

ISO 14041: Glashaus oder Nebel?

Dr. Rolf Frischknecht

Inputpapier für das 15. Diskussionsforum Ökobilanzen
19. Dezember 2001, ETH Zürich

Uster, Dezember 2001

Inputpapier

ESU-services	Kanzleistrasse 4	CH - 8610 Uster
Dr. Rolf Frischknecht	Tel. +41 1 940 61 91	frischknecht@esu-services.ch
Dr. Mireille Faist	Tel. +41 1 940 61 35	faist@esu-services.ch
Dr. Niels Jungbluth	Tel. +41 1 940 61 32	jungbluth@esu-services.ch
www.esu-services.ch	Fax +41 1 940 61 94	

Thesen

1. *Die ISO Normen gewähren einen grossen - jeweils zu begründenden - Handlungsspielraum.*
Die ISO-Norm 14041 ist in entscheidenden Punkten bezüglich Vorgehen bei Mehrproduktprozessen und bei Wiederverwenden und Recycling unklar und bietet wenig konkrete Vorgehenshilfen. In einer überarbeiteten Norm sollten Vorgehen und Kriterien festgeschrieben werden, mit deren Hilfe Allokationsverfahren und Allokationsparameter fallspezifisch ausgewählt werden können. In einer überarbeiteten Norm sollten aber keine starren, d.h. fragestellungsunabhängigen Allokationsregeln festgeschrieben werden.
2. *Die Wahl des Allokationsverfahrens ist abhängig von der umweltpolitischen Zielsetzung.*
Der Ansatz der wertbereinigten Substitution ist ISO-konform. Er basiert auf der umweltpolitischen Zielsetzung "Werterhaltung als Beitrag zum Umweltschutz". Andere umweltpolitische Zielsetzungen, wie beispielsweise "optimaler Materialeinsatz unter dem Gesichtspunkt einer umweltbezogenen Nachhaltigkeit" können definiert und Allokationsverfahren (im Falle des Beispiels das Cut-off Verfahren) daraus abgeleitet werden.
3. *Gutschriften begünstigen die Wettbewerbsfähigkeit und damit das Mengenwachstum von Primärmaterialien.*
Das Gewähren von Gutschriften, die erst in ferner Zukunft eingelöst werden können, ist aus der Warte einer umweltbezogenen nachhaltigen Entwicklung problematisch. Die heute nachgefragten Primärrohstoffe werden analytisch durch Umweltbelastungsgutschriften subventioniert, die spätere Generationen dann als Belastungen zu tragen haben (die zukünftigen Generationen gewähren (ungefragt) ein "Umweltdarlehen"). Dies führt in der Tendenz zu einem erhöhten Wachstum des Primärrohstoffmarktes, das aus Umweltsicht im Widerspruch zu den Anforderungen einer nachhaltigen Entwicklung stehen kann.
4. *Ökobilanzen alleine genügen nicht für eine Nachhaltigkeitsbeurteilung von Materialien.*
Um die Nachhaltigkeit von Materialien beurteilen zu können, müssen (auch) makroökonomische Betrachtungen durchgeführt werden. Erst die Kombination des Wissens um das globale Mengenwachstum einerseits und die spezifische Umweltbelastung pro kg Material andererseits geben bessere Hinweise darauf, ob und in welchen Mengen das Material weltweit / in Europa / in der Schweiz eingesetzt werden kann, damit deren Umweltbelastungen innerhalb der Grenzen einer nachhaltigen Wirtschaftsweise verbleiben.

Inhalt

THESEN	I
1 EINLEITUNG	1
2 ALLOKATION UND RECYCLING GEMÄSS ISO 14041	1
2.1 Übersicht	1
2.2 Allokationsverfahren	1
2.3 Allokationsparameter	2
2.4 Vorgehen bei Substitution	2
2.5 Zuordnung von Gewinnung und Entsorgung auf mehrere Produktlebenszyklen	4
2.6 Zeitaspekte beim Recycling	5
3 ALLOKATION MIT DER METHODE DER WERTBEREINIGTEN SUBSTITUTION	5
3.1 Einleitung	5
3.2 Allokationsverfahren	5
3.3 Allokationsparameter	6
3.4 Allokation und Substitution	7
3.5 Allokation von Materialgewinnung und -entsorgung	7
3.6 Zeitaspekte	8
3.7 Entscheidungssituation heute und in 40 Jahren	8
4 KONSEQUENZEN DES ANSATZES DER WERTBEREINIGTEN SUBSTITUTION	9
5 FOLGERUNGEN UND FRAGEN	9
LITERATUR	11

1 Einleitung

Das vorliegende Inputpapier nimmt auf das Dokument "Ökobilanzen über Produkte der Gebäudehülle aus Aluminium" Bezug (Buxmann 2001). Zuerst werden die betreffenden ISO-Normen 14040ff (International Organization for Standardization (ISO) 1997-2000) auf ihre Aussageschärfe hin analysiert und kommentiert. Vor dem Hintergrund dieser Analyse wird dann der Ansatz der "wertbereinigten Substitution" ("value-corrected substitution") beurteilt, der den beiden in (Buxmann 2001) zusammengefassten Studien zugrundeliegt.

