zum Bereich Bauen und Wohnen formulierte die Enquete-Kommission „Ausgewählte Zieldimensionen für den Bereich Bauen und Wohnen“. Für die Ökologische Dimension wurde sich dabei u.a. auf die „Orientierung der Stoffströme im Baubereich an den Zielen der Ressourcenschonung“ verständigt.

Im Jahr 2002 hat sich die Bundesregierung mit der umfangreichen Publikation „Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung“ mit Nachdruck zum Leitbild der nachhaltigen Entwicklung bekannt und sich darin auf Indikatoren und Ziele für eine umfassende Strategie festgelegt. Die Bundesregierung verweist dabei explizit auf die Vorarbeiten der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ für die Erarbeitung der Nachhaltigkeitsstrategie [Bundesreg. 2002]. Stoffstromaspekte sind in dieser Strategie letztlich unter dem Ziel Ressourcenschonung aufgegriffen und mittels der Indikatoren Energieproduktivität (Wirtschaftsleistung je Einsatz einer bestimmten Energiemenge: Jahr 1990 = 100) und Rohstoffproduktivität (Verhältnis Bruttoinlandprodukt zum Rohstoffverbrauch: Jahr 1994 = 100) quantifiziert. Die Bundesregierung hebt dabei hervor:

„Auch die Rohstoffproduktivität entwickelte sich positiv. Wichtige Fortschritte wurden durch die Vermeidung von Abfällen und die verstärkte Kreislaufführung von Rohstoffen erzielt.“ [Bundesreg. 2002] Als Ziel gab die Bundesregierung bis zum Jahr 2020 eine Verdopplung der Energie- sowie der Rohstoffproduktivität gegenüber den Ausgangsjahren vor.

Mit diesen Indikatoren, die im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie eine wichtige Rolle spielen, kann letztlich eine moderne Abfallwirtschaft, die sich als wichtiger Teil einer Stoffstrompolitik versteht, über die aufgestellten ambitionierten Ziele verbunden werden.

Im Fortschrittsbericht 2004 der Bundesregierung „Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung“ wird resümiert, dass die Entwicklung für den Indikator Rohstoffproduktivität sehr positiv verlaufen ist: Steigerung von 1994 = 100 auf 128¹ für das Jahr 2003. Erneut wird in diesem Zusammenhang der Beitrag durch die Vermeidung von Abfällen und die verstärkte Kreislaufwirtschaft hervorgehoben. [Bundesreg. 2004]

1.2 Entwicklung des Konzepts des Stoffstrommanagements

Wie bereits im vorigen Abschnitt dargelegt ist die Stoffstromdiskussion in unmittelbarem Zusammenhang mit der Entwicklung und Konkretisierung des Leitbildes

¹ Daten für 2003 sind vorläufig.

des nachhaltigen Entwicklung zu verstehen. Entsprechend finden sich in den ausgewählten „Meilensteinen“ zur Entwicklung des Leitbilds der nachhaltigen Entwicklung wichtige Impulse zur Entwicklung des Konzepts des Stoffstrommanagements. So definierte 1993 die Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 13. Deutschen Bundestages: „*Der Begriff des Stoffstrommanagements steht für den Versuch einer Beeinflussung von Stoffvolumen und Stoffstruktur, wobei offen bleibt, auf welche Weise die stoffpolitische Umsetzung der von der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“...diskutierten Leitbilder erfolgen soll. Inwieweit eine solche Steuerung z.B. auf eine interventionistische Weise, d.h. durch unmittelbares und direktes Eingreifen des Staates, oder über eine Beeinflussung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen erfolgen soll, ist noch umstritten.*“ [Enquete 1993]

Das Öko-Institut e.V. definierte 1995 den Begriff Stoffstrommanagement wie folgt:

„*Das Öko-Institut e.V. definiert Stoffstrommanagement als das aktive, bewusste und effiziente, an anspruchsvollen Umweltzielen orientierte, produktlinien-, medien-, sowie akteursübergreifende Beeinflussen von Stoffströmen. Stoffstrommanagement im engeren Sinn umfasst die Schritte Stoffstromanalyse, Stoffstrombewertung, Strategieentwicklung, Umsetzung und Erfolgskontrolle, wobei die Aufgaben von Akteuren wahrgenommen werden. Viele Elemente des Stoffstrommanagements sind nicht neu. Neu ist, diese Elemente in einen größeren Rahmen zu binden, in dem konkrete Umweltziele erreicht werden müssen.*“ [Öko-Institut 1995] Das Öko-Institut legte sich in der Frage der Instrumente im Rahmen des Stoffstrommanagements dabei bewusst nicht fest.

Die Debatte darüber auf welche Weise, d.h. mit welchen Instrumenten Stoffstrommanagement operationalisiert werden soll, setzte sich in den folgenden Jahren fort [Ökoforum 1996], [De Man 1997].

Henseling fasste 1998 zusammen: „*Das Stoffstrommanagement ist eine Anleitung zur Selbstorganisation der in der Produktlinie miteinander verbundenen Akteure mit dem Ziel, die Inanspruchnahme und Belastung der Umwelt auf allen Stufen zu verringern. Hierfür sind Informationsinstrumente, Kooperationsformen und Organisationsmodelle zu entwickeln..*“ [Henseling 1998]

Im gleichen Jahr äußert sich der Präsident des Umweltbundesamtes Prof. Dr. Troge in einem Vorwort zum Buch „Das Management von Stoffströmen“ wie folgt zu diesem Thema: „*Mit einem Minimum an Umweltverbrauch ein Höchstmaß an Nutzen zu erzielen, das ist die Kurzformel für die notwendige Neuorientierung aus ökologischer Sicht. Diese Neuorientierung ist in erster Linie eine Herausforderung für die Wirtschaft. Unternehmen müssen ihre Eigenverantwortung wahrnehmen und dauerhaft umweltverträgliche Konzepte erarbeiten sowie umsetzen. Dabei spielt das Denken in Stoffströmen eine wesentliche Rolle. Knappe Umweltgüter werden auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette in Anspruch genommen, von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und den Gebrauch von Produkten bis zur Verwertung und Beseitigung. Um den Umweltverbrauch in einer Produktlinie so gering wie möglich zu halten, bedarf es*

der Kommunikation und Kooperation der über die Stufen des Produktlebensweges verbundenen Akteure“ [Friege 1998]

Wichtig für ein erfolgreiches Stoffstrommanagement ist ein strukturierter Ablauf: vorgeschlagen werden die Phasen: Initiierung – Vorbereitung – Gestaltung der Kooperation – Operative Phase/Umsetzung – Kontrolle [Henseling 1998].

Den an den Stoffströmen direkt beteiligten wirtschaftlichen Akteuren wird demnach für das Stoffstrommanagement eine entscheidende Rolle zugewiesen. Ordnungsrechtliche Eingriffe des Staates im klassischen Sinne sind jedoch nicht vollkommen ausgeschlossen. Allerdings ist hervorzuheben, dass es sehr verschiedene Arten und damit Aufgaben des Stoffstrommanagement gibt [Henseling 1998]. So muss unbedingt zwischen dem betrieblichen und dem betriebsübergreifenden Stoffstrommanagement unterschieden werden. Beim betrieblichen Stoffstrommanagement sind die Stoffströme und damit die in der Akteurskette involvierten Akteure – natürlich abhängig von Größe, Produktpalette und Branchenzugehörigkeit des Betriebs – in der Regel von leichter überschaubarer Dimension. Im Kern läuft die Akteurskooperation hier über den Betrieb und seine Zuliefererketten ab.

Beim betriebsübergreifenden Stoffstrommanagement – insbesondere wenn Stoffströme ganzer Bedürfnisfelder untersucht werden [Buchert 1998] sind letztlich unterschiedlichste Akteure in das Stoffstrommanagement eingebunden. Staatlichen Akteuren kommt hier durch das Setzen unterschiedlichster Rahmenbedingungen (Umweltziele, Verordnungen, Steuern, Abgaben, Förderprogramme etc.) eine entscheidende Rolle im Stoffstrommanagement zu.

Ziele und Indikatoren beim Stoffstrommanagement spielen eine entscheidende Rolle für das Stoffstrommanagement, da auf diese Weise eine Erfolgskontrolle möglich wird. Die Wirksamkeit und Berechtigung von Maßnahmen, Instrumenten und sonstige Aktivitäten welcher Art auch immer (freiwillig, ökonomisch, kommunikativ, ordnungsrechtlich etc.) werden auf diese Weise einer objektiven Bewertung zugänglich [Friege 1998]. Letztlich ist dies der Weg den die Bundesregierung für die Entwicklung und Fortschreibung ihrer Nachhaltigkeitsstrategie „Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung“ gewählt hat [Bundesreg. 2002], [Bundesreg. 2004]. Durch die im zweijährigen Turnus erfolgende Überprüfung der Entwicklungen für die einzelnen Indikatoren (z.B. Rohstoffproduktivität) ist eine zeitnahe Erfolgskontrolle und damit gegebenenfalls Ergänzung der vorgesehenen Maßnahmen gegeben.

Aus der Sicht des Öko-Instituts sei an dieser Stelle hervorzuheben, dass durch die gerade im Jahr 2004 weltweit registrierten z.T. massiven Steigerungen der Energie- und Rohstoffpreise das Konzept des Stoffstrommanagements auf allen Ebenen (betrieblich, überbetrieblich etc.) nicht zuletzt auch aus ökonomisch-strategischer Sicht weiter an Bedeutung gewinnen dürfte. Spätestens wenn die Versorgung von

Industriebetrieben mit Rohstoffen bzw. Vormaterialien bedroht ist², wird sich dieser Einsicht niemand verschließen können.

1.3 Analyse- und Bewertungsmodelle für Stoffströme

Die Entstehung und Weiterentwicklung der Stoffstromanalyse (häufig auch synonym Stoffflussanalyse: engl. material flow analysis, aber auch analysis of material fluxes sowie material flow accounting) lässt sich bis in die Siebziger Jahre zurückverfolgen. Nicht zuletzt inspiriert durch die weltweit Aufsehen erregende Arbeit „The limits to growth“ [Meadows 1972] sind bereits in den nächsten Jahren erste Arbeiten zu verzeichnen, welche die Analyse von Material- bzw. Stoffströmen zum Gegenstand hatten [Bailly 1977], [Berthouex 1977]. Der Fokus lag dabei auf Schadstofffragen und den Bereich der Abfallwirtschaft. In den Achtziger Jahren wurde die Methode der Stoffstromanalyse insbesondere von Peter Baccini und Paul H. Brunner maßgeblich weiterentwickelt, die zahlreiche Arbeiten auf diesem Gebiet veröffentlichten: z.B. [Baccini 1985], [Brunner 1986], vgl. auch [Ayres 1989]. Die meisten Arbeiten konzentrierten sich dabei auf unterschiedliche Bereiche der Abfallwirtschaft. 1987 veröffentlichte die EAWAG (Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt) die Publikation „Die Umweltverträglichkeitsprüfung von Entsorgungsanlagen – Einführung in die Methodik der Stoffflussanalyse“ [Brunner et al. 1987]. Unter dem Abschnitt „Anwendung der Stoffflussanalyse in der UVP von Verbrennungsanlagen“ wird ausgeführt:

„Die Stoffflussanalyse (StA) einer KVA³ ist ein notwendiger, aber nicht hinreichender Bestandteil einer Umweltverträglichkeitsprüfung. Sie umfasst:

- *Die Beschreibung des Systems KVA (Annahme, Aufbereitung und Beschickung; Ofen mit Kessel; Rauchgasreinigung; Nachbehandlung der Reststoffe)*
- *Die mengenmäßige Erfassung ausgewählter Stoffflüsse in sämtlichen Produkten der Verbrennung.*

Das Resultat der Stoffflussanalyse besteht in Stoffverteilungsdiagrammen, welche aufzeigen, wie die ausgewählten Stoffe bei der Verbrennung, der Rauchgasreinigung und der Nachbehandlung auf die verschiedenen Produkte (Schlacke, Filterstaub, Reingas, Abwässer und Schlämme) aufgeteilt werden. Die Kenntnis dieser Verteilung ist notwendig für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Systems Verbrennung.

.... Als erstes wird eine Massenbilanz der gesamten Anlage erstellt. In einem zweiten Schritt werden in den verschiedenen Produkten (Schlacke, Filterstaub etc.) die Konzentrationen ausgewählter Elemente bestimmt. Aus den Güterflüssen und den Stoffkonzentrationen werden alsdann die Stoffflüsse berechnet.“ [Brunner et al. 1987]

² ap/afp/dpa vom 25.11.2004: „Stahlmangel: Nissan stoppt Produktion“.

³ Anmerkung Öko-Institut: KVA = Kehrichtverbrennungsanlage

Die systematische Erfassung von Elementflüssen (z.B. Schwermetalle) ist ein markantes Merkmal der Stoffflussanalyse nach Baccini und Brunner. Im Jahre 1991 erweiterten sie mit ihrer Schlüsselarbeit „Metabolism of the Anthroposphere“ die Bilanzräume für die Stoffflussanalyse von Abfallentsorgungseinrichtungen auf geographische Bilanzräume „The Metabolism of a Region“. Durch diesen Schritt wurden letztlich die Perspektiven und Anwendungsoptionen der Stoffflussanalyse erheblich erweitert. Anhand des fiktiven Gebietes „METALAND“ wurde für die vier verschiedenen Aktivitäten: „to nourish“ (Ernähren), „to clean“ (hier Reinigen, Separieren, Entsorgen), „to reside and work“ (Wohnen und Arbeiten) und „to transport and communicate“ (Transportieren und Austausch von Informationen) die Methode der Stoffstromanalyse detailliert beschrieben. Dabei wurden für die Diskussion zu METALAND (eine stark urban bzw. suburban geprägte Region mit einem hohen Anteil anthropogen hervorgerufener Stoffströme im Vergleich zu natürlichen Stoffströmen) immer wieder beispielhaft Datensätze von realen geographischen Räumen (z.B. Niederlande, Schweiz) vorgestellt, um die anschaulichkeit und die Relevanz derartiger Stoffstromanalysen zu verdeutlichen.

Letztlich inspirierte „Metabolism of the Anthroposphere“ viele Experten in den Neunziger Jahren bis heute, sich intensiv mit Stoffstromanalysen und Stoffstrommanagement zu befassen. Dabei wurde auch vielfach der Ansatz verlassen, Stoffflussanalysen im Schwerpunkt als Elementanalysen (Anmerkung Öko-Institut: z.B. bei Massenbaustoffen greifen einfache Elementbilanzen zu kurz bzw. führen zu wenig praktikablen Ergebnissen) zu verstehen. Das Wuppertal-Institut prägte den Begriff der „Rucksäcke“ (Stoffströme, die in den Vorketten einer Materialbereitstellung hervorgerufen werden wie z.B. für Aluminium Abraum beim Bauxitabbau oder Energieträger für die einzelnen Prozessschritte bis zum fertigen Aluminium) und propagierte unter dem Slogan „Nicht die Mikrogramme sondern die Megatonnen sind entscheidend“ das MIPS-Konzept [Schmidt-Bleek 1994], welches allerdings stark umstritten blieb⁴.

Das Öko-Institut wendete sich ebenfalls intensiv der Stoffstromanalyse zu und definierte die Methode folgendermaßen:

„Die Stoffstromanalyse bilanziert die Tätigkeiten von Industrie, Gewerbe, Haushalten und öffentlicher Hand in bezug auf ihre Umweltwirkungen. Es werden prozessorientierte Modelle eingesetzt, um komplizierte Sachverhalte von Stoffströmen zu analysieren und transparent zu machen. Entgegen der Intention klassischer Ökobilanzen, betriebliche Vorgänge bezogen auf ein bestimmtes Endprodukt in ihrer Umweltwirkung exakt zu erfassen, werden in Stoffstromanalysen ganze Produkt- bzw. Materialgruppen bilanziert. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, auch umfassende Bedürfnisfelder wie Mobilität, Wohnen oder Information zu analysieren und Alternativen transparent und verstehbar zu machen..“ [Öko-Institut 1995]

Entscheidendes Credo des Öko-Instituts ist es, über die Bilanzierung der Stoffströme deren Umweltauswirkungen anhand ausgewählter Indikatoren (z.B. Emission an

⁴ Eine frühe Kritik des MIPS-Konzepts findet sich z.B. in [Öko-Institut 1995].

Treibhausgasen, Emission an Säurebildern, Inanspruchnahme mineralischer Ressourcen, Inanspruchnahme fossiler Ressourcen etc.) transparent und bewertbar zu machen: nicht die Anzahl der Tonnen ist damit letztlich entscheidend sondern vielmehr ihr konkreter Effekt auf die Umwelt.

Der von Baccini und Brunner formulierte Ansatz ganze Aktivitäten zu bilanzieren [Baccini 1991], stimulierte die Diskussion zu „Bedürfnissen“ in die Richtung nach den „Treibern“ der Stoffströme zu forschen und führte letztlich das Öko-Institut zur Entwicklung der bedürfnisfeldorientierten Stoffstromanalyse [Buchert 1998]. Da u.a. die Systemgrenzen und die zu bewältigenden Datenmengen⁵ naturgemäß gewaltig sind, müssen dabei sinnvolle Vereinfachungen getroffen werden:

„Die bedürfnisfeldorientierte Stoffstromanalyse hebt sich von bestehenden Methoden wie Produktökobilanz oder Öko-Audit ab: während diese Methoden detaillierte Ergebnisse zu einzelnen Produkten bzw. Betrieben liefern, deckt die bedürfnisfeldorientierte Stoffstromanalyse die Angebotsseite (z.B. Bauen) und die Nachfrageseite (z.B. Wohnen) ganzer Bedürfnisfelder ab.“

Um dies zu leisten, muss die Stoffstromanalyse notwendigerweise vereinfachen – am Beispiel Wohnen etwa die vielen verschiedenen „realen“ Häuser zu bestimmten Haustypen zusammenfassen, kleine Stoffströme unberücksichtigt lassen und sich auf die wichtigsten Umweltproblemfelder und Indikatoren konzentrieren.“ [Buchert et al. 1998]

Verschiedentlich beinhalten Ansätze mit Stoffstromanalysen oder verwandten Ansätzen neben der Bilanzierung der Stoff- und Energieströme auch eine Wirkungsanalyse. Hierfür gibt es eine Reihe von Bewertungsmodellen, die einzelne oder mehrere Aspekte bewerten. Die einzelnen Bewertungsansätze unterscheiden sich stark, da sie nicht zuletzt sehr verschiedene Bilanzierungs- und damit Bewertungsgegenstände adressieren. In der folgenden Tabelle ist eine kurze Übersicht bzgl. der verschiedenen Ansätze aufgeführt.

