

Life Cycle e-Valuation Produkt, Service, System

Claus Lang-Koetz
Stefanie Springer
Severin Beucker

Stuttgart 2006

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**

Herausgeber: Claus Lang-Koetz, Stefanie Springer,
Severin Beucker
Verlag: Fraunhofer IRB Verlag
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Copyright: nova-net Konsortium, und
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO,
Stuttgart
ISBN: 3-8167-7044-4

Erscheinungsjahr: 2006

Auslieferung und Vertrieb: Fraunhofer IRB Verlag
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711/9 70-25 00
Telefax +49 (0) 711/9 70-25 08
www.irb.buch.de
www publica.fhg.de

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, daß solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichengesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangssituation	2
2	Konzepte, Begriffe, Methodik	3
2.1	Life Cycle Management und Integrierte Produktpolitik	3
2.2	Umweltwirkungsbewertung durch Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment).....	4
2.3	Erweiterte Wirtschaftlichkeitsberechnungen/Betriebliche Anwendung.....	10
2.3.1	Ökoeffizienz-Analyse.....	10
2.3.2	Life Cycle Costing.....	11
2.3.3	Design for Environment	12
3	Informationstechnische Unterstützung.....	15
3.1	Software und Online-Unterstützung.....	15
3.1.1	Umweltwirkungsbewertung/Ökobilanzierung.....	15
3.1.2	Ökoeffizienz-Analyse und Life Cycle Costing.....	17
3.1.3	Design for Environment	17
3.1.4	Softwareunterstützung für die frühen Phasen der Produktentstehung/Ideengenerierung	18
3.2	Übersicht von Software-Tools.....	20
4	Schnittstellen zu den anderen Themenschwerpunkten.....	23
5	Grenzen und Potenziale	23
6	Fazit.....	25
7	Literatur	26

1 Ausgangssituation

Die Bewertung von Produkten, Services/Dienstleistungen und Produktsystemen im Rahmen eines unternehmerischen Innovationsprozesses erfordert eine frühzeitige und lebenszyklusweite Abschätzung von Nachhaltigkeitseffekten. Unterschieden werden können die Nachhaltigkeitswirkungen u.a. dahingehend, ob sie sich direkt aus der Herstellung und Nutzung einer Produktinnovation ergeben oder ob sie indirekt auf (unvorhersehbare) Veränderungen im Nutzungssystem, d.h. z. B. auf Verhaltensveränderungen und/oder Synergieeffekte zurückzuführen sind. So kann der sogenannte „Reboundeffekt“ dazu führen, dass zunächst positive Beiträge eines Produktes zur ökologischen Nachhaltigkeit durch die mit ihr verbundenen Wachstumseffekte wieder aufgezehrt wird.

Bislang mangelt es an einer umfassenden Bewertungsmethodik, die sowohl direkte als auch indirekte Effekte in die Bewertung von Produkten, Services und Produktsystemen in der Analyse erfassen kann. Anhaltspunkte für eine integrative Betrachtung liefern erste konzeptionelle Studien, die Vorschläge für umfassende Abschätzung von Nachhaltigkeitspotenzialen und -effekten, teils in einzelnen Innovationsfeldern und Schlüsseltechnologien, vorgelegt haben (Coenen/Grunwald 2003, 353 ff., Paech/Pfriem 2004, 35 ff.). Zurückgegriffen werden kann weiterhin auf Methoden und Ansätze, die Teilaspekte einer Nachhaltigkeitsbewertung zulassen und für den Innovationsprozess aufbereiten können. Insbesondere der Ansatz der Ökobilanzierung ist als vielversprechend für eine Anwendung und Weiterentwicklung im Themenfeld „Life Cycle e-Valuation Produkt, Service, System“ hervorzuheben und zwar aus folgenden Gründen:

- a) Seit den ersten methodischen Ansätzen zur Ökobilanzierung in den Jahren 1969 bzw. 1972 (vgl. dk-Teknik, SustainAbility 1997) hat sich um das Thema eine intensive wissenschaftliche Diskussion um die Bewertung der von Produkten verursachten Umweltwirkungen, Kosten und sozialen Effekte entwickelt. Diese Diskussion liefert wichtige Hinweise für die Bewertung von Produkt- und Serviceinnovationen unter Nachhaltigkeitsaspekten.
- b) Die lebenszyklusweite Betrachtung („von der Wiege bis zur Bahre“) eines Produktes oder einer Dienstleistung, die immanenter Bestandteil der Methode Ökobilanzierung ist, erfordert eine ganzheitliche Betrachtung von Produkten und Dienstleistungen (Schaltegger, Burritt 2000). Sie erfordert das Denken in Lebenszyklen (Life Cycle Thinking, siehe dk-Teknik, SustainAbility 1997) und stellt einen geeigneten Ansatz für die Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten dar, die erst aus der systemischen Betrachtung deutlich werden.
- c) Am Beispiel der Methode Ökobilanzierung lassen sich die Bemühungen, Schwierigkeiten und partielle Erfolge einer online bzw. informationstechnischen Unterstützung des Bewertungsprozesses verdeutlichen. Dies liefert wichtige

Hinweise für die Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten im Innovationsprozess sowie deren informationstechnische Unterstützung.

Darüber hinaus sind eine Reihe weiterer Methoden verfügbar, die ebenfalls für die Bewertung einzelner Nachhaltigkeitsaspekte genutzt werden können und deshalb im Rahmen dieses Papiers vorgestellt werden sollen. Zu nennen sind neben den übergeordneten Rahmenkonzepten Integrierte Produktpolitik und Life Cycle Management die Methoden Life Cycle Costing, die Ökoeffizienz-Analyse und Design for Environment. Diese Methoden erfassen jeweils unterschiedliche Aspekte einer Nachhaltigkeitsbewertung und bieten verschiedene Ansatzpunkte für eine online bzw. informationstechnische Unterstützung.

2 Konzepte, Begriffe, Methodik

Unter Life Cycle e-Valuation wird im Projekt nova-net die online bzw. informationstechnisch unterstützte Bewertung von Umweltwirkungen als einem zentralen Bestandteil einer Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten, Dienstleistungen oder Produktsystemen verstanden.

Dazu werden im Folgenden zunächst übergreifende Konzepte und Methoden der Umweltwirkungsbewertung vorgestellt. Deren informationstechnische Unterstützung wird in Kapitel 3 behandelt.

2.1 Life Cycle Management und Integrierte Produktpolitik

Rahmenkonzepte zur ganzheitlichen Betrachtung von Produkten über ihren gesamten Lebenszyklus stellen das Life Cycle Management und die Integrierte Produktpolitik dar. Beide Konzepte haben zum Ziel, die produktbezogenen Effekte und Wirkungen stärker in den Mittelpunkt zu stellen. Für Unternehmen werden sie erst durch den Einsatz weiterer Methoden und Instrumente umsetz- und anwendbar.

Die **Integrierte Produktpolitik (IPP)** fordert die Verbesserung der ökologischen Eigenschaften von Produkten und Dienstleistungen und will dazu das gesamte Marktgeschehen und nicht nur einzelne Marktsegmente ökologisch ausrichten. Dazu gibt es laut Rubik (2000) folgende vier Ansätze:

- „Erhöhung der ökologischen Reichweite von Innovationen
- Diffusion existierender ökoeffizienter Nischenprodukte in die Massenmärkte
- Schaffung neuer – vorübergehender – Nischenmärkte für ökoeffiziente Produkte und Dienstleistungen,
- Unterstützung wie Stimulierung von Umweltinnovationen und deren Marktdiffusion“.