2 Allokation und Recycling gemäss ISO 14041

2.1 Übersicht

Die ISO-Normen, insbesondere auch ISO 14041, lassen an verschiedenen Stellen einen Interpretationsspielraum offen, der für die Behandlung des Recyclings von Aluminium und anderen recyclingfähigen Materialien von zentraler Bedeutung ist. Insbesondere sind die folgenden Aspekte so formuliert, dass sich daraus keine eindeutigen Vorgehensweisen ableiten lassen:

1. das Allokationsverfahren, das bei Wiederverwendung und Recycling anzuwenden ist;
2. die Allokationsparameter, die in einem Allokationsverfahren anzuwenden sind;
3. die Zuteilung der Aufwendungen und Emissionen beim Substitutionsverfahren;
4. das Zuordnen von Aufwendungen und Emissionen von Gewinnung, Aufbereitung und Entsorgung eines Materials, das in mehreren Produktlebenszyklen verwendet wird;
5. Zeitaspekte einer nacheinanderfolgenden Verwendung desselben Materials.

In den folgenden Unterkapiteln werden diese Aspekte näher erläutert und eingehend diskutiert.

2.2 Allokationsverfahren

Die ISO-Norm 14041 besagt in Sektion 6.5.4, Paragraph 3:

"Several allocation procedures are applicable for reuse and recycling. Some procedures are outlined conceptually in figure 4 and are distinguished in the following how the above constraints can be addressed".

Die drei Möglichkeiten werden sodann explizit erwähnt, nämlich:

- *closed-loop* allocation für "*closed-loop*"-Produktsysteme, bei denen das rezyklierte Material in demselben Produktsystem wieder verwendet wird.
- *closed-loop* allocation für "*open-loop*"-Produktsysteme, in welchen das austretende rezyklierte Material keinerlei Änderungen der inhärenten Eigenschaften erfahren hat, aber in anderen Produktsystemen eingesetzt wird.
- *open-loop* allocation für "*open-loop*"-Produktsysteme, in welchen das austretende rezyklierte Material veränderte inhärente Eigenschaften aufweist und deshalb in anderen Produktsystemen eingesetzt werden muss.

Diesen drei Fällen werden keine eindeutigen Allokationsverfahren explizit zugeordnet. Der Hinweis darauf, dass in den ersten beiden Fällen das Sekundärmaterial Primärmaterial ersetzt, lässt nicht automatisch auf ein bestimmtes Allokationsverfahren schliessen. Das durch diesen Hinweis wohl indirekt angesprochene Vorgehen des Vermeidens der Allokation mittels Substitution wird in der Norm nicht explizit erwähnt.

In Sektion 6.5.3 "Allocation procedure" der ISO-Norm 14041 wird lediglich von einer "Systemerweiterung" gesprochen ("*expanding the product system*").

2.3 Allokationsparameter

Etwas präziser aber nicht bindend ist die Norm 14041 bezüglich der Wahl der bei open-loop Recycling anzuwendenden Allokationsparameter (Sektion 6.5.4):

"The allocation procedures for the shared unit processes mentioned in 6.5.3 should use, as a basis for allocation

- *physical properties*
- *economic value (e.g. scrap value in relation to primary value), or*
- *the number of subsequent uses of the recycled material (see ISO TR 14049)."*

Es geht aus dem Text der Norm nicht klar hervor, ob die vorgeschlagenen Allokationsparameter als Parameter des dritten Schrittes der Vorgehensweise bei Allokation gelten¹ und damit "andere Zusammenhänge" ausdrücken oder ob sie (auch) für die Schritte 1 und 2 des Allokationsvorgehens gemäss ISO angewendet werden können / sollen.

Es wird empfohlen (aber nicht vorgeschrieben), einen der drei genannten Parameter zu verwenden, ohne aber eine Präferenzreihenfolge zu geben. Zudem kann man sich bei open-loop Produktsystemen auch ganz andere Vorgehensweisen, z.B. Systemerweiterung mittels Warenkorb- oder Substitutions-Ansatz (siehe Unterkap. 2.4), vorstellen.

2.4 Vorgehen bei Substitution

Bei der Systemerweiterung als dem ersten Schritt des Allokationsverfahrens nach ISO werden entweder zusätzliche Funktionen beim einen Produktsystem, das diese zusätzlichen Funktionen nicht erfüllt, dazuaddiert (zu einem sog. Warenkorb, siehe Abbildung 1) oder diese zusätzlichen Funktionen werden bei demjenigen Produktsystem in Abzug gebracht, das diese Funktionen erfüllt (sogenanntes Substitutionsprinzip, siehe Abbildung 2). Dabei geht man davon aus, dass die zusätzlichen Funktionen (Produkt A_{III} in den beiden Abbildungen) jeweils von einem Einproduktprozess bereitgestellt werden.

Ziel bei beiden Ansätzen ist es, die Produktsysteme vergleichbar zu machen, eine Anforderung, die in ISO 14041 Sektion 5.3.2 festgeschrieben ist:

"Comparisons between systems shall be done on the basis of the same function, quantified by the same functional unit in the form of their reference flows."

¹ Die drei Schritte des Vorgehens bei Allokation sind: 1. Allokation vermeiden, 2. Anwenden physikalischer Gesetzmässigkeiten, 3. Anwenden anderer Zusammenhänge, zum Beispiel Zuteilung gemäss ökonomischem Wert der Produkte. Siehe auch Kasten am Ende dieses Papers.