⁵ Anmerkung Öko-Institut: Mit einfachen PCs können auch komplexe Stoffstromanalysen heute durch die enormen Fortschritte bei hardware und software schnell durchgeführt werden; für interessierte Nutzer stehen z.B. Prozesskettenmodelle wie GEMIS [Fritzsche et al. 2000] www.gemis.de) bzw. für Experten auf Anfrage das Stoffstrommodell BASiS-2 (Bedarfsorientiertes Analysewerkzeug für Stoffströme in Szenarien) unter basis-2@oeko.de zur Verfügung [Buchert 2004].

Tabelle 1-1 Bewertungsmodelle für Stoffströme

Bezeichnung	Bewertungskriterien
Ökologische Knappheit⁶	Vergleich der effektiven Belastung der Umweltmedien mit ihrer Belastbarkeit
Kosten-Nutzen-Analyse⁷	Monetarisierung von betriebswirtschaftlichen und externen Kosten und Nutzen
Ökobilanz nach DIN ISO 14042	Klassifizierung nach Umweltproblemfeldern; Gewichtung mit Leitindikatoren; Ermittlung des Summenwertes; Normierung
MIPS⁸	Material-Intensität pro Serviceeinheit
UBA-Methode zur Bewertung in Ökobilanzen⁹	Ökobilanz, erweitert um eine Rangbildung der Wirkungskategorien
Eco-Indikator¹⁰	Die Wirkungen auf Ressourcen, Ökosysteme und menschliche Systeme werden zu einem Indikatorwert aggregiert.
EcoGrade¹¹	Instrument für die Umsetzung produktbezogener Einzelinformationen (Ökobilanzen, Daten aus human- und ökotoxikologischen Studien etc.) in konkrete Bewertungen
Öko-Effizienz-Methode der BASF¹²	Aggregation verschiedener Umweltauswirkungen und Verknüpfung mit Kosten

Im Bereich der Abfallwirtschaft gibt es zahlreiche Bilanzierungen, welche im Rahmen einer Ökobilanz durchgeführt werden und das mit dieser Methode verbundene Bewertungsmodell verwenden. Bei der Ökobilanz liegt der Fokus auf einer Reihe von Wirkungsfeldern wie Treibhauseffekt, Versauerung, Eutrophierung, Ressourceninanspruchnahme, Humantoxizität, Ökotoxizität, Photooxidation, Ozonabbau, Flächeninanspruchnahme etc. Je nach Bilanzierungsgegenstand können jedoch einige Wirkungsfelder in konkreten Ökobilanzen nur eine marginale Rolle spielen. Die Methode der Ökobilanz benötigt je nach Bilanzierungsgegenstand eine

⁶ [Brand 1998]

⁷ [Eder et al 2002]

⁸ [Schmidt-Bleek 1994]

⁹ [Schmitz 1999]

¹⁰ [Goedkoop 2000]

¹¹ [Öko-Institut 2002]

¹² [Dehoust et al. 2003], [Saling et al 2002]

u.U. sehr aufwendige Datenbasis und stellt damit ein eher aufwendiges Verfahren dar. Daher ist sie für die Bilanzierung sehr komplexer Produkte oder gar von Bedürfnisfeldern kaum geeignet.¹³

Bisher gibt es kein Bewertungsmodell, dass berücksichtigt, ob Stoffe durch die bewerteten Behandlungsprozesse konzentriert oder verdünnt werden. Somit werden Verfahren, die Stoffe aufkonzentrieren, um sie besser nutzen oder isolieren zu können nicht höher bewertet als Verfahren, die nach dem Verdünnungsprinzip arbeiten. Rechberger und Brunner haben am Beispiel der Müllverbrennung ein Modell vorgeschlagen, das die Entropieänderung von Prozessen berücksichtigt [Rechberger Brunner 2002]. Ein weiteres Beispiel zur Entropiebetrachtung wurde zur Kupferproduktion veröffentlicht [Brahmer-Lohss et al. 2002].

Ein umfassendes Modell zur integrierten Bewertung ökologische, ökonomischer und sozialer Aspekte gibt es bisher nicht.

1.4 Übersicht: Unterschiedliche Anwendungsbereiche der Stoffstromanalyse

Wie bereits ausgeführt hat die Stoffstromanalyse je nach Fragestellung sehr unterschiedliche Einsatzfelder. Grundsätzlich können unterschieden werden:

- **Stoffstromanalysen auf betrieblicher Ebene**

Hier ist das Ziel in der Regel, die betrieblichen Stoffströme wirtschaftlich und/oder ökologisch zu optimieren.

- **Stoffstromanalyse in der Produktentwicklung**

Stoffstromanalysen aus dem Blick der Produktentwicklung umfassen die Stoffströme, die mit einem Produkt von der „Wiege bis zur Bahre“ verbunden sind. Damit stellen sie ein wesentliches Instrument der Integrierten Produktpolitik (IPP) dar. Ziel ist es meistens, bereits im Stadium der Produktentwicklung verschiedene Alternativen hinsichtlich der Ressourceninanspruchnahme und der Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus einschließlich aller vorgelagerter Ketten zu bewerten [EU-Kommission 2003].

- **Regionale Stoffstromanalysen**

Hier werden Stoffstromanalysen auf der Ebene von Städten, Kreisen und Regionen durchgeführt. Ziel ist es häufig, regionale Kreisläufe zu identifizieren und Maßnahmen zu deren Förderung zu erarbeiten, wenn dadurch eine Ressourcenschonung erreicht werden kann [Brahms-Lohss et al. 2001] [Baccini Bader 1996]. Einen guten Überblick über zahlreiche vom BMBF geförderte

¹³ Für komplexere Produkte kommt als Kompromiss u.U. eine „orientierende Ökobilanz“ in Frage, die hinsichtlich Indikatoren, Wirkungsfeldern, Datengenese und Datengenauigkeit Abstriche macht vgl.: [Strubel 1999]

regionale Stoffstromanalysen findet sich im Internet unter <http://www.nachhaltig.org/unihamburg/reg08fr.htm>.

- **Überregionale Stoffstromanalysen**

Hier handelt es sich um Stoffstromanalysen, die auf nationaler oder internationaler Ebene Stoffströme untersuchen. Beispielsweise wurden von verschiedenen Staaten, die Stoffströme von verschiedenen Schwermetallen mit dem Ziel untersucht, die Gefährdungspotentiale zu reduzieren [Palm Jonsson 2003] [Hansen Lassen 2002]. Oder es wurde für verschiedene Volkswirtschaften der Rohstoffinput und der Output bilanziert, um die „Rohstoffproduktivität“ als Maß für die Effektivität der Ressourceninanspruchnahme zu bewerten [Schütz et al. 2003] [Moll et al. 2003]. Hinsichtlich nationaler Bilanzierungen ist die Umweltökonomische Gesamtrechnung (UGR) des Statistischen Bundesamtes zu nennen [StaBu 2004].

- **Bedürfnisfeldorientierte Stoffstromanalyse**

Hier werden die Stoffströme, die mit der Befriedigung bestimmter Bedürfnisse verbunden sind, analysiert. Beispiele für untersuchte Bedürfnisse sind Wohnen oder Reisen [Buchert et al. 2001] [Buchert et al. 2004] [Bunke et al. 1998] [Eberle et al 2000].

- **Stoffstromanalysen in einzelnen Wirtschaftssektoren**

Hier werden Stoffstromanalyse für einzelne Wirtschaftssektoren durchgeführt [Eberle et al. 1997]. Ein Beispiel hierfür sind die Stoffstromanalysen in der Abfallwirtschaft. Auf sie wird ausführlich in Kapitel 3.2 eingegangen.

Das Themenspektrum innerhalb der Stoffstromanalyse ist sehr vielfältig, und es gibt zahlreiche nationale und internationale Veröffentlichungen hierzu. Einen guten Überblick über die Vielfalt der untersuchten Fragestellungen geben die Tagungen der International Society for Industrial Ecology [ISIE 2002] [ISIE 2003].

1.5 Stoffstrommanagement in der politischen Umsetzung

1.5.1 Politische Instrumente und Konzepte

In zahlreichen Veröffentlichungen werden im Zusammenhang mit der politischen Umsetzung eines Ressourcen- und Stoffstrommanagements auf den verschiedenen Ebenen mögliche politische Instrumente diskutiert [Giljum et al. 2004] [Spangenberg Verheyen 1996] [EU-Kommission 2003b] [Stewen 2000] [Brandt Böckeisen 2000]. Als wesentliche Instrumente werden genannt:

- Abgaben (Steuern, Gebühren, Beiträge)
- Subventionen bzw. Abbau von Subventionen
- handelbare Zertifikate
- Freiwillige Vereinbarungen / Selbstverpflichtungen

- Standardisierung / Normung
- Rechtsvorschriften
- Umweltkennzeichnung / Verbraucherinformation

Nach Auffassung der meisten Autoren bedarf eine umfassende Ressourcen- und Stoffstrompolitik des Zusammenspiels aller Instrumente [Spangenberg Verheyen 1996] [Giljum et al. 2004] [EU-Kommission 2003b] [EU-Kommission 2001a]. Ordnungspolitische Maßnahmen werden als sinnvoll angesehen, wenn es um die Verhinderung von human- und ökotoxischen Wirkungen geht. Für die unspezifischere Reduzierung der Stoffströme auf breiter Ebene böten sich ökonomisch Instrumente im stärkerem Maße an [Spangenberg Verheyen 1996] [Giljum et al. 2004].

Ein umfassendes Konzept zur Konzeption eines Stoffstrompolitik mit konkreten Handlungsschritten war in der ausgewerteten Literatur nicht zu finden. Einigkeit besteht zwar über das grundsätzliche Ziel der Ressourcenschonung, das sich in den Begriffen „Faktor 4“, Dematerialisierung, Steigerung der Rohstoffproduktivität u. a. wiederfindet. In diesem Zusammenhang werden auch einzelne politische Instrumente wie die Ressourcensteuer oder die Integrierte Produktpolitik u. a. diskutiert. Diese Debatten münden jedoch derzeit nicht in ein Konzept, das konkrete Zielvorgaben für die wesentlichen Stoffströme macht und ein konkretes Maßnahmenbündel vorschlägt. Auch Stewen stellt fast, dass in der relevanten Literatur bisher nur sehr wenig zu möglichen Umsetzungsstrategien zu finden ist [Stewen 2000]. Zur Frage, welche Instrumente zum Einsatz kommen sollen und mit welcher Strategie diese eingesetzt werden sollen, unterscheidet er zwischen fünf verschiedenen Positionen, die nach der „Härte der Intervention“ unterschieden werden können. Als Schlussfolgerungen seiner Untersuchung nennt er neben anderen Aspekten:

- Inputorientierte Zielsetzungen sind nur als Stückwerkstrategie durchzusetzen.
- Von einem pauschalen Ansatz (Reduktion über alle Stoffströme hinweg) muss solange abgesehen werden, wie informatorische Probleme, Akzeptanzprobleme und außenwirtschaftliche Fragen nicht hinreichend geklärt sind.

Brandt und Röckeisen kommen in ihrer Untersuchung zum Stoffrecht ebenfalls zu dem Ergebnis, da sein pauschaler Ansatz zur Steuerung der Stoffmengen nicht umsetzbar ist. Sie sind der Auffassung, dass für jeden Stoffstrom aufs neue die Strategie- und Instrumentauswahl aufs neue überdacht werden muss [Brandt Böckesen 2000].

1.5.2 Bausteine des Stoffstrommanagements in der politischen Praxis

Elemente des Stoffstrommanagements mit dem Ziele der Ressourcenschonung sind Bestandteile zahlreicher Veröffentlichungen politischer Institutionen. Beispielhaft zu nennen sind:

- Bericht der Enquete-Kommission, 1994
- Europäische Kommission: Strategie der EU für die nachhaltige Entwicklung, 2001

- Europäische Kommission: Integrierte Produktpolitik – auf den ökologischen Lebenszyklus-Ansatz aufbauen, 2003
- Fortschrittsbericht der Bundesregierung, 2004

Diese Veröffentlichungen haben die Debatte zum Stoffstrommanagement und zur Ressourcenschonung entscheidend beeinflusst. Wichtige, sich daraus ableitende verbindliche Maßnahmen werden im folgenden beispielhaft aufgeführt.

Im Bereich des Ordnungsrechts finden sich traditionell zahlreiche stoffstrombezogene Verordnungen, welche die Gefahrenabwehr zum Ziel haben. Beispiel hierfür sind das Bundesimmissionsschutzgesetz mit den nachfolgenden Verordnungen, die Grenzwerte für Emissionen und Immissionen vorgeben und die EU-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten [RoHS 2003], die den Einsatz bestimmter Stoffe in elektrischen Geräten verbietet.

Verbindliche politische Umsetzungen von Bausteinen des Stoffstrommanagements mit dem Ziel der Ressourcenschonung sind aufgrund der Komplexität der Materie (Vielzahl von Akteuren und Interessenskonflikte, rechtliche Hindernisse, internationale wirtschaftliche Verflechtungen etc.) bislang nur in einer Reihe von Beispielen zu finden, eine umfassende verbindliche Operationalisierung (systematisches und konsistentes Maßnahmenbündel zur Adressierung aller wesentlichen Stoffströme) fehlt bislang¹⁴. Beispielhaft seien folgende politische Umsetzungen außerhalb der Abfallwirtschaft genannt:

- IVU-Richtlinie¹⁵, 1996
- EU-Verordnung über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS), 2001
- Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft [RL 2003/87/EG]
- Mineralölsteuer
- Ökosteuer / Ökologische Steuerreform, seit 1999
- Steuern auf Kies in Schweden, 1996 und auf Sand, Kies und gebrochenen Stein in Großbritannien in 2002 [EU-Kommission 2003b]
- Dänemark: Steuern auf Steine, Sand, Lehm, Kalk, Kies und andere Baurohstoffe, 1997 [Dänemark 1997]

¹⁴ Allerdings bietet die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung [Bundesreg. 2002] mit den langfristigen quantitativen Zielsetzungen für die Indikatoren Rohstoffproduktivität sowie Energieproduktivität hierfür einen wichtigen Rahmen.

¹⁵ Die Genehmigung von zahlreichen industriellen Produktionsanlagen wird neben der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten an den Einsatz von energiesparenden Verfahren und Verfahren, die Abfall vermeiden oder verwerten, gekoppelt.

Die letzten fünf Verordnungen bzw. Besteuerungen lassen sich dem Oberbegriff „Ressourcensteuer“ zuordnen. Im Zusammenhang mit der Ressourcensteuer wird neben dem Ziel der Ressourcenschonung und der Verwendung der Einnahmen für Umweltschutzmaßnahmen auch eine grundsätzliche Modifizierung des volkswirtschaftlichen Steuersystems diskutiert. Das Ziel dieser Überlegungen ist es, die Besteuerung des Faktors Arbeit zu reduzieren und statt dessen die Einnahmen aus der Besteuerung des Ressourcenverbrauchs zu erhöhen bzw. neue Ressourcensteuern einzuführen [Jänicke 2003][Hinterberger Stocker 2004].

2. Exkurs zum Stoffstromrecht

Das Konzept des Stoffstrommanagements wirft eine Reihe von Rechtsfragen auf, deren Diskussion zum Bestandteil der wissenschaftlichen Debatte zu Stoffkreisläufen und Ressourcenschutz geworden ist. Ausgehend von der Erkenntnis, dass die Steuerung von Stoff- und Energieströmen einer Regulierung bedarf, wurde der Ruf nach einem umfassenden Stoffstromrecht laut. Gleichwohl verhält sich die Rechtswissenschaft in dieser Frage noch immer sehr zurückhaltend.

Bisherige Projekte, welche die Perspektiven eines Stoffstromrechts aufzeigen, werden nachfolgend in zusammenfassender Weise dargestellt. Dazu werden die einzelnen Ansätze herausgearbeitet und in knapper Form verdeutlicht.

Ausgangspunkt

Die Diskussion zu den rechtlichen Fragen des Stoffstromkonzepts wurde durch parlamentarische Initiativen eingeleitet. So sorgte der Bericht des Bundestagsausschusses für Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung sowie der Abschlussbericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 12. Deutschen Bundestages für eine erste richtungsweisende Auseinandersetzung mit dem Thema eines einheitlichen Stoffrechtes. Eingebettet in den Bericht des Bundestagsausschusses war das Gutachten von Groth/Knappmann-Korn (1993), in dem neue Ansätze für ein Abfall- und Stoffflussrecht untersucht wurden. Einen weiteren Beitrag lieferte das Rehbinder-Gutachten (1995), das im Auftrag der Enquête-Kommission erstellt wurde und das Konzept eines in sich geschlossenen Stoffrechtes vorstellt.

Das Groth-Gutachten [Groth 1993]

Das Gutachten beinhaltet eine Bewertung der Ist-Situation und weist sowohl auf mögliche Unzulänglichkeiten der bestehenden Rechtsinstrumente als auch auf den Reformbedarf / Forschungsbedarf hin, enthält aber keine konkreten rechtlichen Lösungsansätze.

Es wird festgestellt, dass in den heutigen Umweltrechtsgesetzen die Stoffmengen keine Berücksichtigung finden. Ein Hindernis bei der Schaffung eines rechtlichen Rahmens für die Steuerung von Stoffströmen sei die in den Gesetzen vorherrschende

Einzelstoffbetrachtung, die an den Umweltmedien anknüpft und lediglich auf bestimmte Abschnitte ausgerichtet ist. Vor allem aus letztgenanntem Grund greife die Einzelstoffbetrachtung zu kurz und erreiche keinen nennenswerten Fortschritt bei der Reduzierung des Ressourcenverbrauchs.

Als Lösung wird ein einheitliches Stoffgesetz ergänzt um die jeweiligen Fachgesetze vorgeschlagen. Das einheitliche Stoffgesetz ist aus dem Abfallrecht zu entwickeln und sollte den Stoff-Input-Verursachern eine medienübergreifende Bewertungspflicht auferlegen. Aufgabe eines solchen Gesetzes ist die Bestimmung von Verfahrenskriterien, um den Bewertungspflichten nachkommen zu können. Die Fachgesetze wiederum sollten - sozusagen als „Besonderer Teil“ des Stoffrechts - die Konkretisierung der Bewertungspflichten unter den jeweiligen fachgesetzlichen Gesichtspunkten übernehmen. Ferner soll die Kontrolle der Pflichten und die Regelung der an die Bewertung geknüpften Rechtsfolgen ebenfalls Gegenstand eines Fachgesetzes sein.

