

Life Cycle Assessment

Ökobilanzen – Fortschrittsbericht

Franz Saykowski, Manfred Marsmann

Bayer AG, Konzernstab Qualitäts-, Umwelt- und Sicherheitspolitik, D-51368 Leverkusen

Korrespondenzautor: Dr. Franz Saykowski

<p>Zusammenfassung</p> <p>Auf internationaler Ebene haben die Bemühungen um die Normung der Ökobilanz bei der „International Standard Organization (ISO)“ im Jahre 1996 große Fortschritte erreicht. Normen zum Grundsatzpapier (ISO 14040) und zur Sachbilanz (ISO 14041) sollen 1997 verabschiedet werden, erste Normenentwürfe zur Wirkungsabschätzung und Auswertung wurden Ende 1996 wesentlich konkreter. Die vorgestellten Ergebnisse geben einen Überblick über verschiedene Bewertungsansätze. Der wesentliche Nutzen der ISO-Standards liegt in der Möglichkeit, problemorientiert mit der notwendigen Flexibilität Ökobilanz-Studien durchführen zu können. Gleichzeitig sollen durch Sensitivitätsanalyse, Critical Review und angemessene Berichterstattung Mißverständnisse oder Mißbrauch der Ergebnisse vermieden werden.</p>
<p>Schlagwörter: Fallstudien von Ökobilanzen; Internationale Normen für Ökobilanzen; International Standard Organization; Interpretation von Ökobilanzen; Öko-Audit; Ökobilanz; Öko-Audit und Ökobilanz; Vereinheitlichung, Wirkungsabschätzung; Zieldefinition; Sachbilanz</p>
<p>Abstract</p> <p>Life Cycle Assessment: ISO-Standardization</p> <p>With efforts made by the International Standard Organization (ISO) to standardize life cycle assessment procedures, considerable progress could be reached in the year 1996. Standardizations of the "Principles and Framework" (ISO 14040) and the "Inventory" (ISO 14041) will come into force in 1997. Drafts of the "Impact Assessment" and "Interpretation" were specified in 1996. The case studies presented here give an overview on different approaches of "Impact Assessment" and "Interpretation". The main advantage of an ISO-standard will not be the standardization of the impact assessment approach itself. More important than merely the outcome of a life cycle assessment is to assign additional information on the reliability of the results in respect to the formulation of questions.</p>
<p>Keywords: Audit; case studies; goal definition; impact assessment; International Standard Organization; interpretation; inventory analysis; Life Cycle Assessment; LCA and audit; standardization</p>

1 Einführung

Ökobilanzen befinden sich auch heute noch in einer lebhaften Entwicklungsphase, doch konnten die letzten zwei Jahre in vielen Aspekten und Detailfragen Klarheit bringen. Dieser Statusbericht zeigt sowohl die wesentlichen aktuellen Entwicklungen als auch die weiterhin offenen Fragestellungen [1]. Dabei ist es sinnvoll, nicht nur die Entwicklung auf dem Gebiet der Ökobilanzen, sondern auch in anderen Bereichen

zu verfolgen. Die vielschichtigen ökologischen Probleme verlangen ein adäquates Untersuchungskonzept, das aus dem Blickwinkel sehr unterschiedlicher Perspektiven erst alle Facetten des Untersuchungsgegenstandes erschließt. Die Normungsaktivitäten wurden vom „Business Council for Sustainable Development“ (BCSD) innerhalb der International Organization for Standardization (ISO) beim „Technical Committee (TC 207), Environmental Management“ initiiert. Das Subcommittee 5 (SC 5) mit der Bezeichnung „Life Cycle Assessment (LCA)“ setzt sich mit Fragen der Übereinkünfte und Grundregeln der Ökobilanz auseinander.