Aus der IPP lassen sich konkrete Anforderungen an Unternehmen hinsichtlich der Schaffung ökoeffizienter, langlebiger und umweltverträglicher Produkte ableiten. Die IPP richtet sich aber auch an staatliche Akteure, die Rahmenbedingungen für eine ökologische Ausrichtung von Märkten schaffen müssen. Beispiele für solche Maßnahmen finden sich z.B. im Freistaat Bayern. Dort wurden erste Projekten zum Aufbau eines ökologischen Beschaffungswesen für die öffentliche Verwaltung aufgelegt.

Der Begriff **Life Cycle Management (LCM)** ist unterschiedlich besetzt. Stellvertretend für die nachhaltigkeitsorientierten Ansätze des LCM soll hier das Konzept der UNEP/SETAC Life Cycle Initiative angesprochen werden, das für die Integration der Lebenszyklusperspektive in die Gesamtstrategie, die Planung und die Entscheidungsprozesse von Organisationen mit Bezug zu ihrem Produktportfolio steht. Das LCM umspannt verschiedene Bereiche wie die lebenszyklusbasierte Produktentwicklung, die Kommunikation von Lebenszyklusinformationen, das Management von Produkten entlang ihres Lebenszykluses, auch Managementsysteme entlang der Wertschöpfungskette von Unternehmen sowie die Einbeziehung von Stakeholdern (vgl. Saur et al 2003).

Aus technischer Sicht werden unter dem Begriff Life Cycle Management informationstechnische Lösungen zur Definition und Verwaltung digitaler Produktmodelle eines Produkts über seinen gesamten Lebenszyklus verstanden. Dabei liegen die Schwerpunkte in Produktentwicklung und Produktnutzung. Dies ist auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht interessant. So sind für Maschinen z.B. die höchsten Kosten und Erlöse in der Phase ihrer Nutzung zu erwarten, sodass eine Erfassung und Verarbeitung von Daten für ein digitales Produktmodell insbesondere aus ihrem laufenden Betrieb für eine Optimierung, Diagnose oder Wartung sinnvoll sind (vgl. Industrieanzeiger 2003a). Eine Aufbereitung produktbezogener Daten für die Aufbereitung eines Produkts am Ende seines Lebenszyklus kann z. B. über einen so genannten Recyclingpass geschehen (vgl. Industrieanzeiger 2003b und im Internet <http://www.recyclingpass.net>).

2.2 Umweltwirkungsbewertung durch Ökobilanzierung (Life Cycle Assessment)

Eine verbreitete Methode zur Bewertung von Umweltwirkungen von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen, stellt die Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA) dar. Sie liefert eine Vorgehensweise zur Abschätzung der mit einem Produkt oder einer Dienstleistung verbundenen Umweltaspekte und Umweltwirkungen. Diese werden im Verlauf des Lebensweges eines Produktes („von der Wiege bis zur Bahre“) von der Rohstoffgewinnung, über Produktion, Anwendung bis zur Beseitigung erfasst (vgl. DIN EN ISO 14040).

Mit der international gültigen Normenreihe ISO 14040 ff. wurde ein Standard geschaffen, der ein Rahmenwerk für die Durchführung von Ökobilanzen zur Verfü-

gung stellt. Die Veröffentlichung der Normenreihe hat zu einer begrifflichen und methodischen Klärung der Diskussion um den Ansatz der Ökobilanzierung beigetragen.

Die Durchführung einer Ökobilanz besteht aus den Elementen „Definition von Ziel und Umfang“, „Sachbilanz“, „Wirkungsbilanz“ und „Auswertung und Interpretation“ (vgl. Abbildung 1). In der Sachbilanz werden die im Produktlebenszyklus ausgelösten oder verwendeten Stoff- und Energieströme ohne Bewertung zusammen gestellt, in der Wirkungsbilanz werden die Auswirkungen dieser Ströme quantifiziert. Dazu existiert eine Vielzahl von Methoden, die mit unterschiedlichen Bewertungsansätzen arbeiten. Aufgrund der Verschiedenartigkeit der Bewertungsansätze ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Ökobilanzen oft nicht gegeben.

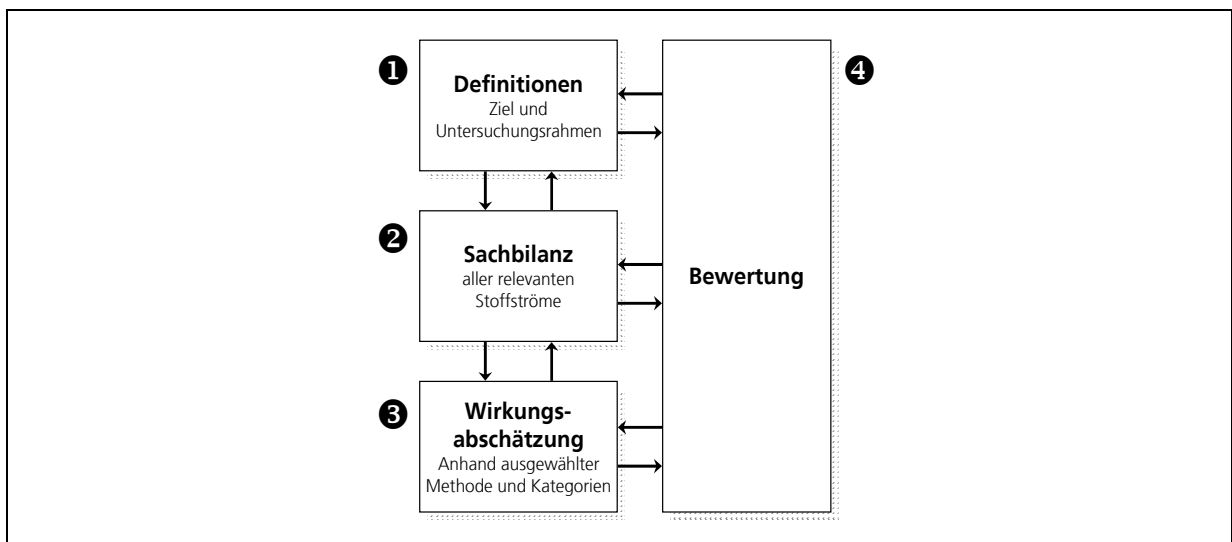


Abbildung 1: Vorgehensweise einer Ökobilanz nach ISO 14040 (aus DIN EN ISO 14040)

Die Wirkungsabschätzung dient dem Erkennen und der Beurteilung der Größe und Bedeutung von potenziellen Umweltauswirkungen (vgl. DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14042). Mit ihr erfolgt eine Umrechnung von Mengen (Größen) in Wirkungen (Bedeutungen).

Anwendung in der Praxis

Der Begriff der Ökobilanzierung wird zwar häufig mit der Bilanzierung von Produkten in Verbindung gebracht, die Methode kann jedoch auch für die Bilanzierung von Prozessen, Aktivitäten und Infrastrukturen eingesetzt werden. Schaltegger/Burritt (2000) und dk-Teknik/Sustainability (1997) sehen die wichtigsten Anwendungsgebiete der Ökobilanz im Unternehmen in den Gebieten Design-, Produkt- und Prozessverbesserung, dem Beitrag zum Ecolabeling und zu Umwelterklärungen sowie in der Kommunikation mit Stakeholdern.