Abschließend bemerken die Autoren, dass keine weiteren Ausdifferenzierungen des Rechts, sondern neue Steuerungsleistungen mit entsprechenden Strukturen notwendig seien.

Das Rehbinder-Gutachten [Rehbinder 1995]

Ergebnis dieses Gutachtens ist, dass die nationalen Umweltgesetze nicht am Stoff selbst, sondern an der technischen Anlage oder am Medium ansetzen. In einer ex-post-Betrachtung werden nicht die Einsatzstoffe reguliert, sondern deren Freisetzungsanforderungen. Darüber hinaus fehle jede Transparenz von Stoffflüssen. Ebenso wie das Groth-Gutachten gelangt Rehbinder zu dem Schluss, dass eine Stoffmengenbetrachtung nicht stattfindet, sondern die Vermeidung von Schadstoffen sich lediglich nach dem Stand der Technik richtet. Statt einem quantitativen Ansatz wird also auf die Einhaltung von Grenzwerten abgestellt.

Ein Reformbedarf wird insbesondere im Hinblick auf eine notwendige Vereinheitlichung der deutschen Stoffgesetze ausgemacht, z.B. sollten Pflanzenschutzmittel- und Düngemittelrecht in einem einheitlichen Stoffrecht zusammengefasst werden. Anpassungsbedarf bestehe auch im Verhältnis Stoffrecht gegenüber dem anlagen- und medienbezogenen Recht. Diese Ansätze haben teilweise Eingang in das Kapitel 6 des UGB - Besonderer Teil (Professorenentwurf - ProfE) gefunden, für das Rehbinder die verantwortliche Leitung hatte [Smeddinck, UPR 1998, S. 436 ff.].

In Übereinstimmung mit Groth/Knappmann-Korn gelangt Rehbinder zu der Einsicht, dass die Stoffstrom-Zielsetzungen in einem eigenen Stoffgesetz geregelt werden sollten. Ausgangspunkt für ein solches Gesetz sollte jedoch das Chemikaliengesetz sein. Hinsichtlich des Inhalts wird Rehbinder konkreter als die Vorgenannten. Er greift hier auf die Vorschläge zurück, die bereits bei der Konzeption des UGB (ProfE) erarbeitet wurden. Ein Stoffgesetz sollte beinhalten:

- die Erfassung „gefährlicher“ und „ungefährlicher“ Stoffe

- die Festschreibung staatlicher Schadstoff- und Stoffpolitik (s. § 442 UGB-Besonderer Teil)
- die Festlegung von Grundpflichten aller Akteure im Produktlebenszyklus (dieser Rechtsgedanke wurde in § 443 UGB - Besonderer Teil aufgenommen)
- die Ermächtigung zur Festsetzung stoffbezogener Zielwerte (z.B. Mengenvorgaben, Vermischungsbeschränkungen)
- Instrumente zur Information und Transparenz der Stoffflüsse:
Zusatzprüfungen hinsichtlich verschiedener Risiken der eingebrachten Stoffe; Mitteilungspflichten für Hersteller, Einführer und Verwender von Stoffen; Umweltbelastungsanalyse für Produkte durch Hersteller oder gewerbliche Verwender (s. §§ 449, 450, 462, 464 UGB - Besonderer Teil)
- Instrumente zur Durchsetzung von Zielwerten:
Verbot bestimmter Stoffe; Erhebung von Abgaben auf Rohstoffe oder Schadstoffgehalte bestimmter Erzeugnisse; Umweltbilanzen/Umweltaudits

Hinsichtlich der Auswahl der Instrumente sei u.a. auf die Gefährlichkeit der Stoffe abzustellen: Für extrem gefährliche Stoffe ist nur das Ordnungsrecht mit seinem strengen Regelungsinstrumentarium brauchbar; bei weniger gefährlichen Stoffen könnten auch ökonomische Instrumente Anwendung finden.

Initiativen des UBA

Das Umweltbundesamt hat die Debatte zur Konzeption eines Stoffstromrechtes aufgegriffen und weitere Impulse für dessen Entwicklung gegeben. Im Kolloquium zur Konzeption eines Stoffflussrechts am 24.10.1994 [UBA-Texte 18/95] wurde im Beisein der „Sachverständigenkommission Umweltgesetzbuch“ der wissenschaftliche Erkenntnisstand zusammengefasst und über Perspektiven eines zukünftigen Stoffflussrechts diskutiert. Die beiden bereits angeführten Gutachten wurden einer Bewertung unterzogen und es wurde der Frage nachgegangen, ob die bestehenden stoffbezogene Regelungen quantitativ weiterzuentwickeln sind oder ob es eines besonderen Stoffflussgesetzes bedarf, um den rechtlichen Rahmen für ein Stoffflussmanagement zu schaffen.

Das UBA bemühte sich weiterhin um eine Fortführung der Ideen zur Konzeption eines Stoffstromrechtes und beauftragte Prof. Brandt und Ref. jur. Röckeisen mit der Erstellung eines Gutachtens zu dieser Thematik (Brandt-Gutachten). Das Gutachten stand auch im Mittelpunkt eines vom UBA Mitte Oktober 1999 durchgeföhrten Fachgesprächs zur Konzeption eines nationalen Stoffstromrechts [Übersicht zum Fachgespräch in: Smeddinck, UPR 2000, 27/28].

Das Brandt-Gutachten [Brandt 2000]

Die Verfasser kommen nach einer Prüfung der aktuellen Rechtslage zu der Erkenntnis, dass der Stoffstromansatz eine Erweiterung der bestehenden Perspektive in sachlicher, zeitlicher und räumlicher Hinsicht verlange. Mit diesem Ansatz ist ein

Paradigmenwechsel von der Output- hin zur Input-Steuerung verbunden. Dieser Wechsel müsse in den nationalen Regelungen umgesetzt werden, um den Zielsetzungen gerecht zu werden. Ebenso wie Groth/Knappmann-Korn und Rehbinder wird die Stoffmengenbetrachtung als wesentliche Innovation ausgemacht. Zwar sei eine Stoffmengensteuerung juristisches Neuland, aber diese Konzeption sei notwendig, da bei der Steuerung von Stoffmengen das klassische Ordnungsrecht an seine Grenzen stoße. Zum Zwecke des Ressourcenschutzes müsse der Blick vom Abfall weg hin zum Primärrohstoff gelenkt werden. Ein wichtiger und gleichermaßen kritikwürdiger Aspekt ist für Brandt / Röckeisen die Zuordnung stoffstrombezogener Regelungen zum Umweltrecht. Eine ausschließliche Zuordnung sei nämlich keinesfalls zwingend, vielmehr handele es sich hier um eine Querschnittsaufgabe, die andere Rechtsgebiete wie das Wirtschafts- und Steuerrecht, das Verkehrsrecht oder das Baurecht berührt.

Im Gegensatz zu den vorhergehenden Gutachten, die eine eher theoretisch-abstrakte Herangehensweise beinhalten, greift die Brandt-Studie zwei konkrete Stoffströme (Baustoffe, Produktion von PKW) heraus und führt unter Berücksichtigung verschiedener Steuerungsstrategien eine praxisrelevante Instrumentenanalyse durch.

Die Autoren beurteilen die Schaffung eines allgemeinen Stoffstromgesetzes sehr zurückhaltend und gehen somit auf Distanz zu den Ergebnissen ihrer Vorgänger. Damit befinden sie sich in Gesellschaft der Sachverständigen-Kommission zum UGB, die in ihrer Empfehlung ebenfalls eine distanzierte Haltung zu einem Stoffstromgesetz eingenommen hat [UGB-Kommissionsentwurf, Abschlussbericht S. 1440]. Den Autoren erscheint ein Stoffstromgesetz als Rechtsgrundlage für die im Gutachten untersuchten Instrumente nicht erforderlich. Solche Regelungen ließen sich auch in Fachgesetzen ansiedeln. Ein weiterer Grund für die Skepsis ist die Vielfältigkeit dieser Instrumente: Ein ausschließlich im Umweltrecht verankertes Stoffstromgesetz könne nicht alle Instrumente aufnehmen, da diese auch in andere Regelungsbereiche wie Baurecht oder Verkehrsrecht fielen. Die Gutachter plädieren aus einer mittelfristigen Perspektive deshalb für eine Integration der Stoffstromziele in vorhandenes Recht.

Im Hinblick auf die Möglichkeiten einer Überführung der untersuchenden Instrumente in geltendes Recht gelangen die Autoren zum Ergebnis, dass bis auf eine Ausnahme bereits ausreichende Rechtsgrundlagen vorhanden sind. Diese bedürfen nur in einigen Fällen einer Weiterentwicklung.

Im Gutachten wird ebenfalls die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Stoffströme geprüft mit dem Ergebnis, dass dies nur eingeschränkt oder gar nicht möglich ist. Die Autoren ziehen daraus den Schluss, dass die Strategie- und Instrumentenauswahl für jeden Stoffstrom neu überdacht werden muss.

Weitere Stimmen in der Literatur

Neben den oben genannten Gutachten, die sich explizit mit der Konzeption eines Stoffstromrechts befassen, sind diejenigen Vorschläge zu berücksichtigen, die, ausgehend von einem Paradigmenwechsel in der Umweltpolitik (Stichwort: Integrierte Produktpolitik) die rechtlichen Regelungsinstrumente an einer umweltorientierten

Produktpolitik ausrichten wollen. Beispielhaft sei auf die Verzahnung von Elementen klassischer Gefahrstoffpolitik mit solchen der Abfallpolitik und der Produktregulierung verwiesen [Führ, Umweltrecht im Wandel 2001, S. 685 (694); Koch/Reese, DVBl. 2000, S. 300 (307)]. Für die Diskussion um ein Stoffstromrecht ist der Ansatz insoweit bedeutsam, als auf eine übergreifende Stoffstromsteuerung verzichtet und ein einheitliches eigenes Stoffstromgesetz abgelehnt wird.

Ein anderes Modell sieht vor, das Immissionsschutz- sowie das Abfall- und Chemikalienrecht um stoffstromrechtliche Aspekte zu erweitern und darüber hinaus ein neu zu schaffendes Produktgesetz einzuführen [Gebers/Führ/Wollny, S. 4 ff.]. Als Überbau soll ein Stoffstrom-Stabilisierungsgesetz entwickelt werden, das Stoffstromzielwerte enthält, Grundpflichten regelt und Instrumente der Stoffflussbewirtschaftung benennt.

Stoffstromrecht auf EU-Ebene

Ein europäisches Stoffstromrecht gibt es nicht. Aspekte des Stoffstromansatzes haben jedoch in einzelnen EU-Verordnungen Eingang gefunden (siehe beispielsweise EU-Altfahrzeugverordnung, RL 2000/53/EG). Im Rahmen des UBA-Fachgesprächs zur Konzeption eines nationalen Stoffstromrechts [s.o. Kapitel 2.5.2] wurden von einem der zuständigen Mitarbeiter der Generaldirektion Umwelt die Aktivitäten der Kommission auf dem Gebiet des Stoffstromrechts geschildert: Aufgrund gewichtiger entgegenstehender Gründe, wie der Freiheit des Binnenmarktes und der geringen Präferenz von Umweltthemen in anderen Mitgliedstaaten (vor allem der neuen Mitgliedstaaten), sei in Zukunft nicht mit der Regulierung von Stoffströmen auf EU-Ebene zu rechnen.

3. Spezifische Ergebnisse: Stoffstromdiskussion und Abfallwirtschaft

3.1 Die Rolle der Abfallwirtschaft für die gesamtwirtschaftlichen Stoffkreisläufe

Für die Diskussion der Rolle der Abfallwirtschaft im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Stoffströme ist zunächst eine entscheidende Größe, welcher Anteil der gesamtwirtschaftlichen Stoffströme sich in der Abfallwirtschaft wiederfindet. Daten hierzu finden sich für verschiedene Nationen in einigen Untersuchungen, beispielsweise in [Brunner 2004], [BUND Misereor 1996], [Adriaanse et al. 1998], [Moll et al. 2003] und [Palm Jonsson 2003]. Betrachtet man die Gesamtmengen ohne eine Differenzierung nach der Art der Stoffströme ergibt sich folgendes Bild:

- In Schweden betrug 1997/98 die Menge an festen Abfällen ca. 10% des schwedischen Ressourcenverbrauchs (Bergeabfälle nicht eingerechnet) [Palm Jonsson 2003].

- Die Stoffstrombilanz für Deutschland in 1991 nach [Adriaanse 1991] weist aus, dass die Deponieablagerungen nur rund 4% des gesamten Materialinputs¹⁶ ausmachen. Die weitaus größten Outputströme sind Bergehalden und andere Depositionen sowie Emissionen in die Luft. Das Recycling machte nur rund 1% der Materialinputs aus. Eine wichtige Größe ist auch der Materialverbleib in der Wirtschaft mit rund 14%.
- In der EU lag 1996/97 die Menge an festen Abfällen in der Größenordnung von 2-4% des gesamten Materialinputs¹⁷ (einschließlich „ökologischer Rucksäcke“) nach [Moll et al. 2003].
- In Österreich beträgt das offizielle Abfallaufkommen¹⁸ nach [Brunner 2004] bezogen auf den Materialinput¹⁹ ca. 11%. Größer als der Abfallanfall ist der Zuwachs des Materialbestands.

Diese Zahlen sind nur bedingt miteinander vergleichbar, da die aufgeföhrten Stoffstrombilanzen verschiedene Systemgrenzen setzen und den Input von Luft, Wasser, Aushub und Bergematerial nicht in gleichem Maße bilanzieren und die Vorketten von Importen unterschiedlich in die Bilanz einbezogen werden. Dennoch zeigen die Betrachtungen übereinstimmend, dass die Abfallwirtschaft im Hinblick auf die gesamten Stoffkreisläufe häufig nur eine kleine bis mittlere Rolle (hier ohne Berücksichtigung von Bodenaushub und Abraum sowie durch die Nachfrage nach Gütern induzierter Abfallanfall außerhalb der Landesgrenzen) spielt, da sich viele Stoffströme gar nicht in der nationalen Abfallwirtschaft widerspiegeln. Dies gilt in unterschiedlichem Maße für zahlreiche einzelne Stoffe bzw. Güter wie die Untersuchungen von [Brunner 2004] zeigen: In Österreich gelangen nur rund 15% des Aluminium-Inputs, 10% der Baustoffe, 5% des Stickstoffinputs und rund ein Viertel aller Zinkflüsse in die Abfallwirtschaft. Weiterhin geben diese Zahlen einen Hinweis auf die Bedeutung der zeitlichen Entwicklung: Da der Bestand an Gütern ständig zunimmt, ist davon auszugehen, dass ein Teil der hier zwischengelagerten Stoffströme mit zeitlicher Verzögerung in die Abfallwirtschaft gelangt und einige Stoffströme in Zukunft eine größere abfallwirtschaftliche Bedeutung erlangen werden. Dies gilt vor allem im Baubereich, wo viele Bauwerke Lebensdauern von über 100 Jahren haben [Buchert et al. 2004]. (siehe auch Kapitel 3.4).

Folgende Aussage von Friege und Bilitewski fasst das Fazit aus diesen Daten zusammen: „*Abfallwirtschaft muss als Teil eines umfassenden und ganzheitlichen Systems von Stoff- und Produktströmen begriffen werden – aber nicht als dessen*

¹⁶ Zum Materialinput zählen in dieser Bilanz auch nicht verwertete Förderung aus der Rohstoffgewinnung, Aushub, Erosion und Luft.

¹⁷ Zum Materialinput zählen in dieser Bilanz auch nicht verwertete Förderung aus der Rohstoffgewinnung, Aushub, Erosion, nicht jedoch Luft und Wasser.

¹⁸ Das offizielle Abfallaufkommen liegt deutlich niedriger als die abgeschätzte sonstige Entsorgung. Vor allem wird Bodenaushub außerhalb der offiziellen Abfallwirtschaft entsorgt.

¹⁹ In dieser Bilanz werden beim Materialinput Wasser und Luft NICHT berücksichtigt. Der Bodenaushub wird jedoch berücksichtigt, sofern er in Österreich anfällt.

Steuerorgan.“ [Friege Bilitewski 2003]. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen Spangenberg und Verheyen, die feststellen, dass erhebliche umweltrelevante Stoffumsätze in der Abfallwirtschaft nicht erfasst werden, insbesondere die Stoffströme, die bei der Erzeugung von Energie oder der Rohstoffgewinnung in Bewegung gesetzt werden [Spangenberg Verheyen 1996]. Schütz et al. weisen darüber hinaus darauf hin, dass die EU-Länder im Laufe der Globalisierung vermehrt Umweltbelastungen durch höhere Rohstoffimporte in die Länder des Südens verlagert haben [Schütz et al. 2003]. Diese Stoffströme werden von der nationalen Abfallwirtschaft nicht berücksichtigt.

Einen weiteren Grund, warum die Abfallwirtschaft nicht als Steuerorgan eines umfassenden Stoffmanagements gesehen werden kann, nennen u. a. Spangenberg und Verheyen: Es sei systemisch unvermeidlich, dass Regelungen, die am gesellschaftlichen Output ansetzen, weniger effektiv wirken als Mechanismen, die direkt den Input (Materialeinsatz) als Ansatzpunkt für Steuerungsmaßnahmen wählen [Spangenberg Verheyen 1996].