2 Normungsaktivitäten und ausgewählte Ökobilanzen

2.1 Stand der Normungsaktivitäten

Wesentlich bei Ökobilanzen sind die Systembetrachtung aus dem Blickwinkel des Lebensweges, die Beschreibung der Inanspruchnahme von Ressourcen sowie die Ressourceneffizienz eines Systems und dessen Optimierungspotential oder ökologische Positionierung im Vergleich zu alternativen Systemen. Der ISO-Vorschlag für den Aufbau einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment) unterscheidet die vier Arbeitsschritte „Zieldefinition“ (Goal definition), „Sachbilanz“ (Inventory), „Wirkungsabschätzung“ (Impact Assessment) und „Auswertung“ (Interpretation). **Abbildung 1** gibt einen Überblick über das Konzept der ISO.

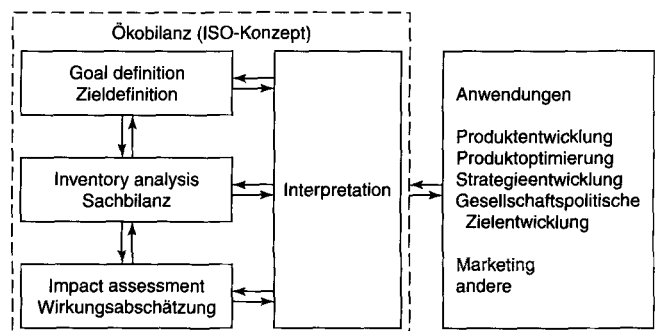


Abb. 1: Das ISO-Konzept zum Aufbau einer Ökobilanz (ISO 14040)

Welche Arbeitsschritte in welcher Tiefe bearbeitet werden müssen, ist abhängig vom Ziel der Ökobilanz. Ein „Life Cycle Assessment (LCA)“ besteht aus allen vier oben genannten Schritten, während eine „Life Cycle Inventory-Studie (LCI)“ keine Wirkungsabschätzung enthält. Nach Auf-

fassung der ISO ist eine flexible Handhabung des Instruments für eine zielführende Anwendung notwendig.

Der Mißbrauch der Instrumente LCA und LCI soll erschwert werden. So offenbart eine Sensitivitätsanalyse, welchen Einfluß die Datenqualität, getroffene Annahmen und Rahmenbedingungen auf das Bilanzergebnis haben. Bei Ökobilanzvergleichen mit öffentlichem Interesse ist die Durchführung einer kritischen Begleitung (critical review) durch externe, unabhängige Experten erforderlich.

Der Entwurf der ISO sieht für Ökobilanzen vier Normen vor, deren Formulierung unterschiedlich weit gediehen ist. Die ISO 14 040 (Principles and Framework, Grundsatzpapier) erreichte im März 1996 auf einer ISO-Konferenz in Rio de Janeiro, Brasilien, den Status eines „Draft of International Standard (DIS)“ und wird nach dem positiven Abstimmungsergebnis mit ca. 95 % Zustimmung der stimmberechtigten Nationen vom November 1996 bis auf redaktionelle Anpassungen im Jahre 1997 veröffentlicht.

Für ISO 14 041 (Inventory Analysis, Sachbilanz), derzeit als „Committee Draft (CD)“ eingestuft, hat die Abstimmung ergeben, daß dieser Entwurf nun als DIS behandelt werden soll. Im Jahre 1997 ist für ISO 14 041 ebenfalls beabsichtigt, den Status einer ISO-Norm zu erreichen.

ISO 14042 (Impact Assessment, Wirkungsabschätzung) und ISO 14043 (Interpretation, Auswertung) haben im Dezember 1996 mit dem CD-Status ebenfalls einen wesentlichen Fortschritt erfahren. Beide Entwürfe verfolgen das Ziel, dem Anwender von Ökobilanzen auf der einen Seite Flexibilität bei der Durchführung und eine problemorientierte Vorgehensweise zu ermöglichen und auf der anderen Seite transparent Fakten von notwendigerweise subjektiven Bewertungen zu trennen. Sensitivitätsanalysen sollen klären, in welchem Ausmaß getroffene Annahmen das Ergebnis beeinflussen können. Der Entscheidungsträger, der die Aussagen der Ökobilanz neben anderen Informationen nutzt, muß ein klares Bild von der Verlässlichkeit der Resultate erlangen. Die aufgeführten Normen werden als europäische und deutsche Normen übernommen werden.