Der Einsatz von Ökobilanzen im Unternehmen ist in der Praxis mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Insbesondere die Beschaffung von Sachbilanzdaten ist mit hohem personellem und finanziellem Aufwand verbunden (Schaltegger/Burritt 2000). Bei der erstmaligen Durchführung einer Ökobilanz kommt dies besonders stark zum tragen. Die Sachbilanzdaten müssen, um aussagekräftige Ergebnisse zu liefern, unternehmens- und branchenspezifische Besonderheiten ebenso berücksichtigen wie regionale und nationale Unterschiede. Eine Schwierigkeit liegt darin, dass mit steigender Genauigkeit und Spezifikation der Sachbilanzdaten zwar ihre absolute Genauigkeit zunimmt, die Vergleichbarkeit mit anderen Ökobilanzen aber abnimmt.

Um den Aufwand für die Beschaffung von Sachbilanzdaten zu verringern, wurden in einigen Ländern (z. B. in Schweden, Holland, der Schweiz und in Deutschland) Initiativen zur Vereinheitlichung und Standardisierung von Sachbilanzdaten gestartet. Diese bieten zum Teil generische Datensätze in dem international anerkannten SPOLD¹-Format an, die online bezogen und in Softwaresystemen für die Ökobilanzierung genutzt werden können (siehe Kapitel 3.1).

Die Bereitstellung und Nutzung generischer Sachbilanzdaten wird trotz der damit verbundenen Erleichterung für die Anwender auch kritisch gesehen. Da es sich bei diesen Daten immer um Durchschnittswerte handelt, besteht die Gefahr, dass die Bilanzergebnisse nur unzureichend die tatsächlichen Umweltwirkungen des betrachteten Prozesses oder Produkts wiedergeben (Schaltegger/Burritt 2000).

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung des Aufwandes bei der Durchführung einer Ökobilanz besteht in der Vereinfachung der Methodik selbst. Neben der DIN EN ISO 14040 Reihe gibt es verkürzte Ansätze für Ökobilanzen, die mit vereinfachten Methoden, Daten und Bewertungsverfahren arbeiten. Abbildung 2 (Schaltegger/Burritt 2000) stellt die Ansätze der vereinfachten Umweltwirkungsrechnung Life Cycle Review, Matrix Approach, Streamlined LCA in Bezug zur vollständigen LCA und verdeutlicht, dass jeweils steigende Stufen an Daten und Datenqualität notwendig sind, die auch mit wachsenden finanziellen und personellen Ressourcen einhergehen.

¹ SPOLD- Society for Promotion of Life-Cycle Assessment Development, siehe www.spold.org

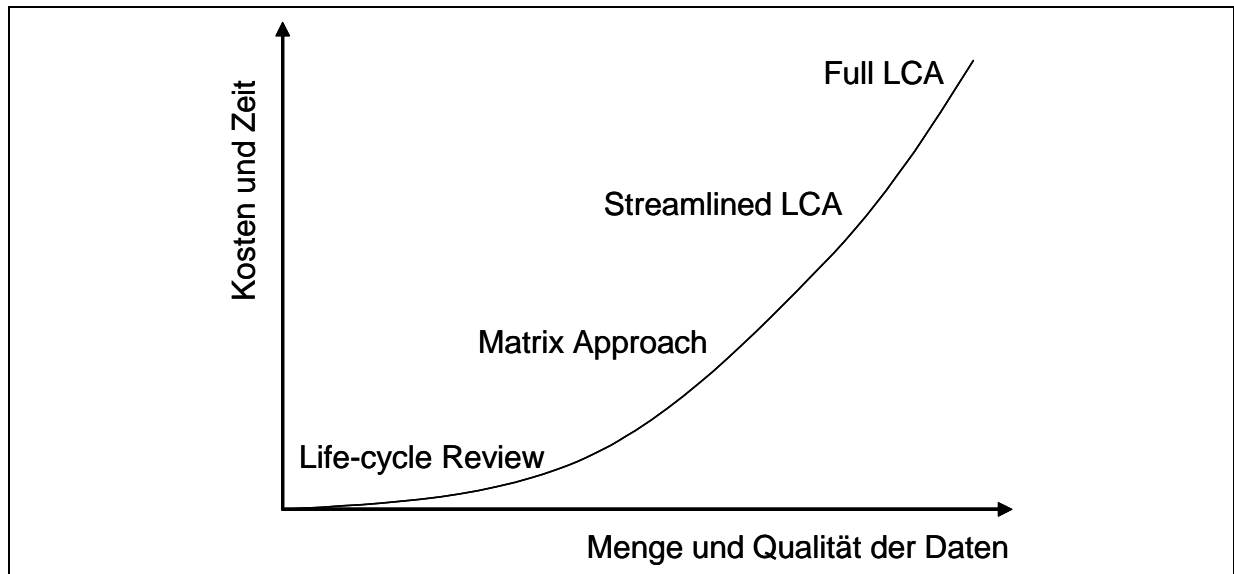


Abbildung 2: Methodische Ansätze für Ökobilanzierung im relativen Vergleich (aus Schaltegger/Burritt 2000)

Im Life-cycle Review wird ein Flussdiagramm erstellt, um die grundlegenden Komponenten eines Produktlebenszyklus darzustellen und zu bewerten. Es werden Struktur und Systemgrenzen abgebildet, aber keine quantitativen Daten ermittelt. Beim Matrix Ansatz hingegen wird eine Matrix mit den Dimensionen Umweltwirkung und Lebenszyklusphasen erstellt und damit alle Phasen mit besonderer Relevanz für die Umwelt identifiziert. Dazu werden Bewertungen zwischen 0 (höchste Umweltwirkung) und 4 (geringste Umweltwirkung) vergeben. Dieser Ansatz wird z.B. von der Firma AT&T genutzt, um Lebenszyklusphasen und Designoptionen zur Verbesserung der Umwelleistung der Produkte zu identifizieren.

In der unternehmerischen Praxis kommt insbesondere der ‚Streamlined LCA‘ als vereinfachtes und reduziertes Ökobilanzierungsverfahren eine wichtige Funktion zu. Auch bei der Streamlined LCA konkurrieren eine Reihe von verschiedenen Ansätzen. Beispielhaft soll hier die Methode der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) vorgestellt werden. Die ‚Streamlined‘ oder ‚Simplified LCA‘ im Verständnis der SETAC folgt zwar dem Ablauf einer vollständigen LCA nach DIN EN ISO 14040, arbeitet jedoch mit Vereinfachungen (dk-Teknik/Sustainability 1997):

- Im Screening werden Teile des Lebenszyklus oder bestimmte Elementarflüsse identifiziert, die entweder besonders wichtig sind oder Datenlücken aufweisen.
- In der Vereinfachung werden die Ergebnisse des Screening benutzt, um die weitere Arbeit auf die priorisierten Teile des Systems oder die wichtigsten Elementarflüsse zu fokussieren.

- In der Zuverlässigkeitsbewertung (reliability assessment) wird überprüft, ob die durchgeführten Vereinfachungen die Zuverlässigkeit des Endergebnis nicht signifikant vermindert haben.

Abhängig von der jeweiligen Anwendung, können quantitative oder qualitative Daten genutzt werden. Screening-Indikatoren wie z. B. Energiebedarf, MIPS (Materialintensitäten pro Serviceeinheit) oder Schlüsselsubstanzen können verwendet werden, um so genannte Hot Spots im Lebenszyklus zu identifizieren (dk-Teknik/SustainAbility 1997).