Bei Vergleichsstudien sind also Funktionserweiterungen im Sinne des Warenkorbs erlaubt, wenn die sich ergebenden Zusatzfunktionen bei allen zu vergleichenden Systemen gleich sind. Bei der Systemerweiterung im Sinne des Substitutionsverfahrens erfolgt eine Funktionsreduktion mit dem Ziel, dass die übrigbleibende Funktion bei allen zu vergleichenden Systemen gleich ist.

Kommt das Substitutionsprinzip zur Anwendung, werden die Aufwendungen und Emissionen der alternativen Bereitstellung der zusätzlichen Funktionen meist voll in Abzug gebracht. Mit andern Worten wird eine 100% Gutschrift (in der Höhe der insgesamt vermiedenen Aufwendungen und Emissionen) demjenigen Produktsystem gewährt, das neben der interessierenden Funktion diese zusätzlichen Funktionen bereitstellt.

Damit nun aber die 100%-Regel erfüllt bleibt (d.h. damit die mit der Gutschrift verbundenen Aufwendungen und Emissionen nicht "verloren" gehen), müssen die zusätzlichen Funktionen des Mehrproduktesystems (Produkt A_I in Abbildung 2) mit den andernorts vermiedenen Aufwendungen und Emissionen belastet sein.

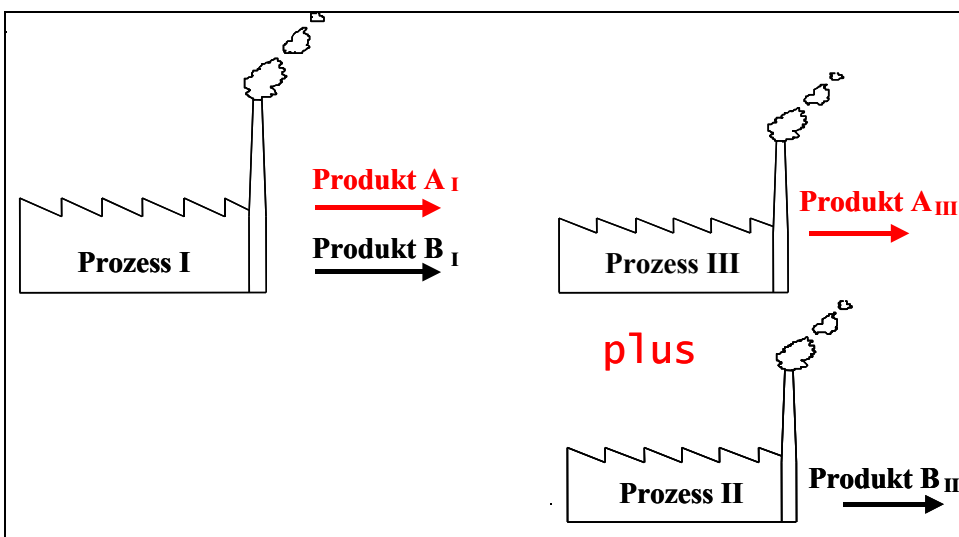


Abbildung 1: Systemerweiterung mit dem Warenkorb-Ansatz.

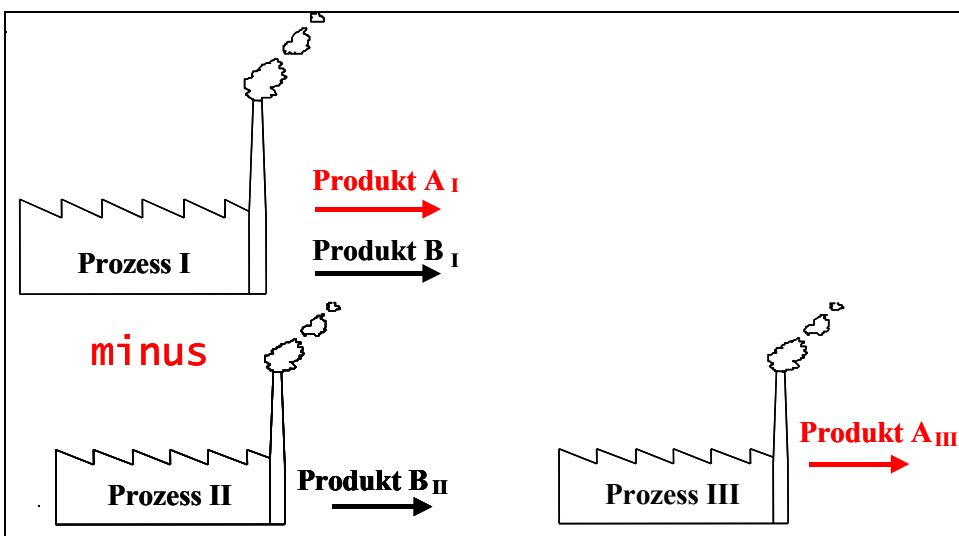


Abbildung 2: Systemerweiterung nach dem Substitutions-Ansatz.

Angewendet auf Aluminium bedeutet dies, dass 1kg Sekundäraluminium mit den Aufwendungen und Emissionen der Bereitstellung von 1kg Primäraluminium belastet werden muss, falls zuvor dem Produktsystem, das neben der Funktion "Fassade" auch Sekundäraluminium "produziert", eine Gutschrift entsprechend den Aufwendungen und Emissionen von Primäraluminium gewährt wurde.

Die Norm macht keine Aussage darüber, ob diese 100%/0% Aufteilung der Gutschrift (100% Gutschrift dem Produzenten des Rezyklats, 0% Gutschrift resp. 100% Belastung mit den Aufwendungen der Primärmaterialherstellung für den Abnehmer des Rezyklats) zwingend ist².