2.2 Ausgewählte Ökobilanzen

Einen guten Überblick über aktuelle LCA-Projekte gibt SPOLD [3]. An dieser Stelle soll auf einige Aspekte ausgewählter Studien eingegangen werden, die geeignet sind, den Fortschritt bei Ökobilanzen sowie Ansätze für deren Erweiterung mittels zusätzlicher Instrumente aufzuzeigen. Die Beispiele betreffen einerseits die systeminterne Schwachstellenanalyse bzw. Optimierung entlang des Lebensweges und andererseits den Vergleich alternativer Systeme mit identischer Funktion.

Verwertung von Kunststoffverpackungen

Gegenstand einer deutschen und einer niederländischen Studie [4, 5] waren die Fragen: Wie sollte eine umweltverträgliche Entsorgung bzw. Verwertung von Kunststoffabfällen aus Verkaufsverpackungen gestaltet sein? Welche Verwertungsverfahren oder Entsorgungswege machen Sinn?

Die deutsche Studie [4] bildet die ökologischen Aspekte („Umweltverträglichkeit“) der zu vergleichenden Verwertungsalternativen über die Beiträge zu Wirkungskategorien bzw. Wirkungspotentialen wie Energieaufwand, Treibhaus-

effekt, Versauerungs- und Eutrophierungspotential sowie Abfällen ab. Sie verzichtet bewußt auf eine Aggregation zu einem einzigen ökologischen Kennwert. Die Studie führt keine Bewertung durch, das heißt, sie gebraucht weder Wichtungsfaktoren für die verschiedenen Wirkungskategorien noch weist sie ein abschließendes ökologisches Gesamturteil aus. Aussagen zur Ökonomie der Verwertungsalternativen sind nicht enthalten. Eine kritische Begutachtung durch unabhängige Experten ist in Vorbereitung.

In der niederländischen Studie [5] dagegen werden sowohl ökologische als auch ökonomische Aspekte verschiedener Verwertungs- bzw. Entsorgungskonzepte abgebildet. Hinsichtlich der ökologischen Wirkungen erfolgt eine Aggregation zu einem Gesamtindex, der den Kosten gegenübergestellt wird. Der ökologische Gesamtindex setzt sich aus sechs gewichteten Wirkungskategorien bzw. -indizes (Treibhauseffekt, Versauerung, Eutrophierung, Dispersion toxischer Substanzen, photochemische Oxidantien, Abfälle) zusammen. Der Energieaufwand ist nicht Gegenstand des ökologischen Teils der Studie. Für die wirkungskategorie-spezifischen Wichtungsfaktoren ist die Differenz zwischen den Ist- und Sollwerten der Belastung („distance to target-Konzept“) ausschlaggebend, die zwischen dem niederländischen Staat und der Wirtschaft branchenbezogen einvernehmlich ausgehandelt wurden.

Herstellung von Tensiden

Mit dem Projekt einer Sachbilanz für Tenside [6] werden Sachbilanzen für sieben bedeutende Tensid-Typen, die sowohl aus fossilen als auch nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, nach einer einheitlichen Methode erstellt. Die Produkt-Lebenswege von der Rohstoffentnahme bis zum jeweiligen Tensid wurden erfaßt und die Ergebnisse der Sachbilanz als Mittelwerte der europäischen Hersteller ausgewiesen. Somit sind daraus firmeninterne Optimierungsstrategien ableitbar. Besonders hingewiesen sei auf das zur Studie erstellte Peer Review (vergleichbar mit dem critical review nach dem ISO-Konzept).

