

Ökobilanzen und Kostenrechnung von Produkten

Andreas Möller¹, Mario Schmidt², Arno Rolf¹

Abstract

A methodical approach to material flow analysis for companies and to cost accounting based on it is presented. A description of the common basis as well as of the parallelism in terminology and in the proceeding is given. A parallel consideration or even an integration of economic and environmental aspects of management systems in companies becomes possible.

1. Einleitung

Das Umweltmanagement in Unternehmen, wie es z. B. mit dem Öko-Audit forciert wird, hat die kontinuierliche Verbesserung der betrieblichen Umweltschutzleistungen zum Ziel. Dazu gehören im wesentlichen die Verringerung der Umweltbelastungen und die Optimierung des Ressourceneinsatzes. Letzteres ist für die Unternehmen auch unter ökonomischen Gesichtspunkten von besonderer Bedeutung, können damit doch erhebliche Kosten eingespart werden. Dieser Aspekt schiebt sich bei den Gründen für die Beteiligung am Öko-Audit immer mehr in den Vordergrund. Dies ist u.a. das Ergebnis einer größeren Evaluierung der bundesdeutschen Öko-Audit-Praxis für das Bundesumweltministerium (Steger, Schmidt et al. 1998).

In der Vergangenheit ist bereits mehrfach auf die ökonomische Bedeutung von betrieblichen Umweltschutzmaßnahmen hingewiesen worden (Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt 1996, Fischer et al. 1997, Haasis 1992). Schwierig gestaltet sich dabei der häufig verwendete Begriff der Umweltkosten im einzelbetrieblichen Bereich (Fichter et al. 1997). Bisweilen werden mit den Umweltkosten neue Bezugsobjekte verknüpft, beispielsweise Reststoffe oder Umweltmaßnahmen. Wir sehen im Begriff der Umweltkosten eher den Hinweis auf gemeinsame Grundtatbestände und -begriffe, verbinden damit aber auch eine Analogie zwischen Ökobilanzierung und Kostenrechnung.

Sie finden in dieser Abhandlung eine Beschreibung der gemeinsamen Grundlagen, Hinweise auf Parallelen bei Begriffen und Vorgehensweisen, vor allem aber eine methodische Herangehensweise für betriebliche Stoffstromanalysen und einer darauf aufbauenden Kostenrechnung, die damit eine parallele Betrachtung oder

¹ Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, Vogt-Kölln-Str. 30, D-22527 Hamburg

² ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Wilckensstr. 3, D-69120 Heidelberg

sogar eine Integration von Kosten- und Umweltgesichtspunkten in betrieblichen Managementsystemen ermöglicht.

2. Betriebliches Rechnungswesen & betriebliche Stoffstromanalysen

Die Suche nach den gemeinsamen Grundlagen nimmt ihren Ausgang bei der Frage, wie denn die klassische Kostenrechnung in das betriebliche Rechnungswesen eingebunden ist und welche Vorleistungen andere Rechenkreise des Rechnungswesens für die Kostenrechnung übernehmen. Danach ist zu klären, wie diese Vorleistungen zu erbringen sind, wenn die Kostenrechnung auf Stoffstromanalysen beruhen soll.

Eine Schlüsselrolle spielt hier die doppelte Buchführung. Die doppelte Buchführung erfaßt nicht allein die Finanzströme einer Periode, was sie zum Pendant der betrieblichen Umweltbilanz machen würde, die große Leistung der doppelten Buchführung für die Kostenrechnung besteht darin, daß sie ausgehend von den Finanzströmen Beziehungen zwischen der betrieblichen Leistung in einer Periode und dem dafür notwendigen finanziellen Aufwand herstellt. Verschiedene Instrumente wie z.B. Forderungs- und Rückstellungskonten dienen dazu, periodenübergreifende Phänomene in den Griff zu bekommen und periodengerecht zuzuordnen. Die Kostenrechnung muß hieran nur noch Korrekturen vornehmen, die aus den unterschiedlichen Anforderungen und Ausrichtungen resultieren.

Eine Kostenrechnung, die von den Stoff- und Energieströmen ausgeht, benötigt eine entsprechende Vorarbeit. Wir bezeichnen diese Vorarbeit als betriebliche Stoffstromanalyse.

Dabei soll der Begriff der betrieblichen Stoffstromanalyse zwei aufeinander abgestimmte Schritte umfassen, zum einen ein Verfahren zur periodenbezogenen Bestimmung aller Stoff- und Energieströme, die ein System – z.B. einen Betrieb oder ein Wertschöpfungssystem – durchströmen, mit dem Resultat betrieblicher Umweltbilanzen, und zum zweiten eine darauf aufbauende Produktökobilanzierung, die ihren Ausgangspunkt bei den Leistungen des Systems hat und versucht, den mengenmäßigen Aufwand zur Erbringung der Leistungen zu bestimmen, mit dem Resultat von Produktökobilanzen.

3. Periodenbezogene Stoffstromanalyse

Ziel des ersten Schrittes der betrieblichen Stoffstromanalyse ist es, die Stoff- und Energieströme eines vernetzten Systems periodenweise aggregiert abzubilden. Als Methode kommen beispielsweise die Stoffstromnetze in Betracht – ein auf dem Netzansatz von Petri beruhendes Verfahren (Baumgarten 1990, Möller 1994), das mit Hilfe von Vergrößerungen und Verfeinerungen auch eine hierarchische Strukturierung ermöglicht.