Vielmehr sind diesbezüglich unterschiedliche Standpunkte denkbar und entsprechend können deutliche Abweichungen von dieser 100%/0% Aufteilung (beispielsweise 50%/50% (beide Produktsysteme teilen sich die Gutschrift) oder 0%/100% (das Produktsystem, welches das Rezyklat "erzeugt", erhält keine Gutschrift)) durchaus sinnvoll sein.

Eine 0%/100% Aufteilung (Cut-off³ Ansatz) würde aus meiner Sicht der umweltpolitischen Zielsetzung eines "optimalen Materialeinsatzes unter dem Gesichtspunkt einer umweltbezogenen Nachhaltigkeit nach Brundtland" entsprechen. Bei Anwendung der in der Norm aufgeführten Möglichkeit, die Anzahl Nutzungszyklen der Zuordnung zugrunde zu legen, führt unter Annahme einer zweimaligen Nutzung (Fassadenelement, Motorblock) zu einer 50%/50%-Aufteilung.

2.5 Zuordnung von Gewinnung und Entsorgung auf mehrere Produktlebenszyklen

Die ISO-Norm 14041 äussert sich bezüglich Wiederverwendung und Recycling wie folgt (Sektion 6.5.4):

"reuse and recycling (as well as composting, energy recovery and other processes which can be assimilated to reuse/recycling) may imply that the inputs and outputs associated with unit processes for extraction and processing of raw materials and final disposal of products are to be shared by more than one product system."

Das bedeutet, dass Materialgewinnung und -verarbeitung sowie dessen Entsorgung durchaus auf mehrere Produktlebenszyklen aufgeteilt werden *kann* aber nicht *muss*. Der/die Ökobilanzierende ist also - nach dem derzeitigen Stand der ISO-Normen - diesbezüglich frei in der Wahl des Allokationsverfahrens und der Allokationsparameter. Er/sie muss jedoch die Wahl fundiert begründen können. Ein Verweis auf ein Gewohnheitsprinzip (haben wir immer schon so gemacht) oder eine "Schule" (am Lehrstuhl XY wird dies so und so gemacht) reicht hier sicher nicht aus.

Hier könnte man sich vorstellen, dass in einer überarbeiteten Norm einzelne Allokationsverfahren und -parameter konkreten umweltpolitischen Zielsetzungen zugeordnet werden.

² Im Anhang B von ISO 14041 ist ein Beispiel der Systemerweiterung enthalten, das eine 100% Gutschrift impliziert. Dieser Anhang ist jedoch informativ und nicht bindend.

³ Beim Cut-off Ansatz werden die Aufwendungen der Primärmaterialgewinnung und -verarbeitung demjenigen Produktsystem angerechnet, das das Primärmaterial nachfragt. Wird das Material nach dem Ende der Nutzungsphase recycelt, so wird dem Produktsystem weder eine Gutschrift (z.B. für vermiedene Primärproduktion) gewährt noch (später erforderliche) Entsorgungsaufwendungen angerechnet.

2.6 Zeitaspekte beim Recycling

Die Norm macht keinerlei Aussagen betreffend dem Berücksichtigen von Zeitaspekten bei Wiederverwendung und Recycling. Der Zeitaspekt ist jedoch insbesondere bei langlebigen Produkten wichtig, weil in diesen Fällen Prognosen über 50 und mehr Jahre benötigt werden und diese naturgemäss mit grossen Unsicherheiten behaftet sind. Die Prognosen umfassen Angaben zum Rezyklatmarkt, zu technischen Innovationen in den betreffenden Märkten, zur Nachfragesituation in den betreffenden Märkten, etc. Auch hier hat der/die Ökobilanzierende also die Freiheit, Zeitaspekte in der einen oder anderen Art zu berücksichtigen und die Pflicht die Wahl zu begründen.

3 Allokation mit der Methode der wertbereinigten Substitution

3.1 Einleitung

Die in (Buxmann 2001) vorgestellte und angewendete Methode der wertbereinigten Substitution wird in diesem Kapitel entsprechend den vorgängig diskutierten fünf Punkten besprochen. Zudem wird auf die Entscheidungssituation heute und in der Zukunft (wenn das heute eingesetzte Aluminium zum Recycling ansteht) eingegangen.

3.2 Allokationsverfahren

Die wertbereinigte Substitution ist ein Allokationsverfahren, das für open-loop Produktsysteme geeignet ist, bei denen das rezyklierte Material geänderte inhärente Eigenschaften aufweist und in anderen Produktsystemen Verwendung findet. Wie der Name schon sagt, wird dabei ein Substitutionsansatz verfolgt und eine Art ökonomischer Wert (z. B. das Verhältnis der LME⁴-Notierungen von "high grade primary aluminium" und "aluminium alloy") als Allokationsparameter verwendet.

Dieser Ansatz ist grundsätzlich ISO-konform. Er soll gemäss Aussagen der Auftraggeber die umweltpolitische Zielsetzung der Aluminiumindustrie, nämlich "Werterhaltung als Beitrag zum Umweltschutz", reflektieren. Stehen andere umweltpolitische Zielsetzungen im Zentrum, können aber durchaus andere Allokationsverfahren geeigneter sein. Im Sinne der Brundtland-Definition von Nachhaltigkeit beispielsweise kann es angebracht sein, konsequent die heute durch den Material- und Energiebedarf verursachten Umweltbelastungen zu verrechnen und nicht durch mögliche, in ferner Zukunft erzielbare "Gutschriften" auf Kosten künftiger Generationen zu subventionieren⁵. Deshalb würde wohl bei einer nachhaltigkeitsorientierten Sichtweise eher ein Cut-off Ansatz gewählt.