Anbau nachwachsender Energieträger

Ziel der Studie ist die ganzheitliche Bilanzierung von nachwachsenden Energieträgern unter verschiedenen ökologischen Aspekten im Vergleich zu fossilen Energieträgern [7]. Die Studie stellt sich die Aufgabe, zwei Systeme miteinander zu vergleichen, die grundverschieden sind sowohl hinsichtlich der eingesetzten Produktionstechniken, der Emissionsituation als auch der übrigen Auswirkungen auf die Umgebung. Bisher wurden Fragen des Referenzszenarios für die genutzte Ackerfläche, des Pflanzenschutzmitteleinsatzes, der Artenvielfalt, der Art des Landbaues, der Fruchtfolge usw. nicht in der Tiefe behandelt, wie dies die ausführende Projektgruppe anstrebt. Die Studie geht beispielsweise über den Ansatz zur Abbildung ökologischer Effekte der Ökobilanz für Rapsöl(methylester) als Ersatz von Dieselmotorkraftstoff [8] weit hinaus. Die Projektgemeinschaft versteht die Studie als eine Ökobilanz, welche um zusätzliche Module für die Schritte vom Anbau bis zur Ernte erweitert wird und die für den Landbau spezifischen Umweltauswirkungen (z.B. Artenvielfalt) erfaßt.

Nutzungsphase von Kraftfahrzeugen

Die europäische Automobilindustrie hat das Forschungskonsortium EUCAR (European Council for Automotive Research) gebildet, das sich neben rein technischen Aspekten auch mit Ökobilanzen befaßt [9]. Erkenntnisse aus diesen Studien müssen bereits in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung neuer Fahrzeuge einfließen. Zu diesem Zweck werden beispielsweise Richtlinien erarbeitet, gemeinsame Datenbanken zu Werkstoffen eingerichtet und eine konsensfähige Basis zur Beschreibung der Nutzungsphase des Automobils entwickelt. Neben Datenlücken im Bereich der Werkstoffe kommt der Beschreibung der schwierig zu fassenden Nutzphase des Automobils große Bedeutung zu, da es gilt, das Verbraucherverhalten zutreffend zu beschreiben.

Auswahl von Getränkeverpackungen

Die Ökobilanz für Getränkeverpackungen [10] wird hier erwähnt, weil in dieser Studie am Beispiel von Bier- und Milchverpackungen ein Bewertungskonzept entwickelt worden ist, das ebenso wie in der zitierten niederländischen Studie eine ökologische Gesamtbewertung des betrachteten Systems verfolgt. Die Wichtung der Wirkungskategorien relativ zueinander wird verbal-argumentativ gewonnen, indem einerseits die spezifischen Beiträge des betrachteten Systems zum jeweiligen Wirkungspotential und andererseits die ökologische Bedeutung der entsprechenden Wirkungskategorie berücksichtigt werden. Eine ökonomische Bewertung wird nicht vorgenommen. Hingewiesen sei auf eine alternative Aufbereitung der Sachbilanzdaten mit zum Teil abweichenden Wirkungskategorien [11].

3 Diskussion

Die genannten Beispiele belegen das zunehmende Interesse an Ökobilanzen als Instrument zur Aufdeckung von Optimierungspotentialen innerhalb eines Systems ebenso wie auch als Hilfestellung zur Entscheidungsfindung bei der Auswahl von konkurrierenden Alternativsystemen (Ökovergleiche). Gleichzeitig sind Bemühungen unübersehbar, den Qualitätsstandard bei Ökobilanzen zu heben bzw. zu sichern und bereits heute einige Aspekte der ISO-Normen zu realisieren.

Bei der Wirkungsabschätzung (Impact assessment) wird zur Zeit, soweit in den Studien realisiert, mit unterschiedlichen Wirkungskategorien, Aggregationsverfahren und -graden gearbeitet. Die „Bewertung“ im Sinne einer Wichtung zwischen den verschiedenen Wirkungspotentialen wird entweder bewußt vermieden oder erfolgt nach unterschiedlichen Konzepten. Offensichtlich besteht in manchen Fällen die Notwendigkeit, die Ökobilanz um andere Instrumente zu ergänzen, weil nur so ein ökologisch vollständiges Bild des in Frage stehenden Systems aufgebaut werden kann.