Im Zusammenhang mit der Umsetzung eines ganzheitlichen Stoffstrommanagements werden immer wieder die Möglichkeiten der Umsetzung einer Integrierten Produktpolitik diskutiert. Der Europäische Rat forderte beispielsweise in 2001, „dass die integrierte Produktpolitik der EU, die auf eine Verringerung des Ressourcenverbrauchs und der Umweltwirkungen des Abfalls abzielt, in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft umgesetzt werden sollte“ [EU-Kommission 2003b]. Konkretisiert ist die Position der EU zur Integrierten Produktpolitik (IPP) in der Mitteilung der Kommission „Integrierte Produktpolitik – Auf den ökologischen Lebenszyklus aufbauen“ [EU-Kommission 2003b], in der folgende Kerngrundsätze genannt werden:

- Denken in Lebenszyklen
- Zusammenarbeit mit dem Markt
- Einbeziehung aller Beteiligten
- Laufende Verbesserung
- Unterschiedliche politische Instrumente

Ein Baustein der IPP besteht in der Ausweitung der Abfallvermeidung mit dem Ziel der Ressourcenschonung entlang der gesamten Wertschöpfungskette [Wallbaum 2004]. Auch im Fortschrittsbericht der Bundesregierung in 2004 wird der Zusammenhang zwischen Rohstoffproduktivität und Abfallvermeidung hervorgeben: Die Vermeidung von Abfällen und die verstärkte Kreislaufwirtschaft bei Rohstoffen haben zur Steigerung der Rohstoffproduktivität in den letzten Jahren beigetragen [Bundesregierung 2004]. Weitere wichtige Elemente der IPP, welche die Abfallwirtschaft betreffen, liegen in der Mitkonzeption von ökologischem Produktdesign und einer Forcierung der Produzentenverantwortlichkeit. Beispiele zur verstärkten Produzentenverantwortlichkeit in der Abfallwirtschaft sind die Altfahrzeugrichtlinie [EU-Kommission 2000a] und die WEEE-Richtlinie [WEEE 2003], die den Produzenten zur

Rücknahme ihrer Produkte und der umweltgerechten Entsorgung einschließlich der Finanzierung verpflichten [Baake 2003].

3.2 Beiträge von Stoffstromanalyse und Stoffstrommanagement zur Abfallwirtschaft

Stoffstromanalyse zur Bewertung von Entsorgungsverfahren

Innerhalb der Abfallwirtschaft wurden in der Vergangenheit etliche Stoffstromanalysen durchgeführt, um Entsorgungsverfahren hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkungen zu bewerten. Im folgenden werden einige Beispiele für Stoffstromanalysen innerhalb der Abfallwirtschaft genannt, um einen ersten Überblick über das Themenspektrum zu geben:

- Ökoinventare für Verpackungen; Methode: Bilanzierung von Energie- und Stoffströmen [BUWAL 1996]
- Systemvergleich unterschiedlicher Verfahren der Restabfallbehandlung beispielsweise für das Land Hessen [Dehoust et al. 1993] und die Stadt Münster [Dehoust et al. 1998], Methode: Ökobilanz
- Ökologische Bilanzen in der Abfallwirtschaft – Fallbeispiele Verwertung von Altreifen und Haushaltskühlgeräten; Methode: Ökobilanz, 1999 [Giegrich et al. 1999]
- Ökobilanz für Getränkeverpackungen II [Plinke et al. 2000]
- Stoffstromanalyse DSD; Methode: Ökobilanz, [Heyde et al. 1999], [Wollny et al. 2001]
- Bewertung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen anhand von Stoffflussanalysen mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie; Methode: Bilanzierung der Stoffströme und ökonomische Bewertungsverfahren [Eder et al. 2002]
- Energetische Verwertung von Abfällen in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen; Methode: Bilanzierung von Stoffströmen, insbesondere Schwermetalle [Prognos 2003]
- Untersuchung zur Schwermetallströmen in der mechanischen Restabfallaufbereitung; Methode: Materialbilanz mit Abschätzung der Transferfaktoren [Zeschmar-Lahl 2003]
- Ökobilanz Bioabfallverwertung [Vogt et al. 2002]
- Ökoeffizienzanalyse beispielsweise für Siedlungsabfallentsorgung [Dehoust et al. 2003] und Kunststoffverwertung aus dem Altwiorecycling [Jenseit et al. 2003]
- Ökobilanzen für graphische Papiere [Tiedemann et al 2000]

Mit dem Ziel der Vereinheitlichung der Terminologie und Methodik bei der Anwendung der Stoffstromanalyse in der Abfallwirtschaft hat der Österreichische Wasser- und

Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) das Regelblatt 514 „Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft“ in 2003 herausgegeben [ÖWAV 2003] herausgegeben. Das Regelwerk gibt eine Einführung in die Methodik der Stoffstromanalyse einschließlich Fallbeispielen.

Stoffstromanalysen zur Abschätzung zukünftiger Abfallmengen und Maßnahmen

Neben der Erarbeitung von Stoffstromanalysen zur Beurteilung von Entsorgungsverfahren ist die Abschätzung von zukünftigen Abfallmengen ein weiteres Anwendungsfeld. Eine Besonderheit der Abfallwirtschaft liegt darin, dass viele Stoffströme nach dem Eintritt in die Wirtschaft erst mit großer zeitlicher Verzögerung in den Einflussbereich der Abfallwirtschaft kommen. Wie verschiedene Untersuchungen zeigen [Brunner 2004] [Brandt Brunner 2004] [Buchert et al. 2004] [Adriaanse et al. 1998], verbleibt ein großer Teil des Materialinputs in den Wirtschaftskreislauf zunächst im Bestand, beispielsweise in Bauwerken, Investitionsgütern und Konsumgütern. Je nach Nutzungsdauer kann es Jahrzehnte dauern, bis diese Stoffströme zu Abfall werden. Eine wichtige Aufgabe der Stoffstromanalyse ist es von daher, die zukünftig zu erwartenden Abfallmengen und die damit möglichen verbundenen Emissionen abzuschätzen, um entsprechende ressourcenschonende und umweltfreundliche Maßnahmen rechtzeitig ergreifen zu können [ÖWAV 2003].

Rechtsvorschriften auf der Basis von Ergebnissen von Stoffstromanalysen

In einigen wenigen Rechtsverordnungen, welche die Abfallwirtschaft betreffen, haben konkrete Ergebnisse von Stoffstromanalysen Eingang gefunden. Beispielhaft sind hier zu nennen:

- Die dritte Verordnung zur Änderung der Verpackungsverordnung stützt sich auf die gutachterliche Bewertung von Getränkeverpackungen mit der Methodik der Ökobilanz und fördert als ökologisch angesehene Getränkeverpackungen. So werden beispielsweise ökologisch vorteilhafte Einwegverpackungen von der Pfandpflicht befreit [VerpackV 2004].
- Bei der Co-Fermentation von bestimmten biogenen Abfällen ist in Nordrhein-Westfalen im Rahmen des erforderlichen wasserwirtschaftlichen Genehmigungsverfahrens eine umfassende und ausführliche Ökobilanz durchzuführen [LUA 2001]
- Nordrhein-Westfalen hat in 2000 die Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ für die Behördenpraxis bei der Genehmigung von thermischen Entsorgungsmaßnahmen eingeführt. Als Runderlass gilt sie verbindlich für Neugenehmigungen sowie Zusatzanträge. Die Stoffflussanalyse wird in dem Erlass als Methode detailliert erläutert. Die Zielstellung ist es, ökologische zweifelhafte Verwertungsmaßnahmen hinsichtlich einer nicht gegebenen Schadlosigkeit zu erkennen und zu unterbinden [MUNLV 2000][Friedrich 2000].

Weitere Rechtsvorschriften in der Abfallgesetzgebung mit dem Ziel der Ressourcenschonung

Neben konkreten Ergebnissen von Stoffstromanalysen haben sich allgemeiner gehaltene Ansätze des Stoffstrommanagements mit der Zielsetzung der Ressourcenschonung in der Abfallgesetzgebung niedergeschlagen. Das Ziel ist es, die Abfallvermeidung und die Kreislaufführung mittels einer umweltverträglichen Verwertung von Stoffen zu fördern und/oder die Herstellerverantwortung einzufordern. Hier können beispielhaft genannt werden:

- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG 1996)
- Batterieverordnung 1998 (BattV 1998)
- Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV 2002)
- Altölverordnung (AltölV 2002)
- Altholzverordnung (AltholzV 2002)
- Altfahrzeug-Verordnung (AltfahrzeugV 2002)
- EG-Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE 2002)

In Großbritannien wurden als einzigem EU-Land in größerem Umfang handelbare Zertifikate im Bereich der Verpackungsabfälle eingesetzt [EU-Kommission 2003a]. Zudem wird in Großbritannien ein System handelbarer Zertifikate eingeführt, um die Menge deponierter biologisch abbaubarer Siedlungsabfälle zu beschränken [EU-Kommission 2003a].

Rechtsvorschriften in der Abfallgesetzgebung mit dem Ziel der Gefahrenabwehr

Die Reduzierung der Schädlichkeit von Abfällen bzw. deren umweltgerechte Beseitigung ist eine klassische abfallwirtschaftliche Aufgabe. Hier kann in Europa und hier nicht zuletzt in Deutschland auf gut drei Jahrzehnte einer erfolgreichen Politik zurückgeblickt werden. Zahlreiche Verordnungen und Richtlinien im Rahmen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes bzw. als nationale Umsetzung von EU-Richtlinien (z.B. TA Siedlungsabfall, Altkraftzeug-Verordnung) aber auch im Rahmen des Bundesimmissionsschutzgesetzes (z.B. 17. BlmSchV. für Müllverbrennungsanlagen) oder des Chemikaliengesetzes (Z.B. Anwendungsverbote für bestimmte, gefährliche Stoffe wie PCB) sorgten nach und nach für eine hohe Regelungsdichte mit bemerkenswerten Erfolgen.

3.3 Aufgaben und Handlungsfelder einer nachhaltigen Abfallwirtschaft

Vereinfacht können die wesentlichen Ziele einer nachhaltigen Abfallwirtschaft anhand der folgenden Kriterien festgemacht werden [Friege Bilitewski 2003][Bundesabfallbericht 2001][Spangenberg Verheyen 1996][ÖWAV 2003][KrW-/AbfG 1996][Baake 2003][Faulstich Weber 2000]:

Schutz von Mensch und Umwelt vor schädlichen Wirkungen

Daraus leiten sich u. a. ab:

- Schadstoffe sollen in wirksame Senken zum Schutz von Mensch und Umwelt entsorgt werden.
- Am Ende des Stoffflusses sollen nur umweltverträgliche Emissionen in Wasser, Boden und Luft abgegeben werden.
- Ausrichtung der stofflichen Verwertung in dem Maße, dass die gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotential aufweisen als vergleichbare Produkte aus Primärrohstoffen.
- Mitwirkung an der umweltfreundlichen Gestaltung von Produkten und Verfahren.
- Beitrag zu Klimaschutz.

Beitrag zur Schonung von Ressourcen und Deponieraum unter Betrachtung des gesamten Stoffstromsystems

Daraus leiten sich u. a. ab:

- Förderung der Abfallvermeidung.
- Förderung der Kreislaufwirtschaft und Verwertung.
- Mitwirkung an der umweltfreundlichen Gestaltung von Produkten und Verfahren.

Zeitnahe Lösung der Abfallprobleme im eigenen Land ohne Gefährdung für nachfolgende Generationen

3.4 Identifikation von abfallwirtschaftlich besonders relevanten Stoffströmen

Für die Lösung der abfallwirtschaftlich dringlichsten Aufgaben ist es unerlässlich, die wichtigsten Stoffe und Materialien, die eine hohe Relevanz haben, zu identifizieren. Eine hohe Relevanz haben vor allem:

- Stoffe und Materialien, von denen eine Gefahr ausgeht,
- Stoffe und Materialien, die in großen Mengen anfallen und
- Stoffe und Materialien, bei denen die Vorketten über den gesamten Lebenszyklus (Gewinnung, Produktion etc.) mit einem hohen Ressourcenverbrauch verbunden sind.

Die unterschiedlichen Problematiken, die mit diesen relevanten Stoffströmen verbunden ist, werden im folgenden anhand der Beispiele Cadmium, Baustoffe und Edelmetalle dargestellt:

Relevanz aufgrund der Gefährlichkeit: Beispiel Cadmium

Im Rahmen der Stoffstromdiskussion hat die Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe bereits in den frühen neunziger Jahren u.a. eine Stoffflussanalyse für Cadmium in Auftrag gegeben [Enquête 1993]. Dieses human- und ökotoxikologisch besonders relevante Schwermetall ist ein Musterbeispiel für einen gefährlichen Stoff dem sich die Abfallwirtschaft aus ihrer klassischen Rolle zur Abwehr von Umweltgefahren heraus, stellen musste. Der Problemstoff Cadmium ist heute aus der Sicht der Abfallwirtschaft über eine ganze Reihe von Verordnungen etc. geregelt wie z.B. 17. BlmSchV., Batterieverordnung, Altkraftzeugverordnung etc. Durch die Stoffstromanalyse zu Cadmium, die im Auftrag der Enquête-Kommission durchgeführt wurde, zeigte es sich, dass derartige Stoffe, die einerseits als Kuppelprodukte bei der Primär gewinnung entstehen und andererseits in Produkten in z.T. sehr geringen Konzentrationen (z.B. als Verunreinigung bei Zinklegierungen) auftreten, nicht durch eine einzige ordnungsrechtliche Maßnahme, sondern nur durch ein ganzes Bündel derartiger Maßnahmen angemessen zu adressieren ist. Dies hat sich für Cadmium (und viele andere umweltschädliche Stoffe) zunächst in Maßnahmen bzgl. Abfallbeseitigungsanlagen (17. BlmSchV. etc.) und später in Verordnungen, die den Umgang mit post-consumer Abfällen wie Batterien oder Altkraftfahrzeugen regeln, niedergeschlagen. Die Palette der abfallwirtschaftlichen Maßnahmen umfasst hier auch Einsatzverbote von Stoffen für Neuprodukte (z.B. Bauteile von Kraftfahrzeugen).

Relevanz aufgrund der hohen Mengen: Beispiel Baustoffe

Die Stoffströme des Baubereichs mit ihren hohen Mengen sind für die abfallwirtschaftlichen Aufgaben Ressourcenschonung und Schonung von Deponieraum aus mehreren Gründen besonders relevant. Einerseits stellen die Baurohstoffe nach den energetischen Rohstoffen den zweitgrößten Anteil an der Gesamt-Mengenbilanz für Rohstoffe in Deutschland [UBA 2002]. Andererseits ist der Rohstoffinput in die Technosphäre, d.h. der Einbau in Gebäude und Infrastruktur unterschiedlichster Art nach Mengengesichtspunkten immer noch deutlich größer als der Abfallanfall in Form von Bauschutt oder Straßenaufbruch [Buchert et al. 1999], [UBA 2002], [Buchert 2004]. Dies bedeutet, dass das sehr große Stofflager an Baumaterialien jedes Jahr weiter wächst und damit auch die potenziell anfallenden Abfallströme in der Zukunft.

Relevanz aufgrund der Vorketten: Beispiel Edelmetalle

In dem BMBF-Forschungsprojekt „Stoffströme der Platingruppenmetalle – Systemanalyse und Maßnahmen für eine nachhaltige Optimierung der Stoffströme der Platingruppenmetalle“ des Metallkonzerns Umicore AG & Co. KG und Öko-Institut e.V. [Hagelüken et al. 2004] konnte anhand der Edelmetalle Platin, Palladium und Rhodium nachdrücklich belegt werden, dass für viele Stoffe bzw. Stoffgruppen der Beitrag zur Ressourcenschonung nicht ohne weiteres in vollem Ausmaß sichtbar ist und darum noch große Potenziale zur Ressourcenschonung und damit konkrete Beiträge zur Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung erschließbar sind.

Diese drei Edelmetalle, die für die unterschiedlichsten Anwendungen (Autokatalysatoren, Chemiekatalysatoren, Glasindustrie, Galvanik, Elektronik, Schmuck, Brennstoffzellen etc.) eingesetzt werden, stellen nach den klassischen abfallwirtschaftlichen Kriterien (Gefährdungspotenzial sowie Schonung von Deponieraum) nach dem heutigen Kenntnisstand kein nennenswertes Problem dar. So betrug die weltweite Minenproduktion im Jahr 2002 für Palladium ca. 200 t, für Platin ca. 190 t und für Rhodium lediglich 18 t [Hagelüken et al. 2004]. Die gesamten Umweltbelastungen für die Primärmetallgewinnung ist jedoch ausgesprochen relevant. Ein hoher Abfallanfall durch Abraum und ausgelaugtes Erzmaterial (die Erzgehalte an PGM liegen in der Regel bei 5 bis 10 g je Tonne) sowie relevante Emissionen von Schwefeldioxid sowie Kohlendioxid sind zu verzeichnen. So beträgt im Jahr 2001 der Ausstoß von Treibhausgasen durch die Primärproduktion der Platingruppenmetalle (PGM) allein für die Nachfrage in Deutschland rund 300.000 Tonnen! Die Sekundärproduktion von PGM-Metallen verursacht demgegenüber Treibhausgasemissionen, die ca. um den Faktor 10 niedriger liegen [Hagelüken et al. 2004].

Unter dem Aspekt der Ressourcenschonung verdienen daher im Fall der PGM auch Stoffe, die in relativ geringen Mengen zur Anwendung kommen, eine angemessene Aufmerksamkeit. Die Untersuchungen zu den PGM zeigten weiterhin, dass in einigen Anwendungsfeldern (z.B. Industrikatalysatoren) sehr hohe Recyclingraten (z.T. > 90%) festzustellen sind. Allerdings wurden auch Anwendungsfelder identifiziert, die deutlich geringere (z.T. unter 50%) Recyclingquoten aufweisen, wie z.B. Elektronik (suboptimale Erfassung der Altgeräte, z.T. suboptimales handling), Altfahrzeugkatalysatoren (großer Schwund durch vielfach „grauen Export“ von Altfahrzeugen in Drittländer ohne nennenswerte Recyclinglogistik) aber auch Dentalanwendungen [Hagelüken et al. 2004].

3.5 Handlungs- und Diskussionsbedarf in der derzeitigen Abfallwirtschaft

Die Abfallwirtschaft hat in den letzten Jahren beachtliche Erfolge hinsichtlich der Lösung der oben genannten Aufgaben erzielt [Baake 2003][Giegrich Vogt 2004][EU-Kommission 2003a]. Dennoch gibt es zahlreiche Bereiche, in denen national und EU-weit Handlungs- und Diskussionsbedarf besteht. Insbesondere nennt die Europäische Kommission in der Thematischen Strategie für Abfallvermeidung und –recycling [EU-Kommission 2003a] zahlreiche Handlungsfelder. Weitere Handlungsfelder nennen der Sachverständigenrat für Umwelt [SRU 2004], der Österreichische Bundesabfallwirtschaftsplan [Bundesabfallbericht 2001] und andere. Die wichtigsten Handlungsfelder werden im folgenden kurz angerissen:

Begrenzte Fortschritte bei der Abfallvermeidung:

In der Thematischen Strategie für Abfallvermeidung und -recycling [EU-Kommission 2003a] wird aufgeführt, dass trotz zahlreicher Maßnahmen und Zielvorgaben zur Abfallvermeidung zu erwarten ist, dass die Menge der in der EU anfallenden Abfälle in der Summe weiterhin zunehmen wird. In der Abfallvermeidung seien nur wenig Fortschritte erzielt wurden. Eine Hauptursache für die Stagnation wird darin gesehen, dass die Zielvorgaben nicht glaubwürdig und wirksam waren, weil es keine verlässliche Bewertung der Abfallerzeugungsmuster in den verschiedenen Wirtschaftssektoren gab und nicht evaluiert wurde, mit welchen Maßnahmen die Zielvorgaben erreicht werden können. Diese Aussage beruht auf Daten zu einigen EU-Ländern, nicht jedoch zu Deutschland. Untersuchungen für Deutschland kommen zu positiven Ergebnissen hinsichtlich der Erfolge der Abfallvermeidung [Giegrich Vogt 2004].