Man kann zudem auch den folgenden Denkansatz einem Allokationsfaktor zugrundelegen: Die Aufwendungen der Primärmaterialgewinnung führen - bei einmaligem Rezyklieren - zur Bereitstellung von 1kg Primär- und 1kg Sekundärmaterial. Insgesamt werden also 2kg Material (über einen Zeitraum von vielleicht 50 oder 100 Jahren) mit leicht unterschiedlichen Eigenschaften bereitge-

⁴ LME: The London Metal Exchange Limited

⁵ Benötigen zukünftige Generationen alles von uns heute hergestellte Aluminium überhaupt? Schränken wir damit deren Möglichkeiten nicht ein, weil sie das Material benutzen *müssen*, um dannzumal nicht noch zusätzliche Umweltbelastungen zu verursachen? Sind die heute mit heutiger Technik verursachten Umweltbelastungen unter diesem Gesichtspunkt der Unsicherheit gerechtfertigt?

stellt. Damit würde das Verhältnis der LME-Notierungen von Primäraluminium bzw. Aluminiumlegierungen zur *Summe* der beiden LME-Notierungen benutzt, um den Allokationsfaktor zu bestimmen.

Diese alternative Betrachtungsweise führt zu einem deutlich anderen Aufteilungsschlüssel, wie das nachfolgende einfache Rechenbeispiel zeigt.

Betrachten wir zwei Produktsysteme: Im ersten Produktsystem wird 1kg Primäraluminium benötigt und im zweiten 1kg Sekundäraluminium (das mit 100% Effizienz aus dem ersten Produktsystem rezykliert wird). Das Verhältnis der LME-Notierungen von Aluminiumlegierung zu Primäraluminium betrage 0.9.

Wird eine Allokation gemäss dem Konzept der wertbereinigten Substitution durchgeführt, so ergibt das eine Zuordnung von 10% ($1/(1+0.9)$) auf das erste und 90% ($0.9/(1+0.9)$) auf das zweite Produktsystem. Mit dem alternativen Vorgehen werden Aufwendungen und Emissionen im Verhältnis 52.6% ($1/(1+0.9)$) zu 47.4% ($0.9/(1+0.9)$) zwischen erstem und zweitem Produktsystem aufgeteilt. Die Allokationsfaktoren sind damit deutlich anders als diejenigen nach dem Verfahren der wertbereinigten Substitution.

Wir sehen also, dass der Ansatz zwar ISO-konform ist, gleichzeitig aber ein auf eine bestimmte umweltpolitische Zielsetzung zugeschnittenes Verfahren darstellt und zu deutlich anderen Allokationsfaktoren führt als mögliche andere Vorgehensweisen. Die ISO schreibt aber weder ein bestimmtes Verfahren vor noch gibt sie Hinweise darauf, wie bei der Wahl eines Verfahrens vorgegangen werden kann. Eine wichtige Vorgabe macht die Norm jedoch: die gewählte Methode muss stets begründet werden.

3.3 Allokationsparameter

Die wertbereinigte Substitution basiert auf LME-Notierungen und damit auf Preisen für Rohaluminium in Masselform (und - im Falle der Rezyklate - nicht auf Schrottpreisen). Da die LME-Notierungen für Rohaluminium in Masselform gelten, muss die Systemgrenze zwischen dem ersten und zweiten Produktsystem (zwischen dem Schrott liefernden und dem Rezyklat einsetzenden System) entsprechend verschoben werden. Das Schrotteinsammeln und -aufbereiten muss im ersten Produktsystem bilanziert werden. Damit wird ein Teil des Wertschöpfungsprozesses des *nachfolgenden* Produktsystems (das das Rezyklat verwendet) innerhalb des *vorhergehenden* Produktsystems (das den Schrott zur Verfügung stellt) modelliert. Auch hier gibt es nicht die "richtige", durch ISO vorgegebene Wahl des Verlaufes der Systemgrenze zwischen diesen beiden Produktsystemen.

Da der reale Schrottpreis von Parametern wie Homogenität, Verunreinigungen, Gesamtmenge, Transportdistanz etc. abhängig ist, wäre aber eine Betrachtung auf der Stufe des auf dem Bauplatz abzuholenden Aluminiumschrottes von Interesse. Dies würde zudem dem Kriterium des recyclingfähigen Konstruierens und damit der Zielsetzung der Aluminiumindustrie, nämlich der Werterhaltung, besser entsprechen als die LME-Notierungen.

Diese Verschiebung der Systemgrenze kann im Falle von Aluminium durchaus folgenschwere Auswirkungen haben. Das Sammeln und Aufbereiten des Schrottes zu einer Aluminiumlegierung erhöht den Wert des Materials deutlich (bis auf etwa 0.9 des Wertes von Primäraluminium, gemäss LME-Notierungen). Durch das Erhöhen des Wertes des Sekundärrohstoffes erhöht sich gleichzeitig somit auch die für das erste Produktsystem erzielbare Gutschrift.