Da im Bereich der Sachbilanz weitgehend Konsens über die Vorgehensweise besteht und dies auch durch den weit fortgeschrittenen Normungsprozeß zur Sachbilanz bei der ISO belegt ist, werden die folgenden Fragen behandelt:

- Positionierung der Ökobilanz relativ zu anderen Untersuchungskonzepten,
- Inhalte der Wirkungsabschätzung (Wirkungskategorien) und
- die zielführende Bewertung innerhalb oder außerhalb der Ökobilanz.

Bei der Ausgestaltung der Ökobilanz befindet man sich in einem Zielkonflikt. Einerseits gewinnt sie an Attraktivität, je mehr Umweltaspekte zusammenfassend bzw. abschließend behandelt werden können. Andererseits variiert die Aussagekraft von Umweltaspekt zu Umweltaspekt, je nachdem, ob eher globale oder lokale Effekte bzw. Effektpotentiale beschrieben werden.

3.1 Positionierung der Ökobilanz zu anderen Instrumenten

Der wesentliche Aspekt der Ökobilanzen ist die Lebenswegbetrachtung für Produkte und Dienstleistungen von der Entnahme der Rohstoffe und Energie aus der Natur bis zur endgültigen Abgabe der Stoffe und Energie an die Umgebung als Emissionen, Abfälle und Abwärme. Systeme und insbesondere Systemalternativen können darauf hin untersucht werden, ob sie unter bestimmten Umweltaspekten optimiert sind bzw. ein Optimierungspotential aufweisen. Die Lebensweg-Idee der Ökobilanz paßt gut zu den Konzepten „Responsible Care“, „Product Stewardship“ oder „Sustainable Development“, die letztlich von einer umfassenderen Verantwortungswahrnehmung ausgehen. Einige wesentliche Aspekte dieser Ansätze werden nur umsetzbar, wenn sowohl der Lebensweggedanke als auch die Ressourcenanspruchnahme (hinsichtlich Rohstoffentnahme wie auch Emissionen) beachtet werden.

Ökobilanz und Öko-Audit

Allerdings trifft dies auch für andere Werkzeuge zu, die nicht den Lebensweggedanken, sondern zum Beispiel den Standortaspekt oder die Analyse der Managementstrukturen eines Unternehmens berücksichtigen, wie dies beim Öko-Audit der Fall ist. Auch bei diesem Instrument steht das eigenverantwortliche Handeln des Unternehmens im Vordergrund. Die konsequente Anwendung führt zu einer stetigen Verbesserung hinsichtlich der eigenverantwortlich gesteckten Umweltziele und erreicht so eine ökologische Optimierung an einem Standort. Es sei darauf hingewiesen, daß eine Optimierung unter standortspezifischen Aspekten nicht auch zwangsläufig in eine am Lebensweg ausgerichtete Optimierung einmünden muß. In diesem Fall kann sich ein Zielkonflikt ergeben.

Ökobilanz im Verbund mit anderen Instrumenten

Mit Hilfe von Risikoabschätzungen für einen Stoff können bei Kenntnis lokaler Gegebenheiten und der konkreten Immissions- und Expositionssituation akute oder chronische, unerwünschte ökologische Wirkungen erkannt und Lösungsstrategien entwickelt werden. Umweltverträglichkeitsprüfung, Altstoff- und Neustoffbewertung stellen weitere Blickwinkel dar, aus denen heraus ökologische Fragestellungen angegangen werden. Die zufriedenstellende Abarbeitung dieser wichtigen Themenfelder außerhalb der Ökobilanz auf einer entsprechend geeigneten Datenbasis bietet den Vorteil, in der Bilanz selbst keine Umweltaspekte betrachten zu müssen, die durch die typischerweise gegebenen Ökobilanz-Daten in Form von Frachten nur sehr schwer zutreffend abzuhandeln wären.