Die Stoffstromnetze erlauben es, zeitliche Transformationen mit Hilfe von Stellen und stoffliche Transformationen mit Hilfe von Transitionen abzubilden. Ein vernetztes System entsteht durch Angabe der Pfade für Stoff- und Energieströme zwischen

Stellen und Transitionen. Mit den Stellen verknüpft sich die Vorstellung eines idealisierten Lagers und mit den Transitionen die eines Umwandlungsprozesses .

Bei periodenbezogenen Methoden wie den Stoffstromnetzen geht es dann darum, für eine bestimmte Periode die zwischen den Netzobjekten ausgetauschten Stoff- und Energieströme zu bestimmen. Die Vorstellung ähnelt damit der der Produktionstheorie, für Produktionen die Objektdurchsätze während einer Produktionsperiode zu bestimmen (Fandel 1996, 28). Die Buchungstechnik besteht darin, an den Stellen Anfangsbestände der Periode zu erfassen und an den Verbindungen die Stoff- und Energieströme einzutragen.

Die so definierten Stoffstromnetze liefern für eine bestimmte Betrachtungsperiode und bei gegebenen Anfangsbeständen Aussagen darüber, welche Stoff- und Energieströme in einem System wo fließen und welche Endbestände daraus resultieren. Diese Daten bilden den Grundstock der betrieblichen Stoffstromanalyse, wobei den Stoff- und Energieströmen an den Verbindungen besondere Bedeutung zukommt.

Für eine Art Stoffstrombuchhaltung reicht die bislang beschriebene Konstruktion der Stoffstromnetze aus. In der Praxis zeigt sich jedoch, daß Daten für zahlreiche Objekte zu erheben und die Daten zudem schwer zu beschaffen sind.

Man denke an die Emissionen eines Verbrennungsvorgangs. Sowohl die Anzahl der sinnvollerweise zu erfassenden Verbrennungsprodukte als auch die Zusammensetzung führen dazu, daß Modellrechnungen durchgeführt werden, um die Daten zu erhalten. Beispiel Transport: Der TÜV hat für das Umweltbundesamt Studien durchgeführt, deren Ergebnisse es erlauben, vom Kraftstoffverbrauch auf die Emissionen zu schließen (Hassel et al. 1995).

Wenn die Stoffstrombuchhaltung computergestützt erfolgt, gibt es gute Gründe, solche Modellrechnungen vom Computersystem durchführen zu lassen. Man spricht von Transitionsspezifikationen, wenn für die Transitionen Daten und Algorithmen vorgehalten werden, die solche Modellrechnungen erlauben.

Das Grundprinzip des wichtigsten Spezifikationstyps besteht darin, ausgehend von wenigen bekannten Daten wird mit Hilfe einer Spezifikation eine Vielzahl weiterer auszurechnen. Dazu wird angegeben, wie sich die Transitionsspezifikation als Submodell in das Stoffstromnetz einfügt.

Die Modellrechnung wird mit Hilfe eines Algorithmus' durchgeführt; dieser kann im einfachsten Fall aus einem Satz von Zuweisungen bestehen, in denen die Variablen der Schnittstelle als Ergebnisse und Parameter auftreten können.

Aufgrund der periodenbezogenen Betrachtung ist eine Beschränkung auf linear-limitationale Produktionsmodelle mit festen Produktionskoeffizienten bzw. Verhältniszahlen nicht notwendig. Das eröffnet die Möglichkeit, die realistischeren nicht-linear-limitationale und substitutionale Modelle zu nutzen (Busse von Colbe, Laßmann 1991, 102, Fandel 1996, 51) und Möglichkeiten der Faktorsubstitution zu berücksichtigen.

Die bei den Transitionsspezifikationen zutage tretende Art der Computerunterstützung hat maßgeblichen Einfluß auf die Modellierungsprozeß. Es sind nicht mehr vorab alle Informationen zusammenzustellen, der Berechnungsprozeß anzustoßen und das fertig berechnete Modell in Form von Ökobilanzen auszuwerten. Eher entsteht ein zyklischer Prozeß des Spezifizierens und Berechnens. Das Computerpro-

gramm stellt alle verfügbaren Daten, also manuell eingetragene Stoffströme, Transitionsspezifikationen etc. zusammen, wertet diese aus, berechnet weitere Stoff- und Energieströme und prüft alles auf Konsistenz. Eine vollständige Spezifikation ist für das Anstoßen des Berechnungsprozesses daher nicht notwendig. Die Stoffstromnetze haben somit den Charakter eines Modellierungsrahmens, in dem die wesentlichen Schritte der Modellierung, oft in mehreren Durchläufen durchgeführt werden und verschiedene Arten der Computerunterstützung denkbar sind. Die hier beschriebene Art der Transitionsspezifikation ist eine Möglichkeit, Submodelle quasi in den Rahmen einzuhängen, weitere sind denkbar.

Der zyklische Modellierungsprozeß kann beendet werden, wenn auf diese Weise alle Daten bestimmt sind. Als Zwischenergebnis kann das Stoffstrommodell in Form betrieblicher Umweltbilanzen ausgewertet werden, was neben den Input/Output-Bilanzen auch die Berücksichtigung der Bestände und deren Veränderung einschließt (Möller, Rolf 1995, 50).