Das Einsammeln und Aufbereiten von Aluminiumschrott sind aber Prozesse mit vergleichsweise bescheidenen Umwelteinwirkungen, die dem ersten Produktsystem zugerechnet werden müssen.

Steigt nun die Gutschrift durch Verschieben der Systemgrenze schneller an als die zusätzliche Umweltbelastung durch weitere einzubeziehende Aufbereitungsprozesse, so vermindert sich die Umweltbelastung im ersten Produktsystem aufgrund dieser Verschiebung der Systemgrenze. Dies ist eine unschöne Konsequenz des vorgeschlagenen Ansatzes⁶.

Bleibt zum Schluss noch das Hinterfragen der LME-Notierungen aus einer anderen Perspektive. Die in den Studien verwendeten Notierungen gelten für "high grade primary aluminium" und "aluminium alloy". Die Qualität "aluminium alloy" kann aus Schrott hergestellt werden. Es ist aber durchaus üblich bzw. notwendig⁷, dass die Legierung aus Primäraluminium und anderen Primärmaterialien gezielt legiert wird. Gemäss den Autoren der dem Dokument zugrundeliegenden Studien ist dies mit ein Grund für die hohe Korrelation der beiden LME-Notierungen (siehe (Werner 2000, S. 35)). Zudem sind Aluminiumlegierungen (mit 1% Fe, 2% Cu und 1% Zn) für das Druckgiessen sehr begehrt. Es ist somit fraglich, ob die LME-Notierung von Aluminiumlegierungen tatsächlich den Wert von Sekundäraluminium widerspiegelt (und nicht eher ein Ergebnis eines Nachfrageüberhangs ist).

3.4 Allokation und Substitution

Der Ansatz der wertbereinigten Substitution wendet Substitution und Allokation gleichzeitig an. Der Werterhaltungsfaktor wird benutzt, um den Anteil der Aufwendungen und Emissionen der Primäraluminiumherstellung zu bestimmen, der als Gutschrift demjenigen Produktsystem angerechnet wird, das das Sekundäraluminium bereitstellt. Wie unter Kap. 3.2 bereits erwähnt, könnten die LME-Notierungen auch ganz anders eingesetzt werden, wodurch sich die Allokationsfaktoren deutlich ändern (von 0.1 auf 0.526 für das erste Produktsystem (z.B. Fensterrahmen) und von 0.9 auf 0.474 für das zweite Produktsystem (z.B. Automotor). Weder das eine noch das andere Faktorpaar kann mit rationalen Argumenten verteidigt werden. Die Wahl ist aber in beiden Fällen begründbar und abhängig von den Wertvorstellungen und der Zielsetzung bezüglich Umweltpolitik des Auftraggebers.

3.5 Allokation von Materialgewinnung und -entsorgung

In (Buxmann 2001, Absatz 1.4.7) wird erwähnt, dass es schwierig sei, die cut-off-Methode zu rechtfertigen. Dabei wird auf den Teil der ISO 14041 abgestützt, der sich mit den Systemgrenzen des Produktsystems befasst. Da die ISO-Norm aber nicht vorschreibt, dass Aufwendungen und Emissionen der Materialgewinnung sowie -entsorgung bei Verwendung eines Materials in *mehreren, aufeinanderfolgenden* Produktsystemen zwingend allen Produktsystemen zuzuordnen seien, handelt es sich auch beim Cut-off-Ansatz um ein ISO-konformes Vorgehen.

Die Anwendung eines Allokationsfaktors von "0" (wie beim Cut-off Ansatz) ist zudem verschieden vom Vorgehen der erstmaligen Selektion von Inputs und Outputs, die in einer LCA zu untersuchen sind (Definition der Systemgrenzen, Sektion 5.3.3 und 5.3.5). Der Allokationsfaktor teilt Aufwendungen und Emissionen auf mehrere Produktsysteme auf, währenddem das Abschneidekriterium (Masse, Energie, Umweltbelastung) dazu dient, die für das zu untersuchende Produktsystem benö-

⁶ Wohl kann der Preis von gebündelt vorliegendem, sortenreinem Schrott in grossen Mengen in die Nähe der LME-Notierung für Aluminiumlegierungen kommen. Eine Unterscheidung verschiedener Schrotte in Schrottqualitäten ist jedoch auf der Ebene der umgeschmolzenen Masseln nur noch bedingt möglich.

⁷ Gemäss Aussagen von Werner (2000) werden derzeit weltweit rund 4 Mio. Tonnen post-consumer Schrott rezykliert, während gleichzeitig rund 7.5 Mio. Tonnen Aluminiumlegierungen in LME-Qualität produziert werden.

tigten Inputs und Outputs auszuwählen. Dabei werden diejenigen Inputs und Outputs ausgeschlossen, die zwar eindeutig dem analysierten Produktsystem zugeordnet werden können, die aber vernachlässigbare Beiträge zum Gesamtergebnis leisten würden.

3.6 Zeitaspekte

Ob in dreissig (oder mehr) Jahren ein heute verbauter Rohstoff tatsächlich rezykliert wird, hängt von verschiedenen Parametern ab, die heute nur mit mehr oder weniger grosser Unsicherheit vorausgesagt werden können. Technikentwicklung (bei der Herstellung von Primär- wie Sekundärrohstoffen), Kosten für Energie und Arbeit, Entwicklung der Bedarfsmuster des betreffenden Rohstoffs, Entwicklung von Konkurrenzprodukten, etc. üben einen Einfluss aus auf den zukünftig erzielbaren Preis der beiden Rohstoffe (Primär- und Sekundärmaterial) und auf die erzielbaren Recyclingquoten (preisabhängig).