3.2 Wirkungsabschätzung

Bei der großen Zahl der Sachbilanzparameter kann durch eine begrenzte Zahl von Wirkungskategorien der umfangrei-

che Datensatz zu einem handhabbaren Satz von Wirkungspotentialen aggregiert werden, der die Auswertung der Bilanzergebnisse erleichtert. Die Aussagekraft und Interpretierbarkeit einer Wirkungskategorie ist eine Funktion der Homogenität der in ihr eingeschlossenen Wirkaspekte. Für ein vorgegebenes, abzubildendes Wirkspektrum bzw. -potential nimmt dann zwangsläufig mit zunehmender Kategorien-Homogenität auch die Zahl der zu betrachtenden Wirkungskategorien zu. Die Auswertung wird entsprechend komplex.

4 Bewertung/Ableitung von Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse einer zunächst bewertungsfreien Abschätzung von Wirkungspotentialen wird ausgewertet und in Entscheidungsprozesse eingebunden. Entscheidende Fragen sind:

- Muß eine Bewertung innerhalb einer Ökobilanz durchgeführt werden oder ist es zweckmäßiger, dies außerhalb der Bilanz als Teil eines Entscheidungsprozesses vorzunehmen?
- Erlaubt die aus dem Blickwinkel der Ökobilanz entwickelte Bewertung bereits ein abschließendes, zufriedenstellendes und verwendbares ökologisches Urteil?
- Falls nein, wie können zusätzliche, relevante ökologische Aspekte in eine Bewertung einfließen?
- Wie werden ökologische Aspekte adäquat mit ökonomischen und sozialen Aspekten in die Bewertung eingebracht?
- Wer nimmt die ökologische, wer die ökonomische und soziale Bewertung vor?
- Wo liegen die Bewertungs- und Entscheidungskompetenz bzw. -verantwortung?
- Welche Bewertungen oder Entscheidungen wurden bereits an anderer Stelle (siehe z.B. Enquete Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ [12]) mit welchem Verbindlichkeitsgrad vorgenommen?

Sowohl der durch eine Ökobilanz gestützte Entscheidungsprozeß als auch die Bewertung innerhalb einer Bilanz sind nie frei von subjektiver Bewertung [13]. Es geht somit nicht um die Frage, ob bewertet werden muß oder nicht und auch nicht darum, ob es einen objektiven Weg gibt oder nicht. Die Frage ist vielmehr, auf welchem Weg man die nützlichsten, schnellsten und tragfähigsten Entscheidungen erzeugen kann. Bevor man in die Detaildiskussion zahlreicher Bewertungskonzepte [14] geht, sollten folgende Kriterienanforderungen für Bewertungskonzepte im Zusammenhang mit Ökobilanzen beachtet werden:

- Ökobilanzen müssen ihre Kompaßfunktion erfüllen und zuverlässig jene Optimierungspotentiale aufdecken können, die sich nur über eine Lebenswegbetrachtung erschließen,
- Ökobilanzen müssen in Abhängigkeit vom Bilanzziel maßgeschneiderte, hinreichend differenzierte Aussagen für die beabsichtigten Abwäge- bzw. Entscheidungsprozesse liefern,
- mit anderen Instrumenten erzielte ökologische Aussagen sowie soziale und ökonomische Aspekte müssen adäquat in diese Abwäge- und Entscheidungsprozesse einfließen.

Abbildung 2 stellt diesen iterativen Entscheidungsprozeß dar, in den Erkenntnisse aus unterschiedlichen ökologischen und weiteren Instrumenten einfließen. **Resümee:** Der Entwicklungsprozeß bei Ökobilanzen zeigt sich in den praktischen Erfahrungen sowie in den methodischen Weiterentwicklungen. Erst durch die stetig steigende Anzahl von mit dem Bilanzkonzept vertrauten Akteuren ist es möglich geworden, nach einem international tragfähigen Konsens nicht nur zu suchen, sondern ihn in wesentlichen Aspekten auch bereits zu erreichen. Die Fortschritte bei ISO zum „Life Cycle Assessment“ belegen dies eindrucksvoll. Zugleich haben die praktischen Erfahrungen mit konkreten Bilanzergebnis-

sen die Möglichkeiten und Grenzen des Instrumentes aufgezeigt und die verschiedenen Interessengruppen gezwungen, mit den erhaltenen Ergebnissen umzugehen. Es ist nicht verwunderlich, wenn dies in einer freien Gesellschaft mit divergierenden Interessen kontrovers geschieht. Gerade in dieser Situation entfaltet die Ökobilanz eine ihrer Stärken: sie trägt zu einer Versachlichung der Diskussion sowohl am konkreten Problem als auch bei grundlegenden Fragestellungen bei und führt Interessengruppen mit zunächst deutlich verschiedenen Interessen an einen Tisch.