Eine Simplified LCA ermöglicht eine vereinfachte Bewertung von Umweltwirkungen mit deutlich reduziertem Personal- und Kostenaufwand. Dadurch stellt sie ein wichtiges Instrument v.a. für die unternehmensinterne Anwendung dar im Unternehmen dar. Im Gegensatz zu einer vollständigen Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 ff ist sie an keine formellen Bedingungen geknüpft (dk-Teknik, SustainAbility 1997). Allerdings sollten die Nutzer der Ergebnisse über die Einschränkungen der Simplified LCA unterrichtet werden, indem die durchgeführten Vereinfachung offen gelegt werden.

Zusammengefasst konzentrieren sich die vorgestellten Ansätze auf eine Vereinfachung und Vereinheitlichung von Sachbilanzdaten und deren Bilanzierungsmethodiken. Daneben stellt auch die Bewertung der Wirkungen der identifizierten Sachbilanzen ein Feld intensiver Diskussionen dar. Abbildung 3 gibt einen Überblick über bekannte Methoden der Wirkungsbewertung. Es wird deutlich, dass die Methoden nicht nur unterschiedliche Kategorien und Indikatoren für die Bewertung von Umweltwirkungen heranziehen sondern auch zu grundsätzlich unterschiedlichen Arten von Ergebnissen kommen. Diese reichen von verbal-argumentativen Ergebnissen über monetäre Werte bis zu Umweltindizes.

Method	Gliederung	Bewertung	Ergebnis
ABC Methode	Sachbilanz-bezogen	anwendungsspezifisch, Bewertungsraaster	verbal-argumentativ
Immissionsgrenzwert-Methode	Sachbilanz-bezogen	Schwellenwert, Gewichtung mit Grenzwerten	Abfall, Energie, Wasser, Luft
Stoffflussmethode	Sachbilanz-bezogen	Ökologische Knappheit	monetärer Wert
EPS Methode	Sachbilanz-bezogen	Analyse des willingness to pay	monetärer Wert
Tellus Methode	Sachbilanz-bezogen	Vermeidung von Kosten	monetärer Wert
CML/ MET	Wirkungs-bezogen (14 Kategorien)	Normalisierung (Welt), Umweltpolitikziele	Umwelt-Index
Eco Indicator	Wirkungs-bezogen (9 Kategorien)	Normalisierung (Europa)	Umwelt-Index
UBA Methode	Wirkungs-bezogen (10 Kategorien)	Normalisierung (Deutschland), Umweltrelevanz	verbal-argumentative
IKP Methode	Wirkungs-bezogen (14 Kategorien)	anwendungsspezifische Gewichtung, Nutzenanalyse	Nutzenanalyse
MIPS	Ressourcenverbrauch	Materialinputs	Materialintensität pro Serviceeinheit
KEA	Energie Verbrauch	Energieverbrauchs	Energie-Input

Abbildung 3: Auswahl von Bewertungsmethoden für die Wirkungsabschätzung

Weitere Entwicklungen in der Methodik der Ökobilanzierung

Existierende Verfahren der Ökobilanzierung konzentrieren sich auf die Bewertung von Umweltwirkungen und können daher im Rahmen von Nachhaltigkeitsbewertungen nur den definierten Teil der ökologischen Effekte bzw. Umweltwirkungen abbilden.

Zwar gibt es Ansätze die auf eine methodische Erweiterung der Ökobilanzierung um ökonomische Kosten und soziale Effekte abzielen (vgl. z.B. dk-Teknik/SustainAbility 1997), es erscheint jedoch weitaus sinnvoller, dass Ergebnisse der Ökobilanzierung im Rahmen von Nachhaltigkeitsbewertungen genutzt werden, als dass die Methode der Ökobilanzierung selbst um Kostenaspekte und soziale Faktoren ergänzt wird. Jedoch sind insbesondere für die Betrachtung lebenszyklusweiter Kosten unter dem Stichwort des Life Cycle Costing (LCC) eigene methodische Ansätze entstanden, die auf die Betrachtung der über den vollständigen Produktlebenszyklus anfallenden Kosten abzielen. Eine genauere Beschreibung des LCC findet sich in Kapitel 2.3.

Wie bereits oben erwähnt, sind die grundlegenden Entwicklungspfade der LCA-Methodik in den kommen Jahren eher in der vereinfachten Anwendung der Ökobilanz, als in deren methodischen Erweiterung zu sehen. Die Ökobilanz behält damit

ihren Stellenwert als Informationslieferant für ökologische Aspekte im Rahmen von Nachhaltigkeitsbewertungen.

2.3 Erweiterte Wirtschaftlichkeitsberechnungen/Betriebliche Anwendung

Zur Integration ökologischer Bewertungsmaßstäbe in konventionelle betriebliche Methoden wurden verschiedene Ansätze entwickelt. Im Folgenden werden einige ausgewählte Ansätze vorgestellt. Dazu zählt die Ökoeffizienz-Analyse, die Umweltwirkungen von Prozessen oder Produkten in Bezug zu Kosten setzt. Der kostenrechnerische Ansatz des Life Cycle Costing (LCC) ist produktbezogen und erweitert die traditionellen Ansätze der Produktkalkulation im Unternehmen um die Produktlebenszyklusphasen Nutzung und Entsorgung. Das Design for Environment bietet Handlungsanweisungen für eine Berücksichtigung von Umweltaspekten in Produktentwicklung und -gestaltung.

2.3.1 Ökoeffizienz-Analyse

Der Begriff Ökoeffizienz (engl. Eco-Efficiency) wird in unterschiedlichen Ausprägungen verwendet. Im Folgenden wird Ökoeffizienz verstanden als die gleichzeitige Erreichung ökonomischer und ökologischer Effizienz. Ziel der Ökoeffizienz ist damit, mehr Werte zu schaffen und dabei gleichzeitig die natürlichen Lebensgrundlagen weniger zu belasten („added value“). Ökonomisch definiert ist Effizienz das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand oder auch von Output zu Input. Übertragen auf die Ökoeffizienz kann dieses Verhältnis wie folgt definiert werden (vgl. auch Rieg 2002):

$$\begin{aligned} \text{Öko-Effizienz} &= \frac{\text{Produkt- oder Dienstleistungswert}}{\text{bewirkter Umwelteinfluss}} \\ &= \frac{\text{Output(erwünscht)}}{\text{Output(unerwünscht)}} \end{aligned}$$

Erwünschter Output ist z.B. der Wert eines Produktes oder einer Dienstleistung, der als monetäre Größe erfasst werden kann. Unerwünschte Outputs sind z.B. Umweltbelastungen, die in Form von Umweltbelastungen oder auch Umweltwirkungen erfasst werden.

Die Ökoeffizienzanalyse enthält methodische Elemente der Ökobilanz und bereitet diese für den betrieblichen Kontext auf. Auch hier werden Verfahren der Wirkungsabschätzung angewendet. Ökoeffizienzanalysen arbeiten jedoch wie auch vereinfachte Ökobilanzen mit reduzierten Wirkungsabschätzungen, die das Verfahren leichter verständlich und aufbereitbar machen.

Unterschiedliche Ansätze bzw. Definitionen der Ökoeffizienz können nach ihrer Input- bzw. Output- Orientierung an Umweltwirkungen unterschieden werden. Während die Ansätze Materialintensität pro Serviceeinheit (MIPS) und der Ökoeffizienzansatz des imu Augsburg für die Berechnung der Ökoeffizienz auf inputorientierte Umweltwirkungsdaten zurückgreifen, orientieren sich der Ansatz des World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) sowie der Ansatz von Schaltegger und Sturm (1992) an outputorientierten Umweltwirkungen. Gänzlich unterschiedlich wird in allen Ansätzen der Nutzen definiert. Er wird als Gewinn, Wert oder Deckungsbeitrag definiert.