Bei langlebigen Produkten muss hinterfragt werden, weshalb das heutige Verhältnis der LME-Notierungen als Werteverhältnis verwendet wird, obwohl der Schrott erst in ferner Zukunft anfällt. Für Schrott in 40 oder 80 Jahren sollte deshalb vielmehr eine zukünftige LME-Notierung für Aluminiumlegierungen verwendet werden, für heutiges Primäraluminium hingegen die heutige LME-Notierung für "high grade" Aluminium. Dabei wäre zu diskutieren, ob und wenn ja, welche Diskontrate für die zukünftige LME-Notierung zur Anwendung gelangen sollte.

Das Verwenden von LME-Notierungen aus zwei Zeitperioden (LME-Notierung von heutigem Primärmaterial und LME-Notierung von zukünftigem Schrott) unter Anwendung einer auch bei finanziellen Überlegungen benutzten Diskontrate würde exakt dem Vorgehen auf der preislichen Seite entsprechen. Da der zukünftige Schrottwert eines heute hergestellten Produktes infolge der langen Nutzungsdauer keinen Einfluss auf den Kaufpreis des Primärrohstoffes hat, würde dann wohl auch die umweltbezogene "Gutschrift" sehr gering ausfallen.

Das Diskontieren der LME-Notierung zukünftiger Aluminiumlegierungen (einer ökonomischen Grösse) impliziert nicht automatisch, dass auch Umweltbelastungen, die in Zukunft auftreten, ebenfalls abzuzinsen sind. Aus meiner Sicht macht es einen Unterschied, ob ich ökonomische Faktoren (die beispielsweise als Allokationsparameter verwendet werden) oder zukünftige Emissionen bzw. Umweltschäden diskontiere.

3.7 Entscheidungssituation heute und in 40 Jahren

Wird eine Sachbilanz, in welcher die wertbereinigte Substitution angewendet wurde, zur Entscheidungsfindung beigezogen, so werden dadurch heute verursachte Umweltbelastungen (zumindest analytisch) in die Zukunft verschoben.

Ökobilanzierende, die in vierzig Jahren eine Sachbilanz von Aluminiumprodukten aus Recyclingmaterial zur Entscheidungsunterstützung durchführen, müssen dann konsequenterweise die für frühere Sachbilanzen gewährten Gutschriften nun in ihrer Bilanz als Belastung einbeziehen. Da aber die in der Vergangenheit aufgetretenen Umweltbelastungen für einen wie auch immer gearteten Entscheid nicht relevant sind⁸, liegt der Schluss nahe, diese in der Vergangenheit verursachten Umweltbelas-

⁸ Der Entscheid Sekundäraluminium zu verwenden (oder nicht), hat keinen Einfluss auf die durch die in der Vergangenheit bei der Aluminiumgewinnung verursachten Umweltbelastungen. Sie lassen sich durch den Entscheid in keiner Weise mehr beeinflussen. Hingegen sind die Umweltbelastungen durch die Gewinnung von neuem Primäraluminium durchaus noch beeinflussbar.

tungen nun auch nicht mehr zu berücksichtigen. Der Aluminiumschrott würde dann als ein von Umweltbelastungen befreiter Rohstoff betrachtet. Damit würden jedoch substanzielle Anteile der Umweltbelastung der Primäraluminiumgewinnung generell ausgeklammert.

Wird der Ansatz der wertbereinigten Substitution angewendet, muss der Nachweis erbracht (oder zumindest plausibel gemacht) werden, dass die Methodik der Ökobilanzierung und insbesondere der hier gezeigte Ansatz konsequent und über grosse Zeiträume unverändert angewendet werden wird. Werden die Sachbilanzen aber entscheidungsorientiert durchgeführt, so ist es sehr wahrscheinlich, dass in zukünftigen Ökobilanzen grosse Anteile der Umweltbelastungen der Primärmaterialherstellung aus nachvollziehbaren Gründen "vergessen" gehen.

4 Konsequenzen des Ansatzes der wertbereinigten Substitution

Die Anwendung der Methode auf Sachbilanzen von Aluminium-Produktsystemen wie Fensterrahmen oder Fassaden hat folgende Konsequenzen:

- Die Umweltbelastung von Aluminiumanwendungen mit einer hohen post-consumer Recyclingrate und einer relativ hohen post-consumer-Schrottqualität wird deutlich reduziert, unabhängig davon, ob für die Aluminiumanwendung Primär- oder Sekundäraluminium verwendet wurde.
- Dementsprechend (damit keine Umweltbelastungen "verloren" gehen) erhöhen sich die Umweltbelastungen von Aluminiumanwendungen, die post-consumer-Sekundäraluminium einsetzen.
- Die umweltbezogene Wettbewerbsfähigkeit von Primäraluminium-Anwendungen, die einen hohen Anteil an hochwertigem Aluminiumschrott liefern werden (teilweise erst in ferner Zukunft), erhöht sich gegenüber vergleichbaren Systemen auf der Basis anderer Materialien (z.B. Faserzement).
- Die umweltbezogene Wettbewerbsfähigkeit von Sekundäraluminium hingegen verschlechtert sich, da das Sekundäraluminium die dem Schrott liefernden Produktsystem gutgeschriebenen Aufwendungen und Emissionen übernehmen muss.
- Die deutlich erhöhte umweltbezogene Wettbewerbsfähigkeit von Primäraluminium kann ein verstärktes Wachstum des Primäraluminiummarktes verursachen und damit infolge dieses Mengenwachstums tendenziell zu insgesamt erhöhten Umweltbelastungen durch Bauxitabbau und Primäraluminiumherstellung führen.
- Die Nutzung von Sekundäraluminium wird durch den vorgeschlagenen Ansatz nicht begünstigt sondern eher bestraft. Eine Begünstigung ist aus Sicht der Aluminiumindustrie auch nicht notwendig, da Sekundäraluminium ein knappes Gut darstellt. Eine umweltbezogene "Bestrafung" kann das Sekundäraluminium deshalb verkraften.