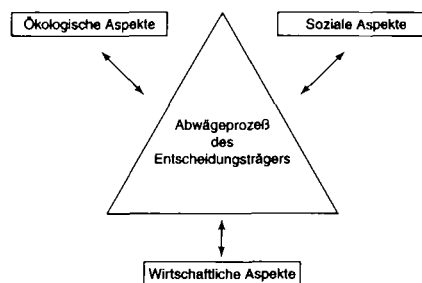


Abb. 2: Ökobilanzen als Entscheidungshilfe

5 Literatur

- [1] HULPKE, H.; MARSMANN, M. (1994): Ökobilanzen und Ökovergleiche. *Nachr. Chem. Tech. Lab.* 42, 1
- [2] JENSEN, A.A. (1996): LCA on the right track! *Int. J. LCA* 1, 121
- [3] Directory of Life Cycle Inventory Data Sources, Society for the Promotion of Life-Cycle Assessment Development (SPOLD), Brüssel, Belgien
- [4] Arbeitsgemeinschaft Kunststoffverwertung (1995): Ökobilanzen zur Verwertung von Kunststoffabfällen aus Verkaufsverpackungen. Auftraggeber: Deutsche und Europäische Kunststoffindustrie (VKE, APME), Duales System Deutschland (DSD), Verband der Chemischen Industrie (VCI); Kurzfassung, präsentiert am 20. September 1995 in Bonn
- [5] Disposal of Plastics Household Waste: analysis of environmental impacts and costs. Centrum voor energiebesparing en schone technologie, Delft, Niederlande, November 1994
- [6] STALMANS, M. (1995): Bestandsaufnahme zur Erstellung einer Ökobilanz für die Produktion von Waschmitteltensiden in Europe. *Tenside Surf. Det.* 32, 84-109
- [7] Projektgemeinschaft Bioenergieträger (1996): Ganzheitliche Bilanzierung von nachwachsenden Energieträgern unter verschiedenen ökologischen Aspekten. Auszug in DGMK-Berichte, Tagungsbericht Nr. 9603 (Endbericht in Druck)
- [8] Umweltbundesamt (1993): Ökologische Bilanz Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz von Dieselmethylester. UBA-Texte 4/93, Berlin
- [9] KANIUT C.; BEYER H.-M.; NEUMANN U. (1996): Ökobilanz-Gemeinschaftsprojekt (EUCAR-ICA) europäischer Automobilhersteller. Vortrag anlässlich der UTECH Berlin, Umwelttechnologieforum 96, Seminar Nr. 48, Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz e.V., Berlin
- [10] Umweltbundesamt (1995): Ökobilanz für Getränkeverpackungen. Berlin, 16. März 1995
- [11] GÜNTHER A.; HOLLEY W. (1995): Aggregierte Sachökobilanz-Ergebnisse für Frischmilch- und Biverpackungen, Fraunhofer-Institut, München, im Auftrag des Deutschen Verpackungsbeirates. *Verpackungs Rundschau* 46, 53-60
- [12] Deutscher Bundestag (1994): „Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“. Bericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“, Bundestags-Drucksache 12/8260, 12.07.1994
- [13] GRAHL, B.; SCHMINCKE, E. (1995): Bewertungs- und Entscheidungsprozesse im Rahmen der Ökobilanz. *UWSF - Z. Umweltchem. Ökotox.* 7, 110-113
- [14] Umweltbundesamt (1995): Methodik der produktbezogenen Ökobilanz, Wirkungsbilanz und Bewertung. UBA-Texte 23/95, Berlin