Ein praktisches Anwendungsbeispiel der Bewertung von Ökoeffizienz im Unternehmen stellt die Ökoeffizienzanalyse bei der Firma BASF dar. Sie dient dem Vergleich verschiedener Verfahren oder Produkte und geht von einem Kundennutzen aus, der mit Hilfe eines Produktes oder eines Verfahrens zur Herstellung dieses Produktes befriedigt werden kann. Basierend darauf werden Handlungs- bzw. Produktalternativen definiert, die lebenszyklusweit auf ihre Ökoeffizienz bewertet werden. Zur ökonomischen Bewertung wird eine Gesamtkostenbetrachtung entlang des Lebenswegs aus Sicht des Kunden durchgeführt. Die Umweltwirkungen werden anhand der sechs Kriterien Energieverbrauch, Stoffverbrauch, Flächenverbrauch, Emissionen sowie Risiko- und Toxizitätspotenzial bewertet, welche wiederum aus einer Vielzahl von Einzelkriterien bestehen. Die sechs Kriterien werden normiert dargestellt und im so genannten ökologischen Fingerprint (in Form eines Spinnendiagramms) abgebildet. Normierte Kosten und Umweltwirkungen können weiterhin in einem Ökoeffizienzportfolio abgebildet werden. Schließlich werden die Ergebnisse noch einer Sensitivitätsanalyse unterzogen (vgl. Schmidt/Czymbek 2003).

2.3.2 Life Cycle Costing

Beim Life Cycle Costing (LCC) werden über die im produzierenden Unternehmen entstehen Produktkosten für Forschung und Entwicklung, Design, Konstruktion, Produktrealisierung, Produktion, Marketing und Vertrieb hinaus die Kosten des Produkts in der Nutzungsphase beim Kunden (z. B. durch Energieverbrauch, Wartung, Reparaturen, etc.) und die Entsorgungskosten mitbetrachtet. Dadurch wird eine bessere Bewertung des Produkts auch aus Kundensicht möglich. Die Vorketten der ins Produkt eingehenden Komponenten und Rohstoffe fließen über deren Beschaffungskosten mit ein. Es ist zu erwarten, dass Produkte mit niedrigeren Lebenszyklus-Kosten langlebiger sind und einen geringeren Ressourcenverbrauch aufweisen. Das LCC stellt damit die Integration der LCA-Philosophie in betriebliche Kostenrechnungsverfahren dar.

Der Ansatz des LCC hat in der unternehmerischen Praxis bisher wenig Resonanz gefunden, was Schaltegger/Burritt (2000) auf zwei Gründe zurückführen:

- Interne und externe Kosten: In Wettbewerbsmärkten sollte der Preis eines Produkts theoretisch auch die internalisierten Kosten der Vorketten enthalten. In der Realität sind externe Kosten (z.B. finanzielle Schäden durch Umweltverschmutzung) nur zu einem Bruchteil bzw. gar nicht im Produktpreis enthalten. Die Abschätzung externer Kosten ist zudem Gegenstand vieler kontroverser Diskussion, weshalb ihre Integration in den Preis schwierig bleibt.
- Praktische Anwendungsprobleme: Die Sammlung der für das LCC notwendigen Kostendaten und Informationen aus den vor- und nachgelagerten Ketten stellt die Anwender vor Probleme. Die Daten sind oft von schlechter Qualität und Inkonsistenzen und ihre Erhebung ist mit hohen Kosten verbunden.

2.3.3 Design for Environment

Das Design for Environment (DfE) stellt allgemeine Handlungsanweisungen zur umweltgerechten Produktentwicklung oder Produktgestaltung zur Verfügung. DfE ist ein übergreifendes Konzept, das bei Bedarf auf Methoden der Umweltwirkungsbewertung zurückgreift. Ähnliches wird auch unter den Begriffen „umweltgerechte Produktentwicklung“, „Ökodesign“, „Ecodesign“ oder „umweltgerechte Produktgestaltung“ verstanden.

Die Prinzipien des DfE sind zum Beispiel in der DIN-Fachbericht ISO/TR 14062 (2003) oder in Charter/Tischner (2001) zu finden. Konkrete Handlungsanweisungen finden sich z. B. in der DIN-Loseblattsammlung „Umweltgerechte Produktentwicklung“ (Birkhofer et al. 2000). Beim DfE wird in die Phasen Entstehung Nutzung und Entsorgung unterschieden. Eine Zusammenfassung von Optimierungsmöglichkeiten in den einzelnen Phasen findet sich in den unten stehenden Tabellen (aus Müller et al. 2000).

Tabelle 1: Handlungsanweisungen zur umweltgerechten Produktentwicklung für die Entstehungsphase (aus Müller et al. 2000)

Umweltgerechter Werkstoffeneinsatz	Auswahl recyclingfähiger Werkstoffe
	Vermeidung umweltgefährdender Werkstoffe
	Auswahl erneuerbarer oder recycelter Materialien
	Reduktion des Werkstoffeneinsatzes
Umweltgerechte Fertigung	Produktionsabfälle vermeiden oder vermindern
	Umweltgerechte Fertigungsprozesse vorsehen
	Verzicht auf Zusatzstoffe und Hilfsstoffe
	Minimieren des Transports

Tabelle 2: Handlungsanweisungen zur umweltgerechten Produktentwicklung für die Nutzungsphase (aus Müller et al. 2000)

Maximieren des Produktnutzens durch neue Produktkonzepte	Mehrere Nutzen in einem Produkt vereinen (Funktionsintegration)
	Neben- und Geltungsfunktionen möglichst vermeiden (Funktionsoptimierung)
	Dematerialisierung
	Produkt für mehrere Nutzer entwickeln (Nutzungsinintensivierung)
Gebrauchsgerecht Konstruieren	ökologisches Fehlverhalten des Nutzers vermeiden durch konstruktive und gestalterische Maßnahmen
Ressourcenverbrauch und Emissionen vermeiden und vermindern	Erhöhung des Wirkungsgrades
	Vermeidung von Emissionen
	Umweltfreundliche Hilfs- und Betriebsstoffe
	Umweltfreundliche Verpackung
Erhöhen der Produktlebensdauer	Verschleißlenkung auf ausgewählte oder wertmäßig untergeordnete Teile
	Korrosionsschutz vorsehen
	Anpassungen vorsehen
	Instandhaltungsgerecht konstruieren
Optimierung des Produktrecyclings	Kennzeichnung
	Demontagegerechte Gestaltung
	Standardisierung der Bauteile und Verbindungselemente
	Modularer Produktaufbau
	Aufarbeitungsmöglichkeiten vorsehen

Tabelle 3: Handlungsanweisungen zur umweltgerechten Produktentwicklung für die Entsorgungsphase (aus Müller et al. 2000)

Optimierung des Materialrecyclings	Vermeiden von Recycling
	Verwenden recycelbarer Werkstoffe
	Anstreben von Einstoffprodukten oder Einstoffkomponenten
	Verwendung verträglicher Werkstoffkombinationen
	Aufwandsarme Demontage von Einstoffkomponenten, unverträglichen Werkstoffen oder Schadstoffen ermöglichen sowie von hochwertigen Werkstoffen und Komponenten
	Kennzeichnung von Werkstoffen und Schadstoffen
	Verwendung von Recyclaten in neuen Produkten zulassen
	Werkstoffe und Werkstoffkombinationen mit hohen Schadstoffemissionen beim Verbrennen vermeiden oder verringern
Optimierung der thermischen Verwertung	Leichte Entnehmbarkeit für Werkstoffe und Werkstoffkombinationen mit hohen Schadstoffemissionen beim Verbrennen ermöglichen
	Leichte Zerkleinerung des Produkts zur optimierten Verbrennung ermöglichen
	Werkstoffe und Werkstoffkombinationen mit hohen Brennwerten verwenden
	Kompostierbare Werkstoffe verwenden
Optimierung der Deponierung	Umweltschädliche Werkstoffe oder Werkstoffkombinationen vermeiden oder verringern
	Leichte Entnahme umweltschädlicher Werkstoffe vorsehen
	Leichte Zerkleinerung und Kompaktierung des Produkts zur optimierten Deponieraumnutzung ermöglichen

3 Informationstechnische Unterstützung

Eine informationstechnische Unterstützung des Themenfeldes Life Cycle e-Valuation kann grundsätzlich auf zwei miteinander verknüpfbaren Wegen erfolgen: durch Software und durch die Nutzung von online, d.h. im Internet verfügbaren Informationen.