Höhere Recyclingraten werden in vielen Fällen durch höhere Kosten verhindert

Da die Deponierung oder die Verbrennung oft billiger sind als das Recycling werden viele Maßnahmen der stofflichen Verwertung nicht realisiert, auch wenn sie die umweltverträglichere Variante darstellen [EU-Kommission 2003a]. Die Europäische Kommission wird in diesem Zusammenhang die Diskussion um die Wirkung einer Deponiesteuer anstoßen. Der Sachverständigenrat für Umwelt schlägt vor, ökonomische Instrumente zur Verbesserung der Rahmenbedingungen einzusetzen [SRU 2004].

Die Gesetzgebung zum Recycling erfasst große Abfallströme nicht, weil sie auf spezielle Altprodukte und nicht auf anfallende Materialien ausgerichtet ist

Es gibt einige Richtlinien für spezielle Abfallströme wie Altfahrzeuge, Elektro- und Elektronikaltgeräte, Verpackungsabfälle u.a. Diese stellen jedoch verhältnismäßig kleine Abfallströme dar. So gibt es beispielsweise Richtlinien, die das Recyceln von Kunststoffen aus Verpackungen, Altfahrzeugen und E-Geräten regeln, doch gibt es keine Vorschriften für das Recycling von Kunststoff aus anderen wichtigen

Anwendungen, z.B. Baumaterialien. Diese Lücke ist zu schließen, indem neue Maßnahmen verabschiedet werden, die auf anfallende Materialien und nicht auf spezielle Altprodukte ausgerichtet sind [EU-Kommission 2003a]. Zu dem gleichen Ergebnis kommt die umfangreiche Studie zu den Edelmetallen [Hagelüken et al. 2004], die beispielhaft in Kapitel 3.4 vorgestellt wurde. An diesem Spezialfall der Edelmetalle (Platin, Palladium und Rhodium) wird deutlich, wo die bisherige Abfallwirtschaftspolitik zunehmend an Grenzen stößt. Von stark wachsender Relevanz in den nächsten Jahren wird der Bereich der Autoelektronik sein. In der vorgesehenen Elektronik-Verordnung ist dieser Bereich nicht abgedeckt, da es eine eigene Altfahrzeugverordnung gibt. In dieser werden für diesen relativ neuen Materialbereich keine besonderen Auflagen gemacht (anders als bei Altfahrzeugkatalysatoren die separat ausgebaut und recycelt werden müssen). Aus Gründen der Unwissenheit der Demontagebetriebe bzw. der Shredderbetreiber und des aufwendigen Ausbaus der Autoelektronik verbleibt diese vielfach in der Altkarosse, gelangen mit dieser in den Shredder und damit letztlich in der Sekundärstahllinie. Das heißt, die in der Autoelektronik enthaltenen wertvollen Bunt- und Edelmetalle gehen auf diese Weise überwiegend verloren [Hagelüken et al. 2004].

Die Entsorgerverbände stehen in ihren Diskussionspapieren jedoch einem materialspezifischen Ansatz kritisch gegenüber, verweisen auf die Schwierigkeiten bei der Umsetzung und fordern, dass aufzustellende materialspezifische Ziele verbindlich und auf wissenschaftlicher Grundlage ökologisch wie ökonomisch optimiert und dynamisch angelegt sein sollten [EUWID 2004]

Es fehlen umfassende harmonisierte Standards für Recycling mit der Folge, dass möglicherweise hohe Umweltstandards untergraben werden.

Die Europäische Kommission stellt fest, dass es für zahlreiche Abfallbehandlungsverfahren, insbesondere Recyclingverfahren, keine gemeinschaftsweit geltenden harmonisierten Umweltvorschriften gibt. Es sei zu vermeiden, dass für das Recycling bestimmte Abfälle aus Ländern mit höheren Standards in Länder mit niedrigeren Standards verbracht werden [EU-Kommission 2003a]. Hierauf weist auch der Sachverständigenrat für Umwelt hin [SRU 2004]. Im Österreichischen Bundesabfallwirtschaftsplan wird weiterhin darauf hingewiesen, dass eine aktive Steuerung des gesamten abfallwirtschaftlichen Stoffflusses notwendig sei, um zu verhindern, dass Stoffe in Bereiche verlagert werden, wo eine Regelung derzeit nicht greift (z.B. Schwermetalle in Recyclingkunststoffe) [Bundesabfallbericht 2001].

Ausweitung der Herstellerverantwortung

Nach Auffassung der Europäischen Kommission ist zu diskutieren, in welchem Umfang bzw. für welche Abfallströme eine Ausweitung der Herstellerverantwortung, die in den Bereich Verpackungen, Altfahrzeuge und Elektrogeräte bereits angewendet wurde, sinnvoll ist und mit welchen anderen Instrumenten diese gekoppelt sein kann. Ziel sei ein größerer Nutzen für die Umwelt mit weniger gesetzgeberischem und

administrativem Aufwand [EU-Kommission 2003a]. Auch der Sachverständigenrat für Umwelt sieht die Produktverantwortung als ein unverzichtbares Prinzip [SRU 2004].

Einführung von handelbaren Zertifikaten im Abfallbereich

Nach Auffassung der Europäischen Kommission ist zu diskutieren, ob handelbare Zertifikate ein akzeptables und passendes Mittel zur Durchsetzung der Abfallrecyclingziele sind. Es seien technische, rechtliche, wirtschaftliche und praktische Aspekte zu klären, da das Instrument der handelbaren Zertifikate in der Abfallwirtschaft einen relativ neuen Ansatz darstellt [EU-Kommission 2003a]. Auch der Sachverständigenrat für Umwelt schlägt die Weiterentwicklung ökonomischer Instrumente zur Internalisierung von Umwelteffekten vor und nennt als ein mögliches Instrument in der Abfallwirtschaft den Emissionshandel [SRU 2004].

Umsetzung und Ausweitung der IVU-Richtlinie und der BREF-Dokumente

Die Umsetzung der IVU-Richtlinie steht noch am Anfang, so dass die Wirksamkeit nach Auffassung der EU-Kommission noch nicht beurteilt werden kann hinsichtlich der Abfallvermeidung und der Abfallentsorgung [EU-Kommission 2003a]. Es sei jedoch erstrebenswert, dass die IVU-Richtlinie auf den gesamten Abfallsektor angewandt wird und dass in den Merkblättern zu den besten verfügbaren Techniken (BREF-Dokumente) die aktuellen Emissionsgrenzwerte und anderen Standards EU-weit einheitlich festgeschrieben werden.

Stoffstrombilanzen zur Abschätzung zukünftiger Abfallmengen und Maßnahmen

Ein großer Teil des Materialinputs in den Wirtschaftskreislauf fließt zunächst in den zunehmenden Bestand von Investitions- und Konsumgütern. Diese Stoffströme gelangen mit unterschiedlicher zeitlicher Verzögerung in die Abfallwirtschaft. Für die wichtigsten Stoffe und Produkte sind Bilanzen zu erstellen, da nur mit diesem Wissen garantiert ist, dass die abfallwirtschaftlichen Maßnahmen auch im Rahmen der gesamten Volkswirtschaft effizient und wirtschaftlich sinnvoll sind [Bundesabfallbericht 2001]. Das Beispiel der Bauabfälle in Kapitel 3.4 zeigt ebenfalls, dass der Einsatz der Szenariomethodik für Stoffstromanalysen für strategische Konzepte im Rahmen der Abfallwirtschaft immer wichtiger wird, insbesondere dann, wenn es sich um langlebige Güter wie Bauwerke handelt, deren Relevanz für die Abfallwirtschaft erst mit großer Zeitverzögerung durchschlägen wird [Buchert et al. 2004].

Die Erweiterung des Abfallbegriffs um eine stoffliche Komponente ist zu überprüfen. Ziel ist es, Abfälle umfassender zu beschreiben und einer optimalen Entsorgung zuzuführen.

Im österreichischen Bundesabfallwirtschaftsplan [Bundesabfallbericht 2001] wird vorgeschlagen, bei der Ausweisung von Abfällen, die wesentlichen Inhaltsstoffe (Matrixelemente, die 95% der Masse ausmachen und die wichtigsten organischen und

anorganischen Spurenelemente) zu nennen. Damit soll die Gefährlichkeit umfassender beschrieben werden und eine verbesserte Zuordnung von Abfällen zu Behandlungsverfahren möglich sein. Die Scheinverwertung kann so reduziert werden. Zu berücksichtigen sind hierbei die nationalen und europäischen rechtlichen Rahmenbedingungen.

4. Fazit aus der Literatur- und Datenrecherche

Die wesentlichen Aufgaben, die in der Abfallwirtschaft bzw. einer daraus zu entwickelnden nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenwirtschaft zu erfüllen sind, lassen sich zwei Feldern zuordnen: Das erste Aufgabenfeld betrifft die **Gefahrenabwehr**. Mensch und Umwelt sind vor schädlichen Wirkungen zu schützen, die u.a. von Abfallströmen ausgehen können. Schadstoffe müssen in wirksame Senken gelenkt werden und am Ende des Stoffflusses sollen nur umweltverträgliche Emissionen in Wasser, Boden und Luft abgegeben werden. Das zweite Aufgabenfeld betrifft die **Ressourcenschonung**, die im Hinblick auf das Leitbild der Nachhaltigkeit immer mehr an Bedeutung gewinnt. Der Beitrag der Abfallwirtschaft liegt hier nur in der Abfallvermeidung und im Rückführen von Abfällen in den Wirtschaftskreislauf durch Verwertungsmaßnahmen. In einer umfassenden Stoffstrom- und Ressourcenwirtschaft kann durch eine Lenkung der Rohstoffe gezielter auf einen effizienten und nachhaltigen Umgang mit Ressourcen hingewirkt werden.

Die Gefahrenabwehr mit der Reduzierung der Schädlichkeit von Abfällen bzw. deren umweltgerechte Beseitigung ist eine klassische abfallwirtschaftliche Aufgabe. Hier kann in Europa und nicht zuletzt in Deutschland auf gut drei Jahrzehnte einer erfolgreichen Politik zurückgeblickt werden. Zahlreiche Verordnungen und Richtlinien sorgten nach und nach für eine hohe Regelungsdichte mit bemerkenswerten Erfolgen.

Zur Ressourcenschonung gibt es deutlich weniger Ansätze und Verordnungen als zur Gefahrenabwehr. Dies liegt zum einen daran, dass die Ressourcenschonung viel später als die Gefahrenabwehr von der Politik als Aufgabe aufgegriffen wurde. Zum anderen ist es deutlich schwieriger, den Gedanken der Ressourcenschonung in konkrete handhabbare, messbare und politisch umsetzbare Zielsetzungen zu übertragen. Außerhalb der Abfallwirtschaft wurden Instrumente wie handelbare Zertifikate (z.B. Emissionshandel) und Ressourcensteuer (z.B. Mineralölsteuer, Ökosteuer) eingeführt. In der Abfallwirtschaft wurde zur Förderung der Abfallvermeidung und -verwertung die Herstellerverantwortung in einigen wenigen Bereichen (z.B. Verpackung, Altautos, E-Schrott) eingeführt. Weiterhin gab es einige wenige Verordnungen, die Ergebnisse von Stoffstromanalysen aufgegriffen haben, um ökologisch vorteilhafte Verfahren bzw. Produkte zu fördern.

Zur Rolle der Abfallwirtschaft innerhalb der gesamtwirtschaftlichen Stoffströme hat die Recherche gezeigt, dass nur der kleinere Teil der gesamtwirtschaftlichen Stoffströme direkt in den Abfällen wiederzufinden ist. Im Rahmen eines gesamtwirtschaftlichen Stoffstrommanagements kann die Abfallwirtschaft damit kein alleiniges Steuerorgan

darstellen, sondern muss als Teil eines umfassenden Stoffstromsystems verstanden werden. Hier hat sie jedoch wichtige Aufgaben sowohl im Bereich der Gefahrenabwehr als auch im Bereich der Ressourcenschonung.

Ein zentrales Ergebnis ist, dass es bislang kein umfassendes Gesamtkonzept zur Umsetzung von Stoffstrommanagement für den Bereich der Abfallwirtschaft gibt. Ein wesentlicher Grund ist die Komplexität der Materie aufgrund der Vielzahl der Akteure mit unterschiedlichen Blickrichtungen (z.B. rein betrieblich oder überbetrieblich), der Vielfalt unterschiedlichster Stoffströme mit den unterschiedlichsten Eigenschaften und der Bandbreite der abfallwirtschaftlichen Aufgaben. Aber auch auf übergeordneter Ebene gibt es bis dato kein ausgereiftes schlüssiges Gesamtkonzept für eine konkrete umfassende Stoffstrompolitik, welche für die operative Ebene bindend ist. Allerdings bieten die Indikatoren und Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung hierfür einen wichtigen Rahmen.

Die ausgewerteten Untersuchungen zeigen übereinstimmend, dass ein sektorübergreifendes Stoffstrommanagement in erster Linie am Stoffinput ansetzen sollte. Hingegen ist der Großteil der derzeitigen Gesetzgebung vielmehr outputorientiert. Die Orientierung am Output hat einen wesentlichen Ursprung in der Gefahrenabwehr und hat dort auch beachtliche Erfolge verzeichnet. Es wurden vorrangig Stoffe verboten und Grenzwerte festgelegt, um schädliche Umweltauswirkungen zu vermeiden bzw. zu reduzieren. Diese Vorgehensweise wird auch weiterhin notwendig sein, und zwar umso mehr, je größer die abzuwendende Gefahr ist. Zusätzlich zu dem Aspekt der Gefahrenabwehr geht es bei der Umsetzung eines nachhaltigen Wirtschaftens jedoch um die Verankerung einer Stoffstrompolitik, die den Fokus auf der Ressourcenschonung hat und sich dort als effektivstem „Hebel“ intensiv mit dem Input befasst. Die ausgewerteten Untersuchungen, die sich dem Thema allgemein annähern und keine konkreten Stoffströme im Detail untersuchen, weisen neben der Orientierung auf den Input auf mögliche politische Instrumente hin und kommen mehrheitlich zu dem Ergebnis, dass ein Instrumentenmix aus verschiedenen politischen Instrumenten wie Ordnungsrecht, ökonomische Anreize und Abgaben, Selbstverpflichtungen, Herstellerverantwortung etc. erforderlich sei, um der Komplexität der Stoffströme und der Zielsetzungen gerecht zu werden. Diskutiert werden weiterhin einzelne Instrumente wie beispielsweise die Ressourcensteuer und die Integrierte Produktpolitik (IPP).

Ein Gesamtkonzept, dass darüber hinaus konkretere Zielstellungen für einzelne Stoffströme setzt, ist bisher nicht erarbeitet worden. Die Fragestellungen, welche Stoffströme in welcher Weise gesteuert werden sollen, ist bisher nicht befriedigend beantwortet worden. Zu den übergeordneten Zielen wie Schonung der Ressourcen, Dematerialisierung, Steigerung der Rohstoffproduktivität etc. herrscht ein gewisser Konsens, es fehlt jedoch die Konkretisierung, welche Potenziale der Ressourcenschonung mit welchen Mitteln ausgeschöpft werden können. Aus Sicht des Öko-Instituts liegt ein wesentlicher Grund darin, dass sich die vielfältigen Stoffströme, die sowohl für die Ressourcenschonung als auch für die Gefahrenabwehr relevant sind, sehr stark voneinander unterscheiden in Bezug auf die beteiligten Akteure, die

Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus, die betroffenen Wirtschaftszweige und die technischen Randbedingungen.

Als Schlussfolgerung ist daher festzuhalten, dass die Umsetzung von Stoffstrommanagement in eine Stoffstrompolitik einhergehen muss, welche die starke Differenzierung der einzelnen Stoffströme angemessen berücksichtigt. Für jeden relevanten Stoffstrom müssen die Ziele der Stoffstrompolitik, die Potenziale der Ressourcenschonung und die Notwendigkeiten der Gefahrenabwehr erarbeitet werden. Auch für die praktische Umsetzung innerhalb der politischen, technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen können gänzlich unterschiedliche Konzepte erforderlich sein.

Der erste Schritt auf dem Weg zu einer effektiven Stoffstrompolitik ist die Identifikation der relevantesten Stoffströme. Eine hohe Relevanz haben vor allem:

- Stoffe, von denen eine Gefahr ausgeht
Beispiel: Cadmium
- Stoffe und Materialien, die in großen Mengen anfallen
Beispiel: Baumaterialien
- Stoffe und Materialien, bei denen die Vorketten über den gesamten Lebenszyklus (Gewinnung, Produktion etc.) mit einem hohen Ressourcenverbrauch verbunden sind
Beispiel: Edelmetalle

Anhand der Beispiele Cadmium, Baumaterialien und Edelmetalle wurde dargestellt, dass mit diesen Stoffströmen völlig unterschiedliche Problematiken verbunden sind und sehr unterschiedliche Instrumente zur Lösung der spezifischen Probleme benötigt werden. An den genannten Beispielen wird darüber hinaus deutlich, dass übergeordnete Stoffstromkonzepte, die durch entsprechende Stoffstromanalysen operativ unterstützt werden und detailliert die spezifischen Rahmenbedingungen der einzelnen Stoffströme berücksichtigen, für eine nachhaltige Abfallwirtschaft strategisch zunehmend wichtig werden. Am Beispiel der Edelmetalle zeigte sich weiterhin, dass in Zukunft weniger über Produktgruppen, als vielmehr über stoffstrombezogene abfallwirtschaftliche Strategien nachgedacht werden muss, um dem Ziel der Ressourcenschonung gerecht zu werden. Letztlich können die Indikatoren Rohstoffproduktivität und Energieproduktivität aus der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung hierfür als übergeordnete Wegweiser dienen.