4. Produktökobilanzierung

Mit der periodenbezogenen Stoffstromanalyse liegen zwar die wesentlichen Basisdaten einer auf betrieblichen Stoffstromanalysen aufbauenden Kostenrechnung vor, sie allein reichen aber nicht aus. Als weiterer Schritt ist noch eine Brücke zu schlagen zwischen den unterschiedlichen Welten der periodenbezogenen Stoffstromanalysen und der Kostenrechnung. Diese Brücke wird die Produktökobilanzierung sein – warum, sollen die folgenden Überlegungen verdeutlichen.

Ein Blick auf typische betriebliche Umweltbilanzen zeigt, daß neben den Produkten auf der Outputseite noch weitere Materialien aufgeführt sind. Dabei ist keine Aussage dazu gemacht, ob man diese Stoffe als Output der Produktion wünscht oder nicht. Das klingt ein wenig akademisch, aber ein Computerprogramm, das betriebliche Umweltbilanzen berechnet, behandelt die Bilanzpositionen völlig gleichwertig. Für das Programm sind Input und Output zwei Listen, bestehend aus Zeichenketten für den Namen, Zahlen für die Menge und nochmals Zeichenketten für die Einheit.

Immerhin ist es sehr bemerkenswert, daß die verschiedenen Positionen der Bilanz in einem mehr oder weniger starren Verhältnis zueinander stehen. Nur in Ausnahmefällen gibt es Produktionen, bei denen allein Produkte produziert werden. Nahezu immer ist in Kauf zu nehmen, daß weitere Bilanzpositionen hinzukommen. Dyckhoff bezeichnet eine solche Situation als Kuppelproduktion im weiteren Sinne, und die Umweltproblematik läßt sich theoretisch darauf zurückführen, daß solche Kuppelproduktionen unvermeidlich sind (Dyckhoff 1994, 13).

Mit dem Gedanken, daß man etwas produzieren will und anderes dafür in Kauf nehmen muß, hat sich nun aber bereits eine gewisse Wertschätzung eingeschlichen, die so aus der betrieblichen Umweltbilanz nicht ableitbar ist.

Oft reicht also die alleinige Auswertung betrieblicher Umweltbilanzen nicht aus, oft sollen Daten gewonnen werden, die den Wertschätzungen Rechnung tragen, die also Produkt- oder Dienstleistungsbezug haben. Der Wirtschaftswissenschaftler spricht von Daten mit Sachzielbezug (Freidank 1994, 7).

Auf den ersten Blick mag der Begriff Sachzielbezug unscheinbar klingen. Für den betrieblichen Umweltschutz – wie ganz allgemein für betriebliche Entscheidungsprozesse – ist der Sachzielbezogenheit jedoch eine wichtige Voraussetzung der Nutzung von Daten. Der Sachzielbezug ist fundamental, denn erst dadurch stehen Daten in Relation zu Problemstellungen und Zielen. Greift man den Gedanken wieder auf, daß man etwas produziert will und anderes dafür in Kauf zu nehmen hat und will man bestimmen, welche Stoffströme damit verbunden sind, das Produkt herzustellen, will man also ein Produktökobilanz erstellen, dann kann dies in weiten Teilen als das Herstellen des Sachzielbezugs charakterisiert werden. Er ist die Brücke zwischen der periodenbezogenen Stoffstromanalyse und der Kostenrechnung.

4.1. Mengenmäßiger Aufwand und Ertrag

Um die Daten einer periodenbezogenen Stoffstromanalyse in Richtung Produktökobilanzen auszuwerten, bedarf es der Festlegung der Leistungen des Systems; der Kostenrechner spricht von den Kostenträgern als Bezugsobjekte, der Produktökobilanzierer von funktionellen Einheiten und damit von Referenzflüssen (SETAC 1993, 13). Ein Rechensystem kann diese daran erkennen, daß Güter ein (Produktions-) System verlassen oder – im Falle des Recyclings – Unerwünschtes, also Übel vom System aufgenommen werden. Dies erfordert die generelle Festlegung aller Materialien nach Gut, Übel oder Neutrum als Materialtyp (Dyckhoff 1994, 65).

Mit der Angabe des Materialtyps ist noch nicht festgelegt, ob das Material als Input oder als Output eines Prozesses auftritt. Innerhalb eines Netzes kann ein Material gleichen Typs durchaus als Output und als Input auftreten.

In der Produktökobilanzierung spielt dann aber das Auftreten als Input oder Output eine entscheidende Rolle. So ist es erstrebenswert, daß Güter auf der Outputseite von Prozessen auftreten, weniger dagegen, wenn es Übel sind. Umgekehrt ist es wenig erstrebenswert, wenn Güter auf der Inputseite auftreten, positiv hingegen, wenn es Übel sind. Dies ermöglicht die Zuordnung zu Ertrag und Aufwand: Das Verbrauchen von Übeln und das Erzeugen von Gütern zählt zum mengenmäßigen Ertrag eines Systems oder eines Prozesses, das Verbrauchen von Gütern und das Hervorbringen von Übeln zum mengenmäßigen Aufwand (Dyckhoff 1994, 68).

Betrachtet man ein Stoffstromsystem an seinen Systemgrenzen, dann erlaubt das die Bestimmung der Referenzflüsse bzw. Systemleistungen. Zu den Referenzflüssen des Systems zählen erstens alle Stoffströme, bei denen Güter das System verlassen (Produktion), und zweitens alle Stoffströme, bei denen Übel dem System zugehen (Reduktion). Der erste Schritt der Produktökobilanzierung besteht darin, unter diesen Referenzflüssen diejenigen auszuwählen, für den die Produktökobilanz erstellt werden soll.