Eine umfassende informationstechnische Unterstützung eines nachhaltigkeitsorientierten Life Cycle Managements und der IPP ist aufgrund ihres offenen Charakters derzeit nicht vorhanden. Einzelne im Rahmen der IPP genutzte Instrumente können jedoch informationstechnisch unterstützt werden.

3.1 Software und Online-Unterstützung

3.1.1 Umweltwirkungsbewertung/Ökobilanzierung

In der Phase der Realisierung eines Produkts oder einer Dienstleistung liegen bereits detaillierte Informationen über die zugrunde liegenden technischen Spezifikationen, verwendete Materialien sowie organisatorischer Prozesse vor. Dementsprechend werden für die Abschätzung der Umweltwirkung Softwarewerkzeuge benötigt, mit denen Berechnungen über potenzielle Umwelteffekte durchgeführt werden können. Des Weiteren werden Informationen über verwendete Stoffe/Materialien und Prozesse benötigt.

Eine Unterstützung der Umweltwirkungsbewertung kann durch Tools zur Ökobilanzierung erreicht werden. Hierzu zählen Softwaresysteme, die eine Durchführung von Ökobilanzen gemäß DIN EN ISO 14040 bzw. vergleichbaren Verfahren unterstützen. Dies beinhaltet im Wesentlichen die Unterstützung und Bilanzierung von Sachbilanzdaten, die von den Anbietern in unterschiedlicher Spezialisierung angeboten werden. Mit Ökobilanzierungstools können Produkte über ihren gesamten Lebenszyklus aber auch Unternehmen und einzelne Prozesse bilanziert werden. Die verfügbaren Softwaresysteme können auf Referenzprozesse und Informationen über verwendete Materialien/Stoffe zurück greifen, die von externen Datenbanken als Informationslieferanten zur Verfügung gestellt werden können (siehe Abbildung 4).

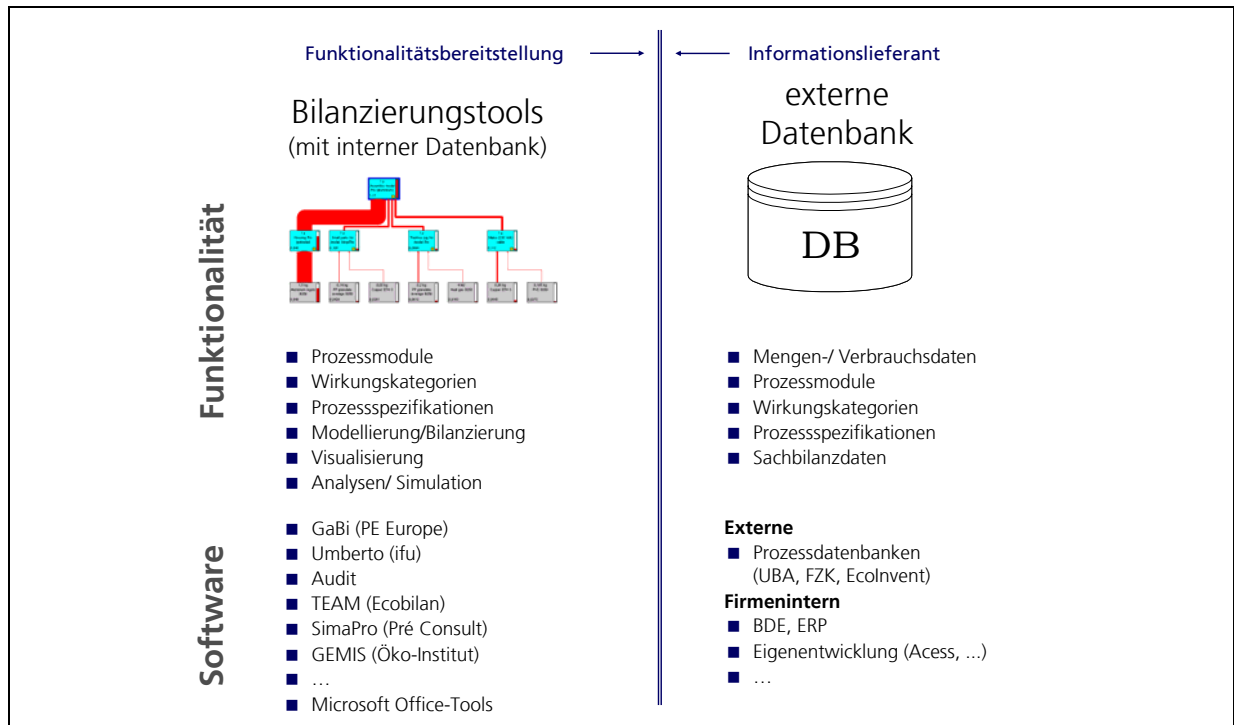


Abbildung 4: Funktionsspezifische Untergliederung von Softwareunterstützung zur Umweltwirkungsbewertung in Datenbanken und Bilanzierungstools (eigene Darstellung)

Eine Übersicht über einige bekannte Softwaresysteme zur Bewertung von Umweltwirkungen und Ökoeffizienz ist in der folgenden Tabelle enthalten.

Als Informationsquellen über Sachbilanzdaten von Prozessen und Stoffen/Materialien kommen Datenbanken in Betracht. Diese werden zum Teil mit den Tools mitgeliefert. Viele dieser Informationsquellen stehen jedoch als Online-Datenbanken zur Verfügung. Aktuelle Sachbilanzdaten aus Online-Datenbanken stellen einen wichtigen Baustein zur Abschätzung von Umweltwirkungen dar. Bekannte Online-Datenbanken zur Unterstützung der Ökobilanzierung mit Sachbilanzdaten sind in der folgenden Übersicht enthalten.

Tabelle 4: Online-Datenbanken zur Unterstützung der Ökobilanzierung und des Design for Environment

Name	Anbieter	Erläuterung	Internet-Adresse
Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS)	Öko-Institut	kostenlos	http://www.oeko.de/service/gemis
ecoinvent Zentrum - Schweizer Zentrum für Ökoinventare	ecoinvent Zentrum	kostenpflichtig	http://www.ecoinvent.ch/
ProBas - prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente	Umweltbundesamt	kostenlos	http://www.umweltbundesamt.de/uba-infodaten/daten/baum/php/index.php?style=b
MIPS online	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie	kostenlos	www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/
IdeMat Online	TU Delft, Niederlande	Materialien-DB kostenlos, Prozess-DB kostenpflichtig	http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/Onl_db/od_frame.htm

3.1.2 Ökoeffizienz-Analyse und Life Cycle Costing

Eine informationstechnische Unterstützung der Ökoeffizienz-Analyse ist nicht bekannt. Eine Unterstützung des Life Cycle Costing ist beispielsweise in der Software GaBi umgesetzt worden. Die beiden Methoden können darüber hinaus auch in Kostenrechnungssystemen und Tabellenkalkulationen umgesetzt werden.