Die Recherche zu Konzepten im Stoffstromrecht legen nahe, dass bei der Schaffung eines rechtlichen Rahmens für das Stoffstrommanagement für jeden Stoffstrom eine Analyse des bestehenden Regelungsrahmens, der rechtlichen Instrumente sowie der politischen Strategien vorzunehmen ist, um sachgerecht zwischen den bisher in der wissenschaftlichen Diskussion erarbeiteten Alternativen wählen zu können. Eine zentrale Frage ist dabei, ob ein eigenes Stoffstromgesetz geschaffen werden soll oder

stoffstromrechtliche Regelungen in vorhandenes Recht integriert werden. Angesichts der Tatsache, dass für viele Stoffströme schon eine differenzierte Auswahl an Steuerungsinstrumenten zur Verfügung steht, wäre die Ergänzung bereits vorhandener Regelungen um stoffstromrechtliche Komponenten ein gangbarer Weg.

Eine Regelung muss jedoch nicht notwendiger Weise im Umweltrecht stattfinden. Da der Stoffstromansatz als Querschnittsaufgabe andere Rechtsgebiete wie das Wirtschafts- und Steuerrecht, das Verkehrsrecht oder das Baurecht berührt, können stoffstrombezogene Regelungen teilweise oder vollständig auch dort geregelt werden. Schließlich ist zu überlegen, ob eine einheitliche Zielsetzung für das Stoffstrommanagement geschaffen werden sollte. Die Zielsetzung könnte in einer ressortübergreifend staatlichen Regelung festgelegt werden. Zur Steuerung der Stoffmengen ist ferner die Entwicklung von Instrumenten notwendig, da dies mit dem ordnungsrechtlichen Instrumentarium nicht zufriedenstellend erreicht werden kann.

Abschließend wurden in der Recherche aktuelle Handlungsfelder der nationalen und europäischen Abfallwirtschaft dargestellt, die Gegenstand der aktuellen abfallwirtschaftlichen Diskussion sind. In den nachfolgenden Abschnitten wird aufgezeigt, in welchen dieser Handlungsfeldern die Stoffstromanalyse als Werkzeug einen Beitrag leisten kann und in welchen Handlungsfeldern ein umfassenderes Stoffstrommanagement erforderlich ist.

Abfallwirtschaftliche Handlungsfelder, in denen die Stoffstromanalyse möglicherweise ein wichtiges Werkzeug darstellt:

- Erkennen von zukünftigen abfallwirtschaftlichen Stoffströmen
Ein großer Teil des Materialinputs in den Wirtschaftskreislauf fließt zunächst in den zunehmenden Bestand von Investitions- und Konsumgütern. Diese Stoffströme gelangen erst mit unterschiedlicher zeitlicher Verzögerung in die Abfallwirtschaft. Die Stoffstromanalyse kann mit Hilfe von Szenarien für die wichtigsten Stoffe und Produkte Bilanzen erstellen, um sicherzustellen, dass die künftig nötigen abfallwirtschaftlichen Maßnahmen effizient und umweltverträglich sind und rechtzeitig umgesetzt werden.
- Bewertung von Produkten und abfallwirtschaftlichen Verfahren hinsichtlich ihrer ökologischen Auswirkungen entlang des gesamten Lebenszyklus
Die Stoffstromanalyse kann in Verbindung mit verschiedenen Bewertungsmodellen die Umweltverträglichkeit von Produkten und Verfahren unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus bewerten. Diese Information ist ein wichtiger Input für politische Zielsetzungen, für die umweltgerechte Produktentwicklung und für konkrete rechtliche Umsetzungen.
- Entwicklung von Strategien zur Abfallvermeidung

Für die Entwicklung von Strategien zur Abfallvermeidung sind genaue Kenntnisse über die Abfallentstehung und mögliche alternative Maßnahmen unverzichtbar. Die Stoffstromanalyse kann hier ein geeignetes Analyseverfahren sein.

▪ Ausweitung der IVU-Richtlinie und Erweiterung der BREF-Dokumente

Es ist erstrebenswert, dass die IVU-Richtlinie auf den gesamten Abfallsektor angewandt wird und dass in den Merkblättern zu den besten verfügbaren Techniken (BREF-Dokumente) die aktuellen Emissionsgrenzwerte und andere Standards EU-weit einheitlich festgeschrieben werden. Die Stoffstromanalyse ist hier ein Instrument zur Identifizierung der wesentlichen Verfahren und Emissionen.

Abfallwirtschaftliche Handlungsfelder, in denen das Stoffstrommanagement möglicherweise einen wesentlichen Baustein beitragen kann:

▪ Hohe Recyclingkosten im Vergleich zu Deponierung/Verbrennung verhindern vielfach das Recycling

Da die Deponierung oder die Verbrennung oft billiger sind als das Recycling werden viele Maßnahmen der stofflichen Verwertung nicht realisiert, auch wenn sie die umweltverträglichere Variante darstellen. Es ist zu überprüfen, ob hier ökonomische Steuerungsinstrumente zu einem gezielten Stoffstrommanagement beitragen können.

▪ Einführung von handelbaren Zertifikaten im Abfall- und Ressourcenbereich

Handelbare Zertifikate sind ein Instrument des Stoffstrommanagements, das im Abfallbereich oder in der Produktion einen relativ neuen Ansatz darstellt. Es ist zu diskutieren, ob handelbare Zertifikate ein akzeptables und geeignetes Mittel zur Durchsetzung der Ziele in Abfallmeidung und –verwertung und gezielter Lenkung von Stoffströmen sein können.

▪ Ausweitung der Herstellerverantwortung

Ein Baustein von Stoffstrompolitik kann die Einforderung der Herstellerverantwortung bei der umweltgerechten Entsorgung und der Umsetzung von Abfallvermeidung und –verwertung sein. Es ist zu diskutieren, in welchem Umfang bzw. für welche Abfallströme eine Ausweitung der Herstellerverantwortung, die in den Bereichen Verpackungen, Altfahrzeuge und Elektrogeräte bereits angewendet wird, sinnvoll ist und mit welchen anderen Instrumenten diese gekoppelt sein kann. Andererseits kann mittels der Stoffflussanalyse auch die Wirksamkeit von Konzepten der Herstellerverantwortung kontrolliert werden.

▪ Ausrichtung der Abfallwirtschaft auf Materialien anstelle von Altprodukten

Die bestehenden Richtlinien für spezielle Abfallströme bilden nur einen verhältnismäßig kleinen Teil der Abfallströme ab. So gibt es beispielsweise Richtlinien, die das Recyceln von Kunststoffen aus Verpackungen, Altfahrzeugen und E-Geräten regeln, doch gibt es keine direkten Vorschriften (z.B. Quotenregelungen etc.) für das Recycling von Kunststoff aus anderen wichtigen Anwendungen, z.B. Baumaterialien. Die Edelmetalle beispielsweise, die aufgrund

des hohen Ressourcenverbrauchs während ihrer Gewinnung eine hohe Relevanz haben, sind in Richtlinien nur zu einem Teil erfasst. Diese Lücken sind durch ein gezieltes Stoffstrommanagement zu schließen, das mit neuen Maßnahmen auf anfallende Materialien und nicht auf spezielle Altprodukte ausgerichtet ist.

5. Untersuchungsbedarf für eine Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaftspolitik zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik

Die Literatur- und Datenrecherche des Öko-Instituts belegt eindeutig die beeindruckende Entwicklung, welche die Diskussion zu Stoffstromkonzepten bis hin zu einer Stoffstrompolitik genommen hat. Die Methode der Stoffstromanalysen und des Stoffstrommanagements ist über nahezu 20 Jahre weit entwickelt und zu überzeugenden Instrumenten entwickelt worden. Für viele Stoffströme hat sich die Datenlage durch eine Vielzahl von Arbeiten erheblich verbessert, z.T. verbunden mit innovativen Elementen wie der Szenariotechnik (Möglichkeit von „Wenn dann-Aussagen“ für mögliche unterschiedliche Zukunftspfade (Referenzszenario vs. Nachhaltigkeitsszenario etc.). Weiterhin darf nicht unterschätzt werden, dass sich durch die technischen Quantensprünge im edv-Bereich (hardware und software) die Möglichkeiten in den letzten Jahren erheblich erweitert haben, auch komplexe Stoffströme effizient zu erfassen und fundierten Bewertungen zugänglich zu machen.

Die Literatur- und Datenrecherche hat jedoch auch deutlich gemacht, dass sich je nach Erkenntnisinteresse, Betrachtungsgegenstand, Systemgrenzen etc. eine starke Differenzierung der Stoffstromdiskussion (z.B. diverse Arten von Stoffstromanalysen, betriebliches oder überbetriebliches Stoffstrommanagement) ergeben hat. Dies hat dazu geführt, dass die Vision des Stoffstrommanagements und der Ressourcenschonung, die letztlich in das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung eingebettet ist, in verschiedenen Bereichen (einzelne Gesetze, Richtlinien, Verordnungen, aber auch ökonomischen Instrumente und Kommunikationsaktivitäten) bereits zu positiven Effekten geführt hat. Allerdings geschieht dies oft implizit (der Einfluss des Konzepts des Stoffstrommanagements ist ggf. nicht auf den ersten Blick offensichtlich) und nicht nach einer übergreifenden Systematik. Da – wie beschrieben – sich die Stoffstromdiskussion stark differenziert hat, gibt es zwangsläufig bislang auch keine konsistente Stoffstrompolitik oder gar ein übergreifendes Stoffstromrecht.

Nicht zuletzt die geplante neue Recyclingstrategie der EU-Kommission den bisherigen produktionspezifischen Ansatz mit einem materialspezifischen Ansatz zu kombinieren²⁰, bietet die Option für das Handlungsfeld der Abfallwirtschaft einen systematischen und konsistenten Stoffstromansatz zu entwickeln und anschließend die konkrete Operationalisierung zu beginnen.

²⁰ Ungeachtet dessen, dass von Verbänden bereits Kritik an der künftigen Recyclingstrategie der EU artikuliert worden ist [EUWID 2004].

Folgender prioritärer Untersuchungsbedarf wird vom Öko-Institut kurzfristig identifiziert, um eine neue Rolle für die Abfallwirtschaft im Rahmen einer aktiven Stoffstrompolitik auszuarbeiten.

Wie die Literatur- und Datenrecherche ergeben hat, fehlt bislang eine Prioritätensetzung in der Abfallwirtschaft nach Ressourcengesichtspunkten. Die bisherigen – und vielfach auch erfolgreichen - Aktivitäten der Politik in diesem Bereich ergaben sich meist aus konkretem Handlungsdruck (z.B. Gefährdungspotenzial einiger Abfallgruppen bzw. deren Inhaltstoffe) oder durch eine hohe Emotionalisierung in Medien und Öffentlichkeit wie im Falle von Verpackungen mit entsprechenden Reaktionen der Politik. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Prioritätensetzungen aus Sicht des Ressourcenschutzes falsch waren. Die offene Frage ist vielmehr, ob andere wichtige Bereiche möglicherweise vernachlässigt wurden, da der Handlungsbedarf im Sinne des Umweltschutzes und der nachhaltigen Entwicklung hier nicht so offensichtlich erkennbar gewesen ist.

Aus Stoffstromsicht muss in einem ersten Schritt ein orientierendes Screening bzgl. der relevanten Stoffströme in Deutschland (oder besser EU-weit) durchgeführt werden. Dies bedeutet nicht, dass nun in erster Linie detaillierte neue Stoffstromanalysen durchgeführt werden müssen. Arbeitsgegenstand wäre vielmehr zunächst die vielen inzwischen vorhandenen, vielfach sehr detaillierten und qualitativ hochwertigen Stoffstromanalysen und anderen Datenzusammenstellung (Umweltökonomische Gesamtrechnung etc.) für eine Übersicht gezielt auszuwerten. Wichtige Kriterien für eine derartige Auswertung wäre zunächst das Relevanzkriterium nach Ressourcengesichtspunkten, flankiert durch weitere Kriterien wie Dynamik (stagnierend-, abnehmend oder zunehmend in den letzten Jahren und mittel- bis langfristig?) sowie weitere wichtige ökologische Kriterien. Ergebnis wäre eine Ranking der Stoffsströme²¹ nach Relevanz. Soweit im Screening möglich wird der jeweilige Beitrag zur Rohstoff- und Energieproduktivität erfasst.

Im zweiten Schritt erfolgt ein Abgleich mit der identifizierten Relevanz der Stoffströme und der bisherigen Adressierung durch die Kreislaufwirtschaft. Kriterien sind hierbei die Punkte der bisherigen Behandlung durch die Kreislaufwirtschaftspolitik (bereits durch verschiedene Maßnahmen geregelt, nur z.T. geregelt oder weitgehend nicht geregelt), den erkennbaren Grad der Wirksamkeit bereits getroffener Maßnahmen und die bisherige Zeitdauer der Maßnahmen und ggf. die zukünftige Dynamisierung (z.B. Recyclingquoten, die erst ab dem Jahr X eingehalten werden müssen).

Ergebnis ist ein erneutes Ranking der Stoffströme im Sinne des Verhältnisses Relevanz (vor allem Ressourcenrelevanz) im Verhältnis zum Grad der bisherigen Adressierung durch die Kreislaufwirtschaftspolitik. Ziel ist es die wichtigsten

²¹ Geklärt werden muss zuvor, was der gemeinsame Nenner für einen „Stoffstrom“ ist. Reine Elementbilanzen sind bei Metallen sinnvoll und praktikabel, bei Baustoffen z.B. sind sie wissenschaftlich nicht sinnvoll und zielführend. Das Öko-Institut schlägt hier vor, ausgehend von der Nachfrageseite (Menge Endprodukt) sinnvolle Stoffstromgruppen zu definieren (z.B. Metalle, wichtige Baustoffgruppen, Massenkunststoffe und sonstige Kunststoffe, Massenchemikalien etc.) und danach die vorhandenen Stoffstromanalysen auszuwerten.

Stoffströme mit Relevanz der Ressourcenschonung zu identifizieren für die noch keine oder nur unzureichende Maßnahmen erkennbar sind. Auf diese Weise kann zukünftig dem Vorwurf begegnet werden, der nicht zuletzt oft von betroffenen Wirtschaftskreisen erhoben wird, dass eine Branche im Vergleich zu anderen über Gebühr mit Regelungen wie Verordnungen, Abgaben etc. belastet wird.

Als dritter Schritt wird empfohlen besonders interessante Beispiele (vgl. Ausführungen in den vorangegangenen Abschnitten) für Stoffströme eingehender zu untersuchen, mit dem Ziel die Zusammenhänge für den Ressourcenbedarf, die zeitlichen Dynamiken und die technischen, logistischen, rechtlichen und politischen Möglichkeiten für eine angemessene Adressierung im Sinne einer ressourcenschonenden Stoffstrompolitik detailliert darzustellen. Schließlich sollte eine Abschätzung des möglichen Beitrages zur Steigerung der Energie- und Rohstoffproduktivität der Bundesrepublik bis zum Jahr 2020 erfolgen.

Im vierten und letzten Schritt sollte nach den Erfahrungen der Untersuchungsphase ein konkretes Empfehlungsbündel für eine nachhaltige Stoffstrompolitik mit den Zielen der Ressourcenschonung und Abfallvermeidung bezogen auf die ausgewählten Stoffströme erfolgen. Schließlich sollten die übertragbaren methodischen Elemente (die auch für weitere, noch nicht näher untersuchte Stoffströme wichtig sind) zusammen gestellt werden.

Die vorgeschlagenen Arbeitsschritte können teilweise parallel bearbeitet werden, d.h. sobald ein wichtiger Stoffstrom(bereich) zweifelsfrei identifiziert wurde, kann mit der konkreten Analyse hierzu begonnen werden, während das Screening noch bearbeitet wird.

Parallel dazu ist eine einheitliche Zielsetzung für das Stoffstrommanagement zu schaffen und soweit möglich einheitliche methodische Vorgaben für die Stoffflussanalyse (verschiedenste Systemgrenzen wie Zeit, Raum, Eingrenzung der Materialien etc.) zu entwickeln.