Die aufgelisteten Konsequenzen sind grundsätzlich (wenn auch teilweise in schwächerem Ausmass) bei Sachbilanzen anderer Materialien zu beobachten, wenn die wertbereinigte Substitution angewendet wird.

5 Folgerungen und Fragen

Die wertbereinigte Substitution, die für die Modellierung des Recyclings von Aluminium entwickelt wurde, kombiniert Systemerweiterung (Substitution) und Allokation durch Anwendung eines Wert-

erhaltungsfaktors (Verhältnis der LME-Notierungen). Die wertbereinigte Substitution stellt ein mögliches Allokationsverfahren dar, das zwar nicht explizit in der Norm erwähnt wird (wie viele andere auch nicht), das aber der umweltpolitischen Zielsetzung der Aluminiumindustrie (Werterhaltung des Materials, Fördern des recyclinggerechten Konstruierens) gerecht wird. Gleichzeitig fördert die Anwendung dieser Methode jedoch auch die umweltbezogene Wettbewerbsfähigkeit von Aluminium und damit das Mengenwachstum des Primäraluminiummarktes.

Die Methode ist - wie auch andere vorgängig erwähnte - ISO-konform. Das Anwenden der Vorschriften gemäss ISO 14041 impliziert somit nicht (wie in Buxmann (2001, S. 11) postuliert) das Ersetzen der Cut-off-Methode (die einer anderen umweltpolitischen Zielsetzung gerecht wird) durch die wertbereinigte Substitutionsmethode.

Unabhängig vom gewählten Allokationsverfahren möchte ich die folgenden Fragen zur Diskussion stellen:

1. Sollten die heute durch Ressourcenabbau und Primärmaterialherstellung auftretenden Umweltbelastungen erst in (ferner) Zukunft beim Recycling des Materials in die Bilanz aufgenommen werden oder sollten sie dann verbucht werden, wenn sie auftreten und noch beeinflusst werden können? Werden die Emissionen erst in Zukunft verbucht, so werden heutige Umweltbelastungen (analytisch) zukünftigen Generationen aufgebürdet (die zukünftigen Generationen gewähren uns ein "Umweltdarlehen"). Werden die Umweltbelastungen zum Zeitpunkt ihres Entstehens verbucht, entspricht dies dem "sunk cost"-Prinzip.
2. Wie gross darf das Aluminium-Lager der Technosphäre sein und wie hoch darf der jährliche Primäraluminiumfluss (mit den damit verbundenen Umweltbelastungen) in und aus der Technosphäre sein, um dem Anspruch einer umweltbezogenen Nachhaltigkeit des Materials Aluminium zu entsprechen? Existiert ein umweltbezogenes Maximum?
3. Sollen die jährlichen Bauxit- und Primäraluminiumflüsse auf globaler Ebene limitiert werden (analog zu CO₂) oder genügt für Primäraluminium eine Steuerung über ein globales Limitieren kritischer Umweltgrössen (wie beispielsweise Treibhausgase)?

The ISO 14041 allocation procedure (International Organization for Standardization (ISO) 1998):

On the basis of the principles mentioned before, the following stepwise procedure *) shall be applied:

- 1) Wherever possible allocation should be avoided by
 - dividing the unit process to be allocated into two or more sub-processes and collecting the input and output data related to these subprocesses,
 - expanding the product system to include the additional functions related to the co-products taking into account the requirements of 5.2.1.
- 2) Where allocation cannot be avoided, the system inputs and outputs should be partitioned between its different products or functions in a way which reflects the underlying physical relationships between them; i.e. they must reflect the way in which the inputs and outputs are changed by quantitative changes in the products or functions delivered by the system. The resulting allocation will not necessarily be in proportion to any simple measure such as the mass or molar flows of co-products.
- 3) Where physical relationships alone cannot be established or used as the basis for allocation the inputs should be allocated between the products and functions in a way which reflects other relationships between them. For example, input and output data might be allocated between co-products in proportion to the economic value of the products.

*) : Step 1 does formally not belong to the allocation procedure.

Literatur

Buxmann, K. (2001): Ökobilanzen über Produkte der Gebäudehülle aus Aluminium. In 15. Diskussionsforum Ökobilanz Vol. 15:

International Organization for Standardization (ISO) (1997-2000): Environmental Management - Life Cycle Assessment. Geneva

International Organization for Standardization (ISO) (1998): Environmental Management - Life Cycle Assessment - Goal and scope definition and inventory analysis. Geneva

Werner, F. (2000): Treatment of recycling of aluminium in LCA; Development and Evaluation of the Value-Corrected Substitution Procedure Applied on Window Frames. EMPA, Dübendorf