Was für das gesamte System gilt, gilt auch für einzelne Transitionen. Auch für jede einzelne Transition kann nun festgestellt werden, was mengenmäßiger Aufwand und was mengenmäßiger Ertrag ist, und zwar auch automatisch auf der Grundlage der Materialtypen der beteiligten Stoffströme. Bei diesen Festlegungen auf der Detailebene der Transitionen setzt die Produktökobilanzierung an, wenn es darum

geht, Aufwand und Ertrag der Detailebene derart in Beziehung zum gewählten Systemreferenzfluß zu setzen, daß der Systemaufwand für den Systemreferenzfluß bestimmt werden kann.

4.2. Aufwands- und Ertragsgraphen

Ausgangspunkt einer solchen Betrachtung ist die Transition, deren Ertrag der Referenzfluß ist. Aus der Größe des Referenzflusses und den anderen Input- und Outputströmen wird bestimmt, welcher mengenmäßige Aufwand dafür auf der Detailebene der Transition erforderlich ist. Für den Teil des Aufwands, der von anderen Transitionen des Systems bezogen wird, definiert das quantitative Maß des Aufwands quasi einen neuen Referenzfluß. Dies wird rekursiv so lange fortgesetzt, bis alle betroffenen Transitionen erfaßt sind. Auf diese Weise wird ein Aufwands- und Ertragsgraph aufgebaut.

Unter normalen Umständen geben die Koeffizienten eines Prozesses den spezifischen Bedarf bei den mit ihm verbundenen Prozessen an. Ein kleines Hindernis entsteht aus der Tatsache, daß die Transitionen eines Netzes immer über Stellen miteinander verknüpft sind. Schwierigkeiten ergeben sich nämlich dann, wenn der Bedarf Ertrag von mehreren Prozessen ist. In diesem Fall kann stillschweigend eine Zurechnungsregel herangezogen werden: der Bedarf wird nach dem Mengenanteil aufgeteilt, der sich aus den Stoffströmen des Netzes ergibt. Dies entspricht der intuitiven Vorstellung, und weitere Angaben sind nicht erforderlich.

4.3. Allokationsregeln

Ein bei weitem schwierigeres Problem ergibt sich, wenn für eine Transition festgestellt wird, daß mehrere mengenmäßige Erträge vorliegen. Das gerade skizzierte Verfahren zum Erstellen eines Aufwands- und Ertragsgraphen setzt nämlich auf der Detailebene quasi Mini-Ökobilanzen voraus: Wenn ein Prozeß im Aufwands- und Ertragsgraphen aufgenommen wird, dann geschieht dies, weil er genau einen bestimmte Ertrag erbringt, der an anderer Stelle als Aufwand eingegangen ist.

Bei mehreren Erträgen einer Transition kann man nicht mehr von einer Mini-Produktökobilanz sprechen. Vielmehr muß die Frage gestellt werden, wie sich die Aufwendungen auf die Erträge verteilen. Man bezeichnet das Problem als Allokations- oder Zurechnungsproblem (Huppel et al. 1994), bisweilen auch als Kuppelproduktion im engsten Sinne (Dyckhoff 1994, 14). Erwähnenswert ist der Umstand, daß auch dann eine Kuppelproduktion im engsten Sinne vorliegt, wenn mengenmäßiger Ertrag auf der Input- und auf der Outputseite auftritt. Beispiel: Zementfabrik verbrennt Altreifen und erzeugt Zement.

Die formale Lösung des Kuppelproduktionsproblems besteht darin, daß Allokationsregeln definiert werden, die angeben, wie sich der mengenmäßige Aufwand auf die Erträge verteilt. Wendet man die Allokationsregeln auf die Stoffstromdaten der

periodenbezogenen Stoffstromanalyse an, ergeben sich daraus die Produktionskoeffizienten von Ein-Produkt-Prozessen (Heijungs 1994, 73), wie sie für die weitere Produktökobilanzierung notwendig sind.

4.4. Berechnung

Der Aufwands- und Ertragsgraph sowie die Ein-Produkt-Prozesse zusammen ermöglichen nun, die bekannten Matrixlösungsverfahren der Produktökobilanzierung anzuwenden. Hier bietet sich das Berechnungsverfahren von Heijungs an, das in einer $n \times n$ - Matrix den Austausch der mengenmäßigen Erträge zwischen den Prozessen erfaßt und in einer $m \times n$ - Matrix den Austausch mit der Umwelt (Heijungs 1994,72, Schmidt 1995, 99).

Übliche Algorithmen der praktischen Mathematik erlauben die Lösung des linearen Gleichungssystems. Der Lösungsvektor gibt dann die Inanspruchnahme der Prozesse an. Die Produktökobilanz kann daraus sehr schnell errechnet werden.

Zu beachten ist, daß zumeist Bilanzen für mehrere Referenzflüsse zu bestimmen sind. Außerdem wird sich bei der Kostenrechnung noch zeigen, daß ggf. innerbetriebliche Leistungen zu berechnen sind. Von Bedeutung ist zudem, daß in der Regel sehr viele Prozesse beteiligt sind und dadurch entsprechend große Matrizen entstehen. Die praktische Mathematik hat sich mit dem Thema auseinandergesetzt, solche Matrizen möglichst schnell und korrekt zu lösen.