6. Literaturverzeichnis

Literatur zu Stoffstrommanagement, Stoffstrompolitik und Abfallwirtschaft

- Adriaanse et al 1998 Adriaanse, A.; Bringezu, S.; Hammond, A.; Moriguchi, Y.; Rodenburg, E.; Rogich, D.; Schütz, H.: *Stoffströme: Die materielle Basis von Industriegesellschaften*, Wuppertal Texte, Birkhäuser Verlag 1998
- Ayres 1989 Ayres, R. U. ; Norberg-Bohn, V. ; Prince, J.; Stigliani, W.M.; Yanowitz, J.: *Industrial metabolism, the environment, and application of materials – balance principles for selected materials*. International Institute for Applied Systems, Laxenburg, Austria, 1989.
- Ayres 1998 Ayres, R.: *Eco-restructuring*, 1998, United Nations University press
- Ayres 2000 Ayres, R.: *Handbook of Industrial Ecology*, 2000, Cheltenham: Edward Elgar.
- Baake 2003 Baake, R.: Rahmenbedingungen für eine zukunftsfähige Abfallwirtschaft, Vortrag zum 5. Europäischen Recyclingtag und Jahrestagung des bvse, Potsdam, 12. September 2003
- Baccini 1985 Baccini, P.; Baehler, M.; Brunner, P.H., Hensler, G.: Von der Entsorgung zum Stoffhaushalt: die Steuerung anthropogener Stoffflüsse als multidisziplinäre Aufgabe (From waste management to material balances: the control of anthropogenic material fluxes as a multidisciplinary task), Müll und Abfall 4: 99-108, 1985.
- Baccini 1991 Baccini, P.; Brunner, P. H.: *Metabolism of the Anthroposphere*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1991.
- Baccini Bader 1996 Baccini P.; Bader, H.: *Regionaler Stoffhaushalt: Erfassung, Bewertung und Steuerung*, Spektrum Akademischer Verlag, 1996
- Baccini Brunner 1991 Baccini, P.; Brunner, P.: *The metabolism of the antroposphere*, Heidelberg 1991
- Bailly 1977 Bailly, H-C.; Tayart de Borms, C.: *Material flows in the post-consumer waste stream of the EEC*, Graham & Trotman, London 1977.
- Berthouex 1977 Berthouex, M.F.; Rudd, D.F.: *Strategy of pollution control*, John Wiley & Sons, New York 1977.
- BMU 1992 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): *Bericht der Bundesregierung über die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro*. BT-Drucksache 12/3380, Bonn.
- Brahmer-Lohss et al. 2001 Brahmer-Lohss, M.; Dräger, H.; Gleich, A.; Gößling-Reisemann, S.; Gottschick, M.; Grossmann, D.; Horn, H.; Jepsen, D.; Kracht, S.; Lohse, J.; Lorenzen, S.; Sander, K.: *Nachhaltige Metallwirtschaft Hamburg – Erkenntnisse, Erfahrungen, praktische Erfolge; Effizienzgewinne durch Kooperation bei der Optimierung von Stoffströmen in der Region Hamburg*; Endbericht des BMBF-Projekts, 2001
- Brand 1998 Brand, G. et al.: *Methode der ökologischen Knappeit – Ökofaktoren*, 1997 Infras. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Schriftenreihe Umwelt Nr. 297, Bern 1998.
- Brand Brunner 2004 Brandt, B.; Brunner, P.: *Die Entsorgung im Spiegel der Versorgung – Güter- und Stoffbilanzen als Grundlagen für die Optimierung der*

- Wiener Abfallwirtschaft; in: Kossina, I. (Hrsg.): Abfallwirtschaft für Wien, TK Verlag Thomé-Kozmiensky, 2004
- Brandt Röckeisen 1999 Brandt, E.; Röckeisen, S.: Konzeption für ein Stoffstromrecht. Texte 7/00, Umweltbundesamt, 1999
- Brunner 1986 Brunner, P.H.; Moench, H.: The flux of metals through a municipal solid waste incinerator, Waste Management Res 4: 147-160, 1986.
- Brunner 2004 Brunner, P.: Von der Abfallwirtschaft zum Ressourcenmanagement, Synthesebericht der vier Projekte zur Ausrichtung der österreichischen Abfallwirtschaft nach stofflichen Gesichtspunkten. Projekt ABASG II, im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, April 2004
- Brunner et al. 1987 Brunner, P.H. et al.: Die Umweltverträglichkeit von Entsorgungsanlagen – Einführung in die Methodik der Stoffflussanalyse, EAWAG, Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt, Dübendorf (Schweiz), September 1987.
- Brunner Rechberger 2004 Brunner, P., Rechberger, H.: Practical handbook of material flow analysis, CRC/Lewis, 2004
- Buchert et al. 1998 Buchert, M. et al.: Bauen und Wohnen – Bedürfnisse und Stoffströme, Öko-Institut im Auftrag des Umweltbundesamtes, Freiburg, Darmstadt, Berlin 1998.
- Buchert et al. 1999 Buchert et al.: Stoffflussbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung; Texte 47/99, Umweltbundesamt, 1999
- Buchert et al. 2001 Buchert, M. et al.: Urlaub 2000: „Last Minute“ für den Umweltschutz, Öko-Institut (Hrsg.), Darmstadt 2001.
- Buchert et al. 2004 Buchert, M.; Fritzsche, U.; Jenseit, W.; Rausch, L.; Deilmann, C.; Schiller, G.; Siedentop, S.; Lipkow, A.: Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Deutschland: Stoffflussbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung – Verknüpfung des Bereiches Bauen und Wohnen mit dem komplementären Bereich „Öffentliche Infrastruktur“, Studie vom Öko-Institut e.V., IÖR Dresden und TU Dresden im Auftrag des Umweltbundesamts, UBA-Texte 01/04, 2004
- Bundesabfallbericht 2001 Bundes-Abfallwirtschaftsplan, Bundesabfallbericht 2001, erlassen vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich, 30. Juni 2001
- Bundesreg. 2002 Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Die Bundesregierung (Hrsg.), Berlin April 2002.
- Bundesreg. 2004 Fortschrittsbericht 2004 - Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.), Berlin Oktober 2004.
- Bunke et al. 1998 Bunke, D.; Both, G.; Eberle, U.; Gensch, C.-O.; Grießhammer, R.; Heymann, S.; Jäger, I.; Reichart, I.: Stoffstrommanagement und Bewertung im Textilbereich; Freiburg, 1998; (Auftraggeber: Triumph International AG, München und Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart)
- BUWAL 1996 Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.); Auftragnehmer; ETH Zürich, Institut für Verfahrens- und Kältetechnik, Prof. v. Rohr, EMPA St. Gallen, Dr. Edelmann: Ökoinventare für Verpackungen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 250, BUWAL, 1996
- Dänemark 1997 Danish Ministry of Environment and Energy: The Raw Material Act, Consolidated Act No 569 of June 30, 1997

- De Man et al. 1997 de Man et al: Aufgaben des betrieblichen und betriebsübergreifenden Stoffstrommanagements; Texte 11/97, Umweltbundesamt, 1997
- Dehoust et al. 1993 Dehoust, G.; Both, G.; Jenseit, W.; Petitjean, T.; Rausch, L.; Gebhardt, P.: Systemvergleich Restabfallbehandlung Hessen: Vergleichende Untersuchung zu den Umweltauswirkungen unterschiedlicher Verfahren der Restabfallbehandlung; in Zusammenarbeit mit ITU GmbH, im Auftrag der Hessischen Landesanstalt für Umwelt - HLfU, Wiesbaden; Darmstadt 1993
- Dehoust et al. 1998 Dehoust, G. et al.: Systemvergleich unterschiedlicher Verfahren der Restabfallbehandlung der Stadt Münster, Öko-Institut Darmstadt, 1998
- Dehoust et al. 2003 Dehoust, G.; Hermann, A.; Rheinberger, U.: Liberalisierung in der Abfallwirtschaft – ökologische und ökonomische Auswirkungen einer Liberalisierung der Abfallwirtschaft am Beispiel der Restmüllentsorgung; in Zusammenarbeit mit BASF, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz; Darmstadt/Berlin, 2003
- Eberle et al. 1997 Eberle, U.; Grießhammer, R.; Lücking, G.: Stoffstrommanagement Gips als Beitrag zum nachhaltigen Ressourcenschutz in Niedersachsen; Freiburg, 1997; (Auftraggeber: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim)
- Eberle et al. 2000 Eberle, U.; Grießhammer, R.: Ökobilanz und Stoffstromanalyse Waschen und Waschmittel. Endbericht. Teilstudie 4 im UFO-Plan Vorhaben 296 64 145 „Ökobilanzierung zu Wasch- und Reinigungsmittelrohstoffen und deren Anwendung in der gewerblichen Wäscherei“; Freiburg, 2000; (Auftraggeber: Umweltbundesamt, Berlin)
- Eder et al. 2002 Eder, M.; Döberl, G., Huber, R., Brunner, P.: Bewertung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen anhand von Stoffflussanalysen, Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 1, 11. Jg., S. 32-41, März 2002
- EG 1992 Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1992): Für eine dauerhafte und umweltgerechte Entwicklung – Fünftes Umweltaktionsprogramm der EG., KOM (92) 23/II endg., Brüssel.
- EMAS 2001 Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS)
- Enquete 1993 Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“: - Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ des 12. Deutschen Bundestages: „Verantwortung für die Zukunft – Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen“ Zwischenbericht, Economica Verlag, Bonn 1993.
- Enquete 1994 Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.): Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen“. Economia-Verlag , Bonn 1994
- Enquete 1997 Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages: Konzept Nachhaltigkeit – Fundamente für die Gesellschaft von morgen, Zwischenbericht, Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.), Bonn 1997.

- EU-Kommission 2001a European Commission: European Sustainability Strategy „A sustainable Europe for a better word: a european union strategy for sustainable development.“ COM (2001) 264 final, 2001
- EU-Kommission 2001b European Commission: Green Paper on Integrated Product Policy COM (2001) 64 final, 2001
- EU-Kommission 2001c Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Weißbuch - Strategie für eine zukünftige Chemikalienpolitik KOM (2001) 88 endg. vom 27.02.2001
- EU-Kommission 2003a Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und -recycling. Brüssel 14.4.2003
- EU-Kommission 2003b Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Mitteilung an den Rat und das europäische Parlament: Integrierte Produktpolitik Auf den ökologischen Lebenszyklus-Ansatz aufzubauen; KOM (2003) 302 F vom 18.06.2003
- EUWID 2004 EUWID Europäischer Wirtschaftsdienst Recycling und Entsorgung: Diskussionen über die künftige Recyclingstrategie in der EU – Entsorgerverbände kritisch zu materialspezifischem Ansatz, Re Nr. 46 v. 09.11.2004
- Fatta Moll 2003 Fatta, D.; Moll, S.: Assessment of information related to waste and material flows – a catalogue of methods and tools, Technical Report 96, European Toic Center and European Environment Agency, 2003
- Faulstich Weber 2000 Faulstich, M.; Weber, G.: Von der Abfallwirtschaft zum Stoffstrom-Management, Umweltmagazin, S. 30-32, Juni 2000
- Friedrich 2000 Friedrich, H.: NRW legt für 13 Abfallarten thermische Behandlungswege fest: Belastbare Bilanzen, Entsorga-Magazin, Heft 5, Mai 2000
- Friedrich et al. 2003 Friedrich, H.; Both, G.; Hoffmeister, J.; Alwast, H.: Müllverbrennung und Mitverbrennung – Stoffflussmodelle ermöglichen Aussagen über die umweltpolitischen Auswirkungen der Abfallverbrennung auf Stoffströme, Müllmagazin 2/2003
- Friege 1998 Friege, H.; Engelhardt, C.; Henseling, K.O. (Hrsg.): Das Managment von Stoffströmen. Geteilte Verantwortung – Nutzen für alle. Berlin, Heidelberg, New York 1998.
- Friege Bilitewski 2003 Friege, H.; Bilitewski, B.: Abfallwirtschaft: Neue Sichtweisen und Techniken, UWSF-Z Umweltchem Ökotox 15 (4) 215-223, 2003
- Fritzsche et al. 2000 Fritzsche, U.; Hochfeld, C.; Jenseit, W.; Matthes, F. C.; Rausch, L.; Stahl, H.; Witt, J.: GEMIS 4.0 – Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme. Umwelt- und Kostenanalyse von Energie-, Transport- und Stoffsystemen, (Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit), Darmstadt/Berlin, 2000,
- Führ 2000 Führ, M. (Hrsg.): Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung, Rechtliche, ökonomische und politische Fragen. Umweltrechtliche Studien 26, Nomos Verlagsgesellschaft Baden-Baden, 2000
- Gebers et al 1993 Gebers, B., Führ, M., Wollny, V.: Ökologische Stoffwirtschaft – Grundanforderungen an eine Stoffflussregulierung, Öko-Institut, 1993
- Giegrich et al. 1999 Giegrich, J.; Fehrenbach, H.; Orlik, W.; Schwarz, M.: Ökologische Bilanzen in der Abfallwirtschaft, Studie vom Institut für Energie- und Umweltforschung im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 10/99, 1999
- Giegrich Vogt 2004 Giegrich, J; Vogt, R.: Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland; Untersuchung des IFEU-Instituts im Auftrag von BMU und UBA (UFO Plan Projekt FKZ 203 92 309);

- Giljum et al. 2004 Ergebnisse zum Teil Siedlungsabfälle in Schriftenreihe Umwelt des BMU, Nr. 10/2004
- Goedkoop 2000 Goedkoop, M.; Spijkersma, R.; The Eco-indicator99, PRe Product Ecology Consultants, 2. Edition, April 2000.
- Grießhammer Buchert 1996 Grießhammer, R.; Buchert, M.: Nachhaltige Entwicklung und Stoffstrommanagement am Beispiel Bau, Werkstattreihe Nr. 96, Öko-Institut e.V., 1996
- Grießhammer et al. 1994 Grießhammer, R.; Benzler, G.; Bunke, D.: Stoffstrommanagement und Instrumente - Monitoring des Studienprogramms der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“; Klemmer, P.; in Zusammenarbeit mit RWI, Essen; Freiburg/Essen, 1994; (Auftraggeber: Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages)
- Hagelüken et al. 2004 Hagelüken, C.; Buchert, M.; Stahl, H.: Stoffströme der Platingruppenmetalle – Systemanalyse und Maßnahmen für eine nachhaltige Optimierung der Stoffströme der Platingruppenmetalle“, Umicore AG & Co. KG in Kooperation mit Öko-Institut e.V. (Förderung durch BMBF), Hanau 2004.
- Hansen Lassen 2002 Hansen, E.; Lassen, C.: Experience with the Use of Substance Flow Analysis in Denmark, Journal of Industrial Ecology, Vol. 6, Issues 3-4, 2002
- Hauff 1987 Hauff, V. (Hrsg.) (1987): Unsere Gemeinsame Zukunft – Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Greven.
- Henseling 1998 Henseling, K.O.: Stoffstrommanagement: Organisation des integrierten Umweltschutzes, UmweltWirtschaftsForum, 6.Jg., H.2, Juni 1998, Springer Verlag.
- Heyde 1999 Heyde, M.; Kremer, M.: Recycling and Recovery of Plastics from Packagings in Domestic Waste. LCA-type Analysis of Different Strategies. LCA DocumentsVol. 5; Bayreuth 1999
- Hinterberger Stocker 2004 Hinterberger, F.; Stocker, A.: Arbeitsplätze schaffen durch Dematerialisierung: eine integrierte Strategie, SERI Background Paper Nr. 5, März 2004
- Hochfeld 1997 Hochfeld, C.: Bilanzierung der Umweltauswirkungen bei der Gewinnung von Platingruppen-Metallen für PKW-Abgaskatalysatoren, Öko-Institut e.V., Darmstadt 1997.
- ISIE 2002 International Society for Industrial Ecology: Gordon Conference on Industrial Ecology. June 9-14, 2002, New London.
- ISIE 2003 International Society for Industrial Ecology: Industrial Ecology for a Sustainable Future. Abstracts form the second ISIE conference, 29 June - 2 July 2003, University of Michigan
- Jänicke 2003 Jänicke, M: Arbeit verteuerzt sich selber – Ressourcen tun das nicht; Interview auf dem Portal der Aachener Stiftung Kathy Beys unter www.dematerialisierung.de
- Jenseit et al. 2003 Jenseit, W.; Stahl, H.; Wollny, V.; Wittlinger, R.: Recovery Options for Plastic Parts from End-of-Life Vehicles: An Eco-Efficiency Assessment. Final Report, in Zusammenarbeit mit der BASF, im Auftrag der Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME); Darmstadt, 2003
- Köppel et al. 1998 Köppel, A.; Pichl, C.; Fresner, J.; Schnitzer, H.; Sebesta, B.; Wolf, P.; Hinterberger, F.; Hartard, S.; Schütz, H.: Zukunftsstrategien für eine

	integrierte österreichische Abfall- und Stoffstromwirtschaft, Studie des Österreichischen Instituts für Nachhaltige Entwicklung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Wien, 1998
LUA 2001	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen: Merkblatt Anforderungen an die Co-Fermentation von biogenen Abfällen in Faulbehältern von Kläranlagen, 2001
Meadows 1972	Meadows, D.L.: The limits to growth, Universe Books, New York, 1972.
Moll et al. 2003	Moll, S.; Bringezu, S.; Schütz, H.: Resource use in European countries, An estimate of material and waste streams in the community including imports and exports using the instrument of material flow analysis, European Topic Centre on Waste and Material Flows, 2003
MUNLV 2000	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Arbeitshilfe Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen, Düsseldorf, Oktober 2000
Ökoforum 1996	Ökoforum (Hrsg.): Stoffflüsse ausgewählter umweltrelevanter chemischer Stoffe: Beispiel für ein Produktliniencontrolling, Umweltbundesamt, Texte 80/96, Berlin 1996.
Öko-Institut 2002	Gensch, C.-O. et al.: EcoGrade – die integrierte ökologische Bewertung, UmweltWirtschaftsForum, 10 Jg., H. 4, Springer Verlag Dez. 2002.
ÖWAV 2003	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV): Regelblatt 514, Die Anwendung der Stoffflussanalyse in der Abfallwirtschaft, Wien 2003
Palm Jonsson 2003	Palm, V.; Jonsson, K.: Materials Flow Accounting in Sweden: Material Use for National Consumption and for Export, Journal of Industrial Ecology, Vol. 7, Issue 1, 2003
Plinke et al. 2000	Plinke, E.; Schonert, M.; Meckel, H.; Detzel, A., Giegrich, J.; Fehrenbach, H.; Ostermayer, A.; Schorb, A.; Heinisch, J.; Luxenhofer, K.; Schmitz, S.: Ökobilanz für Getränkeverpackungen II, im Auftrag des Umweltbundesamts, UBA-Texte 37/2000
Prognos 2003	Prognos AG: Leitfaden Energetische Verwertung von Abfällen in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen, Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2003
Rechberger Brunner 2002	Rechberger, H.; Brunner, P: A new entropy based method to support waste and resource management decisions. Environ. Sci Technol. 36, 809-816, 2002
Rehbinder 1994	Rehbinder, E.: Gutachten zur Konzeption eines in sich geschlossenen Stoffstromrechts, erstellt im Auftrag der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des 12. Deutschen Bundestages, 1994
RL 2000/53/EG	Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge
RL 2003/87/EG	Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates; Amtsblatt L 275 vom 25.06.2003