3.1.3 Design for Environment

Eine umweltgerechte Produktentwicklung ist mit komplexen Aufgabenstellungen konfrontiert, in denen eine Vielfalt verschiedener umweltrelevanter Daten verarbeitet werden müssen. Sie betreffen einerseits das Produkt selbst mit seinen Komponenten, Spezifikationen und Nutzenszenarien, aber auch die Produktion mit ihren Auswirkungen auf die Umwelt. Softwaretools können hier einen wichtigen Beitrag zur Integration des Umweltschutzes in die Produktentwicklung leisten.

Ihr Einsatz kann einmalig zu Analyse Zwecken ausgewählter Produktaspekte erfolgen, sie können aber auch für einen dauerhaften Einsatz in der Produktentwick-

lung mit anderen IT-Systemen integriert werden. Ziel der Unterstützung durch ein Softwaretool ist die ganzheitliche Sicht auf die Umwelteigenschaften und Auswirkungen eines Produktes und seiner Herstellung, indem verschiedene umweltspezifische Fragestellungen, angefangen bei der Materialauswahl, dem Produktionsbetrieb bis hin zu den Nutzungsszenarien, in die Entscheidungsprozesse mit eingebunden werden.

Für das Design for Environment steht eine Vielzahl von Softwarewerkzeugen zur Verfügung. Diese greifen zum Teil, ähnlich wie Tools zur Ökobilanzierung, auf Material- und Prozessdatenbanken zurück. Diese Datenbanken werden entweder mit dem Tool mitgeliefert oder werden über das Internet mit dem Tool verbunden. Eine Übersicht über DfE-Tools findet sich in Tabelle 5.

3.1.4 Softwareunterstützung für die frühen Phasen der Produktentstehung/Ideengenerierung

In der Phase der Ideengenerierung können insbesondere Softwaresysteme und Informationen eingesetzt werden, die die Schritte Ideengewinnung, -bewertung und -auswahl unterstützen und diese um Aspekte der Nachhaltigkeitsbewertung bzw. der Umweltwirkungsbewertung erweitern.

Da in frühen Phase der Produktentstehung, also im Prozess der Ideengenerierung, oft noch keine detaillierten Abschätzungen zu einzelnen Faktoren eines Produktes getroffen werden können, sind zur ersten Abschätzung der Umweltwirkung Informationen und Tools gefragt, die in Form von Screeningverfahren und -indikatoren die Richtungssicherheit eines Zielbildungs- und Auswahlprozesses unterstützen.

Als Informationslieferant kommen Webplattformen in Betracht. Eine Übersicht über solche Webplattformen ist in der Studie ‚Online Nutzung im Innovationsmanagement‘ (Fichter/Paech 2003) enthalten. Darüber hinaus sind hier eine Reihe von Plattformen und Webseiten zum Ecodesign zu nennen. Beispielsweise bietet der ECODESIGN Assistent eine Unterstützung bei Verbesserung von Produkten unter Umweltgesichtspunkten². Des Weiteren bieten Beratungsfirmen eine Abschätzung von Umweltwirkungen der Produktidee an³. Die dahinter stehende Methodik ist allerdings als Beratungswissen der Firma der Öffentlichkeit nicht zugänglich.

Als Softwaresysteme kommen in der Phase der Ideengenerierung solche Werkzeuge zum Einsatz, die den ein methodisches Vorgehen in der Ideengenerierung unterstützen und ordnen helfen. Folgende Systeme können dazu genutzt werden:

² im Internet zu finden unter www.ecodesign.at/assist/assistent

³ siehe z. B. das Angebot der Firma PatentCafe.com aus den USA, im Internet unter <http://www.patentcafe.com>

- Softwaresysteme für die strukturierte Unterstützung von Diskussion- und Entscheidungsfindungsprozesse: z.B. Innovations-Radar® (siehe unten), Banxia Decision Explorer, etc.
- Moderations- und Visualisierungswerkzeuge für kreative Prozesse: z.B. Mind Manager, etc.

Als ein Softwarewerkzeug zur Unterstützung der Ideengenerierung wird im Folgenden der Innovations-Radar® kurz vorgestellt. Es handelt sich dabei um eine einfache informationstechnische Unterstützung für die ganzheitliche Bewertung von Faktoren im Innovationsprozess. Sie basiert auf einer Tabellenkalkulation und unterstützt ein systematisches Vorgehen für die Durchführung von Innovationsworkshops. Dabei wird die Interaktion zwischen den verschiedenen Innovationsaktoren strukturiert und Kenngrößen und Anforderungen werden visualisiert (Bierter/Fichter 2002).

Die Bewertungskriterien des Innovationsradars werden vor dem Start einer Workshopreihe festgelegt und können je nach Unternehmen unterschiedlich ausfallen (siehe Abbildung 5 für ein Beispiel). Die Kriterien werden zunächst einzeln betrachtet und schließlich in einem Gesamtbild normiert zusammengefasst. Der Innovationsradar eignet sich somit für eine relativ frühzeitige Abschätzung der Potenziale eines Produkts bzw. einer Dienstleistung.

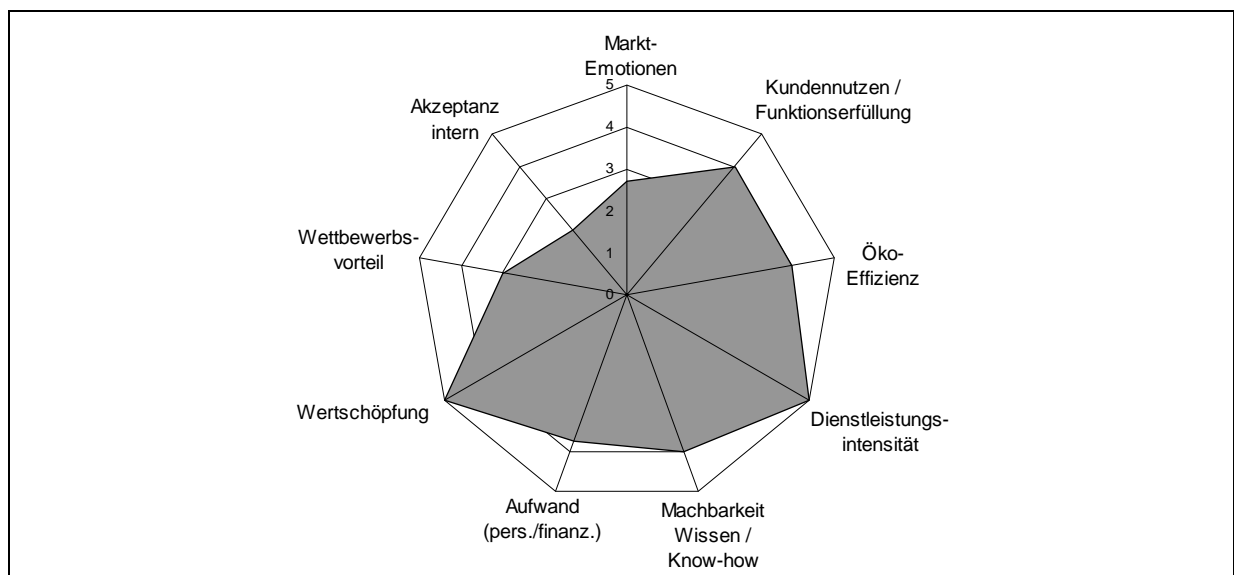


Abbildung 5: Innovationsradar nach Bierter/Fichter (2000)

3.2 Übersicht von Software-Tools

Im Folgenden sind Beispiele für Software-Tools dargestellt, die sich im Bereich der Life Cycle e-Evaluation einsetzen lassen. Diese erste Übersicht basiert auf dem Know-how des Marktstrategie Teams Betriebliches Umweltmanagement des Fraunhofer IAÖ sowie einer Internetrecherche. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Qualität und faktischer Nutzen der Software-Produkte sind nicht genauer untersucht worden. Die Kategorisierung der Produkte ist nur als Vorschlag zu betrachten.