Aber die schnelle und korrekte Lösung kann auch vorbereitet werden. Als sehr sinnvoll erweist sich die Breitensuche im Aufwands- und Ertragsgraphen. Dabei wird nicht nach und nach jede Vorkette bis hin zu den Bilanzgrenzen in die Tiefe verfolgt, sondern man besucht bei allen Vorketten, also in der Breite, erst jeweils einen Prozeß, um erst danach den nächsten Schritte in die Tiefe zu gehen. Dies führt dazu, daß weitgehend sogenannte Dreiecksmatrizen entstehen, die sehr schnell gelöst werden können. Durchbrechungen der Dreiecksgestalt ergeben sich lediglich im Falle von Zyklen.

4.5. Auswertung

Sind die Prozeßniveaus erst einmal bestimmt, lassen sich daraus neben den internen Flüssen vor allem die Input/Outputflüsse bestimmen. Aus deren Summe ergeben sich die Sachbilanzen als wesentlicher Meilenstein der Produktökobilanzierung.

5. Kostenrechnung

Wenn im Rahmen der Ökobilanzierung Alternativen untersucht werden, dann stellt sich sehr schnell auch die Frage der Kosten. Die Finanzbuchhaltung kann die Frage nicht sofort beantworten, weil die Informationssysteme der Finanzbuchhaltung die in

Frage stehenden Alternativen gar nicht kennen. Dies ließe sich notfalls ändern, hätte aber zwei gravierende Nachteile. Zum einen müßten die Alternativen ein zweites Mal quasi unter Kostengesichtspunkten modelliert werden. Zum anderen besteht die Gefahr, daß die Modellierung aufgrund unterschiedlicher Aggregationen, Idealisierungen und Bewertungen von der Stoffstromanalyse abweicht, was die Vergleichbarkeit gefährdet.

Eine in den Modellierungsprozeß der Stoffstromanalyse integrierte Kostenrechnung ist also sehr wünschenswert, und es gibt verschiedene Gemeinsamkeiten, die eine solche Integration realisierbar erscheinen lassen.

Ein erster Blick auf die Kostenrechnung scheint dem zu widersprechen, wenn es da heißt, es seien eine Kostenarten-, eine Kostenstellen- und eine Kostenträgerrechnung durchzuführen. In der Kostenartenrechnung werden die Kosten in Kostenbestandteile zerlegt. Diese Zerlegung orientiert sich am Kostenartenplan. Die explizite Durchführung einer Kostenartenrechnung ist typisch für eine Ist-Kostenrechnung, denn dort werden Daten aus der Finanzbuchhaltung übernommen.

Anders sieht es bei der Plankostenrechnung aus. Hier können die Kosten gar nicht der Finanzbuchhaltung entnommen werden, denn sie liegen dort nicht vor. Das Verfahren der Plankostenrechnung ist sehr viel eher mit der Ökobilanzierung vergleichbar, weil die Hauptmodellierungsaufgabe der Plankostenrechnung darin besteht, für Kostenstellen Kostenfunktionen anzugeben, was dann zwar auch den Rückgriff auf die Finanzbuchhaltung erfordert, dies jedoch im Rahmen des Planungs- bzw. Spezifikationsprozesses (Küpper 1991, 40).

Die folgende Darstellung einer in betriebliche Stoffstromanalysen eingebundenen Kostenrechnung konzentriert sich darauf, die Stellen des Modellierungsprozesses zu zeigen, an denen die Kostenrechnung ins Spiel kommt, und zu beschreiben, welche Ergänzungen der Modellierungsprozeß mit dem Einbeziehen erfährt.

5.1. Erfassung von Materialeinzelkosten

Es liegt auf der Hand, daß die Produktökobilanzierung insbesondere für die Bestimmung der Materialeinzelkosten von Bedeutung ist. Gemäß dem wertmäßigen Kostenbegriff setzen sich Kosten aus Mengen- und Wertkomponente zusammen. Die Mengendaten können der Produktökobilanzierung entnommen werden, der Wert ist in Form eines spezifischen Preises eine Eigenschaft des Materials. Menge und spezifischer Preis müssen nur noch multipliziert werden, um zu den Kosten- bzw. Erlösdaten zu kommen. Die Produktökobilanz kann also direkt dafür genutzt werden, um eine Art Materialeinzelkostenrechnung für einen Kostenträger (=Referenzfluß) als Bezugsobjekt durchzuführen.

Ruft man sich den Aufbau einer Produktökobilanz (Sachbilanz) in Erinnerung, dann wird deutlich, daß eine Feinheit der Materialeinzelkosten sehr systematisch behandelt wird: Bei den Übeln wird ein Preis dafür bezahlt, daß andere einem das Übel abnehmen, bei den Gütern dafür, daß man das Gut erhält. Der Marktpreis bleibt in jedem Fall positiv; was sich umdreht, ist der Stoffstrom. Übel auf der Inputseite

und Güter auf der Outputseite einer Bilanz führen demnach zu Erlösen, Güter auf der Inputseite und Übel auf der Outputseite zu Kosten.

Mit diesem Vorgehen entsteht aus einer hierarchisch geordneten Materialliste für die Stoffstromanalysen zugleich ein hierarchisch strukturierter Kostenartenplan, denn jedes Material wird zu einer Kostenart und die Materialgruppen zu Kostenarten-gruppen, so daß sich der Kostenartenplan – zumindest was die Materialkosten betrifft – aus der Materialhierarchie des Stoffstrommodells ergibt.

5.2. Berücksichtigung sonstiger Kostenbestandteile

In den Kostenartenplänen werden neben den Materialeinzelkosten noch zahlreiche weitere Kostenarten aufgeführt. Dies betrifft z.B. Löhne und Gehälter, kalkulatorische Zinsen, ggf. Abschreibungen.