- RoHS 2003 EG-Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RoHS); in Kraft getreten am 13.Februar 2003
- Saling et al. 2002 Saling, P. (BASF); Landsiedel, R.: Assessment of toxicological risks for LCA life cycle assessment and eco-efficiency analysis; International Journal of LCA Online First, 2002 7 (5) (2002) 261-268
- Schmidt-Bleek 1994 Schmidt-Bleek, F.: Wieviel Umwelt braucht der Mensch ? – mips Das Maß für ökologisches Wirtschaften, Birkhäuser Verlag GmbH, Berlin 1994.
- Schmitz 1999 Schmitz, S.; Paulini, I.: Bewertung in Ökobilanzen. Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043, Version'99, Reihe UBA-Texte, Band 92, Berlin 1999.
- Schramm Engelbert 1999 Schramm, Engelbert 1999: Tausche Kreislauf- gegen Stoffwechselstörung. Über Leitbilder und Ideologien im Stoffstrom-Management, in: Stoffwechsel, Band 17, Heft 62, 40-42.
- Schütz et al. 2003 Schütz, H.; Moll, S.; Bringezu, S.: Globalisierung und die –verlagerung von Umweltbelastungen. Die Stoffströme des Handels und der Europäischen Union. Wuppertal Papers No. 134, Dezember 2003
- Spangenberg Verheyen 1996 Spangenberg, J.; Verheyen, R.: Von der Abfallwirtschaft zum Stoffstrom-Management. Gutachten im Auftrag der Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn, 1996
- SRU 2004 Der Rat von Sachverständigen für Umwelt: Umweltgutachten 2004 – Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern, Bundestagsdrucksache 15/3600, 2004
- StaBu 2004 Statistisches Bundesamt: Umweltnutzung und Wirtschaft – Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen 2004, Wiesbaden 2004.
- Stewen 1999 Stewen, M.: Stoffströme, Stoffstrompolitik und der Faktor X – Ansatzpunkte und Stand der politischen Umsetzung, Beitrag Nr. 66, Beiträge zur Wirtschaftsforschung, Universität Mainz, Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, 1999
- Stewen 2000 Stewen, M.: Inputorientierte Umweltpolitik – von der Idee zur Umsetzung, Wiener Arbeitspapier, 2000
- Strubel 1999 Strubel, V. et al.: Beiträge zur Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft am Beispiel des komplexen Massenkonsumproduktes TV-Gerät, Teilvorhaben 1: Ökologische und ökonomische Begleitforschung, „Grüner Fernseher“, Endbericht, Öko-Institut e.V. Freiburg, Darmstadt 1999.
- Tiedemann et al. 2000 Tiedemann et al: Ökobilanzen für graphische Papiere, Vergleich von Verwertungs- und Beseitigungsverfahren für graphische Altpapiere sowie Produktvergleiche für Zeitungsdruck-, Zeitschriften- und Kopierpapiere unter Umweltgesichtspunkten, UBA-Texte 22/00, Umweltbundesamt 2000
- UBA 2002 Umweltbundesamt (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland – Die Zukunft dauerhaft umweltgerecht gestalten, Erich Schmidt Verlag, Berlin 2002.
- VerpackV 2004 Dritte Verordnung zur Änderung der Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen, Entwurf verabschiedet vom Bundeskabinett am 03.11.2004
- Vogt et al. 2002 Vogt, R.; Knappe, F.; Giegrich, J.; Detzel, A.: Ökobilanz Bioabfallverwertung; Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit von

	Systemen zur Verwertung von biologisch-organischen Abfällen; Forschungsvorhaben gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2002
Wallbaum 2004	Wallbaum, H.: Vortrag im Forum IV: Abfallwirtschaft in der Verantwortung: Von der Entsorgung zur Verwertung? Umweltkonferenz „Neue Infrastrukturen für die Umwelt“, 28.2.2004
WEEE 2003	EU-Richtlinie 2002/96/EG über die Entsorgung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten (WEEE-Richtlinie), in Kraft getreten am 13.2.2003
Wollny et al. 2001	Wollny, V. et al.: Stoffstromanalyse DSD, im Auftrag der DSD AG, Öko-Institut Darmstadt, März 2001
Zeschmar-Lahl 2003	Zeschmar-Lahl, B.: Schwermetallentfrachtung am Limit. Stoffflussanalyse zeigt Grenzen der mechanischen Restabfallaufbereitung im Hinblick auf die selektive Abtrennung und Konzentrierung von Schwermetallen und Chlor, Müllmagazin Nr. 4/2003
Zeschmar-Lahl 2004	Zeschmar-Lahl, B.: Stoffflussanalyse als Instrument zur Optimierung der Abfallbehandlung; in: Kossina, I (Hrsg.): Abfallwirtschaft für Wien, TK Verlag Thomé-Kozmiensky, 2004

Literatur zum Stoffstromrecht

1. Birn, Helmut
„Rechtliche Instrumente zur Steuerung der Abfall- und Reststoffströme“
NVwZ 1992, 419 ff.
2. Brandt, Edmund/ Röckeisen, Susana
„Konzeption für ein Stoffstromrecht“
UBA-Forschungsbericht, Projekt-Nr. 07/2000, UBA FB Nr. 000057

dazu:

 - a. Smeddinck, Ulrich
“Konzeption für ein Stoffstromrecht – Bericht über das Fachgespräch im UBA“
UPR 2000, 27-28
 - b. Rehbinder, Eckard
Buchbesprechung zum veröffentlichten Forschungsbericht
DVBI. 2001, S. 1580-1581
 - c. Jörissen, Juliane
Rezension zum veröffentlichten Forschungsbericht **Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis 2002, S.64-72**
3. Brandt, Edmund
„Stoffstromrecht: Ausgangslage und Entwicklungslinien“
BTU Cottbus, Fakultät Verfahrenstechnik und Umweltwissenschaften, 1996 (5/96)
- darin:

Schoeneck, Stefan
„Entwicklungslinien in der Diskussion zum Stoffstromrecht“
(S.13 ff.)
4. Brandt, Edmund/Steiner, Sascha

„Konzeption eines nationalen Stoffstromrechts“

in: **Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung – rechtliche, ökonomische und politische Fragen, Martin Führ (Hg.), Baden-Baden, 2000, S. 277**

5. Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ des 12. Deutschen Bundestages

u. a.:

Studienprogramm Umweltverträgliches Stoffstrommanagement (Band 1 – 5)

Bonn, Economica-Verlag, 1995

darin:

a. Rehbinder, Eckard

„Konzeption eines in sich geschlossenen Stoffrechts“

Band 2 (Instrumente)

b. Lübbe-Wolff, Gertrude

„Modernisierung des umweltbezogenen Ordnungsrechts“

Band 2 (Instrumente)

6. Friege, Henning

„Auf dem Weg zum Stoffstromrecht“

ZUR 1995, S.241 – 248

7. Führ, Martin (Hg.)

„Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung – rechtliche, ökonomische und politische Fragen“

Nomos, Baden-Baden, 2000

8. Führ, Martin

„Stoffbezogenes Umweltrecht: Vom Gefahrstoffrecht zum produktorientierten Stoffstrommanagement“

in: **Umweltrecht im Wandel, 2001, S. 685-699**

9. Führ, Martin

„Ökologische Stoffwirtschaft – Vom Gefahrstoffrecht zum Stoffstrommanagement“

Kritische Justiz 1997, 159-178

10. Godt, Christine

„EG-rechtlicher Rahmen der Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung“

in: **Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung – rechtliche, ökonomische und politische Fragen, Martin Führ (Hg.), Baden-Baden, 2000, S. 41**

11. Groth, Klaus-Martin/ Knappmann-Korn, Cornelius

„Abfallrecht und Stoffflussrecht – Neue Systemkomponenten zur langfristigen Verbesserung des Abfallrechts (TA-Projekt Abfallvermeidung und Hausmüllentsorgung –Vermeidung und Verminderung von Haushaltabfällen)“

Berlin, 1993

12. Klöck, Oliver

„Abfall ohne Ende – Bericht über die 9. Kölner Abfalltage“

UPR 2001, 100-102

13. Krämer, Ludwig
„Perspektiven eines EG-Stoffstromrechts: Vom Gefahrstoff- und Abfallrecht zu einer umweltorientierten Produktregelung auf Gemeinschaftsebene“
in: **Stoffstromsteuerung durch Produktregulierung – rechtliche, ökonomische und politische Fragen**, Martin Führ (Hg.), Baden-Baden, 2000, S. 225
14. Krieger, Stephan
„Wozu wird das Abfallrecht gebraucht?“
UPR 1995, 408-412
15. Kunig, Philip
„Von der Wegwerfgesellschaft zur Kreislaufwirtschaft: Überlegungen zum Stoffstromrecht“
in: **Jahrbuch des Umwelt- und Technikrechts 1994, Band 27**
Peter Marburger (Redaktion), Heidelberg 1994, S. 277ff.
16. Rehbinder, Eckard
„Entwicklung des Stoffrechts“
in: **Das Management von Stoffströmen**
Friege/Engelhard/Henseling (Hg.)
Berlin, Heidelberg, 1998
17. Rehbinder, Eckard
„Flexible Instrumente des Abfallrechts“
in: **Kreislaufwirtschafts- und Abfallrecht, Neue Entwicklungen in der BRD und der EG, 2. Osnabrücker Gespräche zum deutschen und europäischen Umweltrecht, Schriften zum deutschen und europäischen Umweltrecht, Band 4**
Hans-Werner Rengeling (Hg.), Köln u.a., 1994
18. Rossnagel, Alexander
„Ansätze zu einer rechtlichen Steuerung des technischen Wandels“
in: **Jahrbuch des Umwelt- und Technikrechts 1994, Band 27**
Peter Marburger (Redaktion), Heidelberg 1994, S. 425ff.
19. Schenkel, Werner/Reiche, Jochen
„Stoffpolitik und Umweltrecht – Zur Diskussion über die 5.Novelle des Abfallgesetzes“
Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 1993, S. 184-196
20. Smeddinck, Ulrich
„Das Produktekapitel im UGB-Kommissionsentwurf“
UPR, 1998, S. 436-439
21. Steiner, Sascha
„Rechtstatsachenforschung für die Stoffstromregulierung“
in: **Umweltrecht und Umweltpolitik**,
Kotulla/Ristau/Smeddinck (Hg.), Heidelberg 1998, S. 237ff.
22. Umweltbundesamt (Hg.): UBA-Texte 18/95
„Kolloquium zur Konzeption des Stoffflussrechts, Bedeutung – Sachstand – Perspektiven für eine rechtliche Steuerung von Stoffströmen“
Berlin, 1995

darin:

- a. Reiche, Jochen
„Wissenschaftlicher Stand des Stoffflusskonzeptes“, S. 2ff.
 - b. Henseling, Karl-Otto/Reiche, Jochen
„Forschungsbedarf zur Fundierung eines Stoffflussrechts aus methodisch-wissenschaftlicher Sicht“, S. 13ff.
 - c. Brach, Monika
„Das neue KrW-/AbfG – Verzahnung zum Stoffstromrecht“, S. 18ff.
 - d. Lindemann, Hans-Heinrich/Ballschmidt, Annette
„Konzeption eines Stofffluss-/Abfallrechts im UGB-BT sowie Rehbinder-Gutachten“, S. 27
 - e. Marticke, Hans-Ulrich
„Zur Stoffstromsteuerung im Umweltgesetzbuch“, S. 34ff.
 - f. Fritz, Karin
„Einheitliches Stoffgesetz – Vorstellung eines Konzeptes zur Vereinheitlichung von Stoff- und Abfallrecht von Prof. Dr. K.-M. Groth“, S. 56ff.
 - g. Henke, Jörg
„Anforderungen an ein Stoffflussrecht aus der Sicht des Gewässerschutzes“, S. 66ff.
 - h. Reblin, Nicole
„Anforderungen an ein Stoffflussrecht aus der Sicht des Immissionsschutzes“, S. 73ff.
 - i. Bachmann, Günther
„Anforderungen an ein Stoffflussrecht aus der Sicht des Bodenschutzes“, S. 82ff.
 - j. Steegmann, Juliane
„Anforderungen an ein Stoffflussrecht aus der Sicht des Schutzes vor gefährlichen Stoffen“, S. 92ff.
 - k. Sundermann-Rosenow, Andrea
„Anforderungen an ein Stoffflussrecht aus der Sicht der Abfall- und Recyclingwirtschaft“, S. 104ff.
 - l. Fritz, Karin
„Diskussionsverlauf/Zusammenfassung/Ausblick des Kolloquiums Stoffflussrecht“, S. 109ff.
23. Weidemann, Clemens
„Neuorientierung der Kreislaufwirtschaft? – Rechtliche Grenzen“
AbfallPrax 1999, 7-9

24. Zeitschrift:

Zeitschrift für Stoffrecht
- seit Januar 2004
- Verlag: Berlin Lexxion
- ISSN: 1613 - 3919
- ZDB-ID: 2141532-8 (ZDB: Zeitschriftdatenbank)

7. Anhang: Literatur- und Datenrecherche: Vorgehensweise und ausgewertete Quellen

Recherche zum Stoffstrommanagement in der Abfallwirtschaft und zum allgemeinen Stoffstrommanagement

Die durchgeführte Recherche umfasst Literaturdatenbanken (Bücher, Artikel und Aufsätze), das Internet sowie Hintergrundinformationen von zahlreichen Projektarbeiten des Öko-Instituts auf diesem Themengebiet.

Folgende Datenbanken wurden abgefragt:

- Subito – Dokumentlieferdienst internationaler Bibliotheken
- TIB Hannover (Technische Informationsbibliothek Hannover)
- FIZ Karlsruhe (Fachinformationszentrum Karlsruhe)
- Ulidat, Umweltbundesamt Berlin
- Web of Science
- NEBIS (Netzwerk von Bibliotheken und Informationsstellen in der Schweiz)
- Datenbank des Bereichs Infrastruktur und Unternehmen des Öko-Instituts
- EUWID (Europäischer Wirtschaftsdienst Recycling und Entsorgung)

Gesucht wurde nach den Stichworten „Stoffstrom...“ und „Stofffluss...“ sowie zur weiteren Eingrenzung der zahlreichen Suchergebnisse als zusätzlichen Suchbegriff „Abfall...“. In der englischsprachigen Literatur waren die Suchbegriffe „material flow ...“, „substance flow...“ Die meisten Treffer erzielte die Datenbank Ulidat mit 1500 Treffern für deutschsprachige Literatur und 500 Treffern für englischsprachige Literatur. Von diesen Treffern wurden anhand von Titeln und Kurzbeschreibungen rund 100 Titel ausgewählt und ausgewertet.

Im Internet wurde zudem mit den Suchmaschinen google.de und vascoda.de nach aktuellen Beiträge zum Thema Stoffstrom recherchiert.

Gezielt aufgesucht wurden die Seiten folgender Institutionen:

- <http://www.conaccount.net/> (ConAccount-Netzwerk)
- <http://www.nachhaltig.org/> (BMBF Förderschwerpunkt Nachhaltige Wirtschaft – Regionale Ansätze)
- http://www.iwa.tuwien.ac.at/AWS_2264.htm/AWS_home.htm (TU Wien, Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft)
- <http://www.kluweronline.com> (Zeitschriftenartikel des Kluwer-Verlags)
- <http://www.is4ie.org/> (Internation Society for Industrial Ecology, Journal of Industrial Ecology)
- <http://www.ecomode.de> (Zeitschriften der ecomed-Verlagsgruppe)

- <http://www.seri.at/> (Sustainable Europe Research Institute)
- <http://www.iisd.org> (International Institute for Sustainable Development, Canada)
- <http://www.wupperinst.org> (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie)
- <http://waste.eionet.eu.int/> (European Topic Centre on Waste and Material Flows; Topic Centre of European Environment Agency)
- <http://www.gemi.org> (Global Environmental Management Initiative)

Recherche zum Stoffstromrecht

Die Recherche zu rechtlicher Literatur erfolgte über die nachstehend genannten Medien:

- Bibliothek des Umweltbundesamtes

Das Umweltbundesamt hat sich frühzeitig mit der Betrachtung des Stoffstromprinzips und der möglichen Konzeption eines Stoffstromrechtes befasst. Um die Perspektiven auszuloten, wurde die wissenschaftliche Diskussion zu diesem Thema angestoßen. Zu verweisen sei hier auf das „Kolloquium zur Konzeption eines Stoffflussrechts“ (UBA-Text) sowie das Gutachten von Prof. Brandt / Ass. iur. Röckseisen (UBA-Forschungsbericht). Die UBA-Texte und der UBA-Forschungsbericht können auf der Homepage des UBA recherchiert und bestellt werden.

- Bibliographie des Forschungsberichtes Prof. Brandt / Ass. iur. Röckseisen „Konzeption für ein Stoffstromrecht“

Die Bibliographie des Brandt-Gutachtens enthält weitere Fundstellen relevanter Literatur zum Stoffstromrecht (Stand:1998). Diese Literatur wurde ausgewertet und in das vorliegende Literaturverzeichnis aufgenommen.

- Datenbankrecherche im Bibliotheksverbundsystem

Im Hessischen Bibliotheks-Informations-System (<http://cbsprod.rz.uni-frankfurt.de>) wurde mit den Suchbegriffen „Stoffstromrecht“ bzw. „Stoffrecht“ gesucht.

- Juris-Datenbankrecherche

Die Juris-Datenbanken wurden vor allem im Hinblick auf juristische Sekundärliteratur (insbesondere Aufsätze) genutzt. Der Schwerpunkt lag auf der Rubrik „Juris-Aufsätze“. Die Recherche erfolgte wahlweise unter den Suchkriterien „Text“ und „Titel“. Die Suchbegriffe waren „Stoffstromrecht“, „Stoffrecht“, „Stoffstrom“, „Stoffströme“, „Stoffstrommanagement“, „Stofffluss“, „Stoffflüsse“ und „Stoffflussmanagement“. Die

Suche ergab 8 Treffer. Unter der Rubrik „Juris-Bücher“ wurde ebenfalls recherchiert. Diese Suche führte zu keinem weiteren Ergebnis.

- Weitere Bibliographien

Die einzelnen Bibliographien der gefundenen Literatur wurden ausgewertet und relevante Fundstellen in das vorliegende Literaturverzeichnis aufgenommen.

- Tagungen und wissenschaftliche Kolloquien

Zusätzlich wurde auf den Homepages von renommierten Tagungen im Umweltrechtsbereich recherchiert, u.a. Kölner Abfalltage, Gesellschaft für Umweltrecht, Trierer Kolloquium zum Umwelt- und Technikrecht. Da das Stoffstromrecht jedoch allenfalls ein Randthema auf den Fachtagungen war, konnten keine weiteren Suchergebnisse erzielt werden.

- Literaturrecherche auf der Ebene des europäischen Rechts

Die EU verfolgt seit der Einführung des entsprechenden Grünbuchs die Strategie einer „Integrierten Produktpolitik“ (Informationen unter: www.europa.eu.int/comm/environment/forum/ipp_de.pdf). Um den Stand des Stoffflussrechts auf europäischer Ebene nachzuvollziehen, wurden die Homepages von EU-Einrichtungen, Umweltinformationsdiensten sowie Universitäten kontaktiert (u.a. Kommission - GD Umwelt, Umweltagentur, Universitäten Aberdeen und Salford). Relevante Literatur konnte nicht gefunden werden. Soweit möglich, wurden E-mail-Anfragen an Mitarbeiter der Einrichtungen gerichtet. Die Rückmeldungen brachten keine weiteren Hinweise. Allerdings wurden in das Literaturverzeichnis wurden zwei Aufsätze aufgenommen, die die Perspektiven eines europäischen Stoffflussrechts beschreiben (siehe Godt, Christine und Krämer, Ludwig).

- Zeitschriften

Die Zeitschriftenrecherche erfolgte über die Zeitschriftendatenbank der Staatsbibliothek zu Berlin (www.zdb-opac.de).