Wenn diese Kostenbestandteile in der Kostenrechnung anfallen, ergibt sich das Problem, wie aus diesen Kostenarten und den Materialkosten ein einheitlicher und hierarchisch strukturierter Kostenartenplan entstehen kann.

Die Materialhierarchie und Materialverwaltung der Ökobilanzierung können nicht genutzt werden, weil sich beim Aufbau von Kostenartenplänen Standards herausgebildet haben, die nicht denen für die Materialhierarchien entsprechen. Da eine Kostenrechnung nur dann akzeptiert wird, wenn sie den Kostenrechnungsstandards folgt, müßte die Ökobilanzierung an die Standards der Kostenrechnung angepaßt werden, und zwar der Standardisierung wegen auch dann, wenn gar keine Kostenrechnung durchgeführt werden soll. Um diesem Dilemma zu entgehen, muß die Vorstellung aufgegeben werden, die Materialverwaltung und die Materialhierarchie auch als vollständigen Kostenartenplan nutzen zu können.

In Ergänzung ist ein Kostenartenplan notwendig, der die sonstigen Kostenbestandteile erfaßt. Der Kostenartenplan erlaubt es, die sonstigen Kostenbestandteile als Kostenarten auszuweisen und hierarchisch zu ordnen.

In dem Fall ist zusätzlich zu klären, in welchem Verhältnis Kostenartenverwaltung und Materialverwaltung stehen. Ein Blick auf die Standardkostenartenpläne zeigt, daß Materialkosten an bestimmten Stellen der Kostenartenstruktur auftreten. Es bietet sich also an, an diesen Stellen Teile der Materialhierarchie, also Materialgruppen mit allen Nachfolgegruppen und enthaltenen Materialien, regelrecht einzuhängen. Teile der Materialhierarchie ergänzen so die Kostenartenhierarchie, und zwar in einem erheblich höheren Detaillierungsgrad, als dies in den Standardplänen vorgesehen ist.

5.3. Berechnung sonstiger Kostenbestandteile

An dieser Stelle, nachdem nun eine Struktur geschaffen ist, die es ermöglicht, die sonstigen Kosten zu erfassen, stellt sich die Frage, wie diese ermittelt werden.

Teilweise kann bei den sonstigen Kostenarten eine lineare Abhängigkeit von den Materialkosten unterstellt werden. Man denke an Lizenzgebühren, mit denen evtl.

bestimmte Vorprodukte beaufschlagt werden, also beispielsweise an solche für die Weitergabe eines Dienstprogramms, die auf die Kosten für eine CD umgelegt werden (Sprachgebrauch dann: eine CD kostet uns...).

Das ist nach Lage der Dinge nicht ausreichend: teilweise sind Stoff- und Energieflüsse kein geeigneter Indikator. Bestimmte sonstige Kostenarten können nicht linear von Stoff- und Energieflüssen abhängig modelliert werden. Solche Schwierigkeiten treten dann auf, wenn Kosten abhängig sind von Kapazitäten bzw. Intensitäten, und zwar anders als die Stoff- und Energieströme. Beispielsweise mag es aufgrund relativ hoher Kapitalkosten vorteilhaft sein, Kapazitäten hoch auszulasten, während sich dabei der prozentuale Anteil des Ausschusses erhöht.

Das letzte Beispiel deutet an, daß das Fundament für die Berechnung der sonstigen Kostenarten idealerweise bereits bei der periodenbezogenen Stoffstromanalyse gelegt wird. Hier können nicht-lineare Abhängigkeiten modelliert werden. Und so, wie sich durch Transitionsspezifikationen unbekannte Stoff- und Energieströme berechnen lassen, können auch die sogenannten Maßgrößen der Kostenverursachung (Kilger 1993, 140) bestimmt werden. Die Maßgrößen der Kostenverursachung, auch Bezugsgrößen genannt, sind wenige Indikatoren der Kostenstruktur einer Kostenstelle (Troßmann 1992, 231). Von diesen Bezugsgrößen ausgehend werden die sehr viel zahlreicheren Kostenarten berechnet, die in ein lineares Verhältnis zur Bezugsgröße gesetzt werden. Die periodenbezogene Stoffstromanalyse kann sich auf die Berechnung der Bezugsgrößen beschränken. Aus ihnen lassen sich jederzeit die Kostenarten berechnen.

Damit deckt sich der Spezifikationsgedanke bei den Transitionen mit dem von Kostenstellen. Ist also eine periodenbezogene Stoffstromanalyse durchgeführt, sind alle periodenbezogenen Bezugsgrößen und damit auch die Relationen zwischen den Bezugsgrößen und den mengenmäßigen Erträgen einer jeden Transition (=Kostenstelle) bestimmt.

Betrachtet man die einzelne Kostenstelle als zu untersuchendes System, lassen sich bereits alle Kosten bestimmen. Zu beachten ist dann allerdings, daß alle anderen Kostenstellen zur Systemumwelt zählen und daher auch bei innerbetrieblichen Leistungen – sofern vorhanden – vorab Preise angesetzt werden.

Um die Kosten der Systemleistungen (Kostenträger) und der innerbetrieblichen Leistungen zu erhalten, bedarf es der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung.

5.4. Innerbetriebliche Leistungsverrechnung

Mit der Bestimmung der Bezugsgrößen in der periodenbezogenen Stoffstromanalyse werden die Basisdaten für die Berechnung von Kostenträgerkosten geschaffen. Die berechneten Bezugsgrößen beziehen sich dabei allerdings auf das Prozeßniveau der Periode, und zwischen ihnen und den Ausbringungsmengen ergibt sich eine lineare Funktion. Diese lineare Funktion wird dann in der Kostenrechnung weiter verwendet, und das Schöne bei diesem Vorgehen ist, daß die Basisdaten in einer periodenbezogenen Rechnung gewonnen werden und somit auch nicht-lineare Zusammenhänge beschrieben werden können.

Dieser Grundstock an Daten allein reicht zum Ausweisen kostenträgerbezogener Kostendaten nicht aus. Entsprechend der Produktökobilanzierung ist zu fragen, was denn die Leistungen des Gesamtsystems sind. Die Frage läßt sich schnell beantworten: Um die Vergleichbarkeit der Ökobilanz- und Kostenrechnungsdaten zu sichern, wird in betrieblichen Stoffstromanalysen kein Unterschied gemacht zwischen Kostenträger und Referenzfluß, was sich daran zeigt, daß die Zuordnung der Materialien zu Gut, Übel oder Neutrum einheitlich sowohl für die Produktökobilanzierung als auch für die Kostenträgerrechnung vorgenommen wird.

Wenn die Systemerträge, also die Referenzflüsse, also die Kostenträger bestimmt sind, stellt sich die Frage, welcher monetäre Aufwand (=Kosten) mit der Erbringung dieser Systemerträge verbunden ist. Das schließt die Behandlung innerbetrieblicher Leistungen und innerbetrieblicher Bestandsveränderungen ein.

Das Elegante an dieser Skizze des Problems besteht darin, daß sie die weitgehende Entsprechung mit dem Produktökobilanzierungsproblem verdeutlicht. Die Hoffnung ist also berechtigt, die Berechnungen der Produktökobilanzierung mit der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung zu verknüpfen und zu einer Einheit zu machen.

Bei den Materialkosten ist dies einfach der Fall, die Frage ist nur, wie mit den sonstigen Kostenbestandteilen zu verfahren ist. Hier muß man sich vergegenwärtigen, daß diese Kostenarten an der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung nicht beteiligt sind und daß sie über die Bezugsgrößen mit den mengenmäßigen Erträgen verknüpft sind. Das Zurechnungsproblem findet hier seine Entsprechung: Zurechnungsvorschriften regeln das Verhältnis zwischen Bezugsgrößen und Erträgen einer Kostenstelle.

Die bei der Produktökobilanzierung berechneten Prozeßniveaus sind dann der Ausgangspunkt, die kostenträgerbezogenen Bezugsgrößen und anschließend alle davon abhängigen Kostenarten zu bestimmen, so daß für alle Kostenstellen die sonstigen Kostenbestandteile berechnet sind.

Die Kostenträgerkosten ergeben sich aus den Materialeinzelkosten und der Summe der sonstigen Kostenbestandteile. Die Kosten innerbetrieblicher Leistungen ergeben sich, wenn die Rechnung einschließlich der vorgelagerten Produktökobilanzierung nicht für eine der Systemleistungen sondern für die innerbetriebliche Leistungen durchgeführt wird.

Eine grundsätzliche Eigenschaft dieses Vorgehens besteht darin, daß es sich um eine Teilkostenrechnung handelt: die Fixkosten werden nicht weiter beachtet und insgesamt als Kostenblock ausgewiesen. Die Erlöse abzüglich der kostenträgerbezogenen Teilkosten liefern die Deckungsbeiträge.

5.5. Auswertung

Die Auswertung der Kostenrechnung erfolgt analog den Ökobilanzen mittels hierarchisch strukturierter Tabellen. Die hierarchische Struktur wird dabei aus dem Kostenplan und der Materialhierarchie gewonnen, wobei die Materialhierarchie in zuvor spezifizierten Stellen in den Kostenartenplan eingehängt wird.

Auch der Fixkostenblock kann hierarchisch strukturiert nach dem Kostenartenplan dargestellt werden. Zu beachten ist bei den Fixkosten, daß sie nach wie vor Periodenbezug haben.

6. Ausblick

Der Schwerpunkt dieser Abhandlung hat bei den Methoden, der Durchführung und der Computerunterstützung von betrieblichen Stoffstromanalysen im Rahmen des betrieblichen Umweltschutzes gelegen. Wenn allerdings die Stoffstromanalysen regelmäßig durchgeführt werden sollen, bedarf es auch einer Systembeschreibung der Computerunterstützung, also der Architekturbeschreibung eines betrieblichen Umweltinformationssystems (BUIS).

Vor dem Hintergrund des Gesagten ergeben sich folgende Module eines betrieblichen Umweltinformationssystems, dessen Grundlage betriebliche Stoffstromanalysen ausmachen: Periodenbezogene Stoffstromanalyse, Produktökobilanzierung, Kostenrechnung. Weitere, hier allerdings nicht beschriebene Module widmen sich der Darstellung der Ergebnisse und der Auswertung in Form von Kennzahlensystemen. Denkbar und sinnvoll erscheinen auf der Grundlage betrieblicher Stoffstromanalysen auch Spezialauswertungen wie z.B. für das Gefahrstoffmanagement.

Ein derart modularisiertes betriebliches Umweltinformationssystem hat sich einzufügen in die Informationssystemlandschaft eines Unternehmens, wird also selbst zu einem Modul, was die Aufmerksamkeit auf die Modulschnittstelle lenkt, also auf den Datenaustausch des betrieblichen Umweltinformationssystems mit anderen Informationssystemen eines Unternehmens.

Die Komplexität und Standardisierung betrieblicher Informationssysteme verleitet dazu, die Problematik sehr schnell und sehr praktisch aus der Sicht etablierter Standardsoftware zu betrachten. Ein vorgelagerter, notwendiger Schritt besteht aber darin zu klären, welche Informationsbedarfe überhaupt bestehen. Erstens ist also zu fragen, welche Ergebnisse eines betrieblichen Umweltinformationssystems in andere Informationssysteme zu übernehmen oder mit den Daten anderer Informationssysteme zu verknüpfen sind. Damit soll thematisiert werden, wie die Ergebnisse der betrieblichen Stoffstromanalysen in betriebliches Entscheiden und Handeln umgesetzt werden. Zweitens, welche Daten anderer Informationssysteme Basisdaten der Rechnungen im betrieblichen Umweltinformationssystem sind. Damit soll das Problem systematisiert werden, wie Daten anderer Informationssysteme, ggf. unter Hinzuziehung von Abbildungsfunktionen, in Daten der Stoffstrommodelle überführt werden.

Beide Fragen sollen nicht nur vermeiden, daß Daten doppelt erhoben werden, sondern auch und vor allem, daß sich die systemische Repräsentation, die im betrieblichen Umweltinformationssystem auf der Ebene der Stoff- und Energieströme angestrebt wird, kompatibel ist zu denen, die in anderen betrieblichen Informationssystemen zu anderen Zwecken vorgenommen werden.

Gerade die zweite Frage richtet aber auch den Blick auf die Methoden und Modelle des betrieblichen Umweltinformationssystems selbst. Nur wenn wir uns

fragen, welche Modellbeschreibungen bei den betrieblichen Stoffstromanalysen zum Einsatz kommen und welcher Art deren Datenbedarf ist, erschließen wir uns den Zugang zu den Anforderungen – Anforderungen, die uns vorher evtl. gar nicht in den Sinn gekommen wären. Die Frage ist also, welche Methoden in den einzelnen Modulen zum Einsatz kommen, wie sie zusammenspielen und wie die Anwendung durch Computer unterstützt werden kann. Diese Abhandlung sollte darauf eine Antwort geben.

Literaturverzeichnis

- Baumgarten, B. (1990): Petri-Netze, Mannheim, Wien, Zürich
 Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt (Hrsg.) (1996): Handbuch Umweltkostenrechnung, München
 Busse von Colbe, W., Laßmann, G. (1991): Betriebswirtschaftstheorie I, Grundlagen, Produktions- und Kostentheorie, 5. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York
 Dyckhoff, H. (1994): Betriebliche Produktion, 2. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York
 Fandel, G. (1996): Produktionstheorie I, 5. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York
 Fichter, K. et al. (1997): Betriebliche Umweltkostenrechnung, Berlin, Heidelberg, New York
 Fischer, H. et al. (Hrsg.) (1997): Umweltkostenmanagement, München, Wien
 Freidank, C.-C. (1994): Kostenrechnung, 5. Auflage, München, Wien
 Heijungs, R. (1994): A generic method for the identification of options for cleaner products, in: Ecological Economics 10 (1994), S. 69-81
 Haasis, H. D. (1992): Umweltschutzkosten in der betrieblichen Vollkostenrechnung, in: WiSt, Heft 3/1992, S. 118-122
 Hassel, D. et al. (1995): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990, Berlin
 Huppel, G. et al. (Hrsg.) (1994): Proceedings of the European Workshop on Allokation in LCA at the Centre of Environmental Science (CML), Leiden
 Kilger, W. (1993): Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung, Wiesbaden
 Küpper, H.-U. (1992): Theoretische Grundlagen der Kostenrechnung, in: Männel, W. (Hrsg.): Handbuch Kostenrechnung, Wiesbaden, S. 38-47
 Mampel, U. (1995): Zurechnung von Stoff- und Energieströmen, in: Schmidt et al. 1995, S. 133-145
 Möller, A. (1994): Stoffstromnetze, in: Hilty, L. M. et al. (Hrsg.): Informatik für den Umweltschutz, 8. Symposium in Hamburg, Marburg, S. 233-230
 Möller, A.; Rolf, A. (1995): Methodische Ansätze zur Erstellung von Stoffstromanalysen unter besonderer Berücksichtigung von Petri-Netzen, in: Schmidt et al. (1995), S. 33-58
 Schmidt, M. (1995): Modellierung von Stoffrekursionen in Ökobilanzen, in: Schmidt et al. 1995, S. 97-117
 Schmidt, M.; Schorb, A. (1995): Stoffstromanalysen in Ökobilanzen und Öko-Audits, Berlin, Heidelberg, New York
 Schmidt, M. et al. (1997): Environmental Material Flow Analysis by Network Approach, in: Geiger, W. et al. (Hrsg.): Umweltinformatik '97, Band II, Marburg, S. 768-779
 SETAC (Hrsg.) (1993): Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice', Brüssel
 Steger, U., Schmidt, M. et al. (1998): Evaluierung der Praxis von Umweltmanagementsystemen in Deutschland, Östlich-Winkel, Heidelberg, Berlin, Ufoplan-Nr. 101 03 198 (Veröffentlichung in Vorbereitung)
 Troßmann, E. (1992): Flexible Plankostenrechnung nach Kilger, in: Männel, W. (Hrsg.): Handbuch Kostenrechnung, Wiesbaden, S. 226-246