Tabelle 5: Software-Tools Life Cycle e-Valuation

Produkt	Hersteller	URL	Kurzbeschreibung / Features	Zielgruppe	Anwendungsbereich
Umberto	Ifu Hamburg/ ifeu Heidelberg	www.umberto.de	Tools zum Modellieren von Stoff- und Energieströmen von Unternehmen sowie Ökobilanzen mit integrierter Kostenrechnung zur Erschließung ökonomisch und ökologischer Optimierungspotentiale. Visualisierung durch Sankey-Diagramme möglich, um Ergebnisse von Stoffstromanalysen für die interne oder die externe Kommunikation anschaulich aufzubereiten. Flexibles Schnittstellen-Konzept basierend auf COM/DCOM-Technologie.	Entwickler, Konstrukteure, Controlling	Ökobilanzierung, Betriebliches Stoffstrommanagement
Cumpan	Debis Systemhaus Engineering GmbH	www.t-systems.com	Unterstützung bei Aussagen und Vergleichen zur Umweltverträglichkeit von Produkten und Prozessen, ökologische Schwachstellenanalyse über den gesamten Lebenszyklus von Produkten, Erstellung von Stoff- und Energiebilanzen, Wirkungsbilanzen und ökologische Bewertung. Tool wird momentan nicht aktiv auf neue Windows-Versionen weiter angepasst.	Entwickler, Konstrukteure, Controlling	Ökobilanzierung, Betriebliches Stoffstrommanagement
GaBi	PE Product Engineering	www.gabi-software.de	LCA-Software zur Integration von technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten bei Produktionsoptimierung, Produktdesign und Produktmarketing, Stoffstrommanagement als zusätzliche neue Ausrichtung. Mit Hilfe sogenannter Kostenassistenten kann eine genaue wirtschaftliche Betrachtung des in der Ökobilanz definierten Systems auf Basis von Material-/Energiekosten, Personal- und Maschinenkosten durchgeführt werden.	Entwickler, Konstrukteure, Controlling	Ökobilanzierung, Betriebliches Stoffstrommanagement
SimaPro	Pré Consultants	www.pre.nl	Software zum Modellieren von Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen und zur Bilanzierung gemäß ISO 14040. Zusätzlich Analyse von Rücknahme und Demontage von Produkten möglich sowie Abfallbehandlung und Recyclingszenarien	Entwickler, Konstrukteure	Ökobilanzierung
TEAM 4.0	Ecobilan Group	www.ecobalance.com	Ökobilanzierungstool mit Prozessdatenbank und verschiedenen Bewertungssystemen	Entwickler, Konstrukteure	Ökobilanzierung
EcoDesign 3.0	TNO Industrie	www.ind.tno.nl	Analyse der Umweltwirkungen und Kosten eines Produkts über den gesamten Lebenszyklus. Spezifizierung aller relevanten Aspekte des Produkts zu beispielsweise Produktion, Nutzung oder Entsorgung auf einem Product Life Cycle form (PLC form), danach Zuweisung von Umweltpunkten (environmental points), um Umweltwirkungen auszudrücken.	Entwickler, Konstrukteure	Ökobilanzierung
DFE Design for Environment Software	Boothroyd Dewhurst	http://www.design-iv.com/dfe.htm	Simulation der Demontage von Produkten und der damit zusammen hängenden Kosten, Erlöse sowie Umweltwirkungen zur Berücksichtigung bei der Produktentwicklung. Diese quantitativen Informationen können als Entscheidungsunterstützung in der Produktentwicklung benutzt werden,	Entwickler, Konstrukteure	Design for Environment
ECO-it	Pré Consultants	www.pre.nl	Modellierung von komplexen Produkten und deren Lebenszyklus. ECO-it berechnet Umweltwirkungen und zeigt, welche Teile des Produkts daran den größten Anteil haben. Dies dient zur Anregung der Kreativität, um die Umweltwirkungen des Pro-	Entwickler, Konstrukteure	Design for Environment

			dukts zu verringern. ECO-it ist ein Tool für Produkt- und Verpackungsdesigner. Es benutzt Indikatoren, um die Umweltleistung eines Produkts als seine einfache Zahl auszudrücken. Dabei wird die Eco-Indicator-Methodologie verwendet.		
Prodtect	LCE Consulting GmbH	www.lce-consulting.com	ProdTect unterstützt Produkt-Architekten bei der optimierten Materialauswahl sowie bei der Verbesserung der Produktstruktur. ProdTect ist die Basis für Transparenz und Kontrolle während der Produkt- und Lebenslaufplanung. ProdTect verkürzt Entwicklungszeiten, stellt Rechtssicherheit her und vermindert bzw. vermeidet end-of-life Kosten. ProdTect spürt Verbesserungspotenzial in Produkten auf und schützt Hersteller vor unerwarteten Verbindlichkeiten.	Entwickler, Konstrukteure	Design for Environment
ATROiD	LCE Consulting GmbH	www.lce-consulting.com	Stellt Methoden zur Unterstützung der Bewertung eines Produktdesigns zur Verfügung unter Berücksichtigung von Demontage und Recycling am Ende des Produktlebenszyklus und unterstützt beim kontinuierlichen Produkt-Verbesserungsprozess.	Entwickler, Konstrukteure	Design for Environment
Innovations-Radar	Wirth/Bierter	www.innovations-radar.com	Software zur Unterstützung eines systematischen Vorgehens zur Durchführung von Innovationsworkshops	Innovations-akteure	Workshopbegleitung
Banxia Decision Explorer	Banxia Software	www.banxia.com	Software für die strukturierte Unterstützung von Diskussion- und Entscheidungsprozesse.	Innovations-akteure	Workshopbegleitung
Mindmanager	Mindjet	www.mindjet.com	Moderations- und Visualisierungswerkzeug für kreative Prozesse	Innovations-akteure	Workshopbegleitung

4 Schnittstellen zu den anderen Themenschwerpunkten

Das Themenfeld Life Cycle e-Valuation besitzt folgende Schnittstellen zu den anderen Schwerpunkten:

- Trend-Monitoring im Szenariomanagement: Informationen und Daten aus der Phase des Trend-Monitoring und Szenariomanagement, z.B. in Form von Patent- und Marktanalysen, können erste Abschätzungen potentieller Umweltwirkungen und Effekten auf die Nachhaltigkeit erlauben. Werden diese mit Ergebnisse aus der Szenarienmethode kombiniert, so können in der Kombination mit potenziellen Nutzungsszenarien grobe Abschätzungen über Umweltwirkungen und Nachhaltigkeitseffekte getroffen werden, z. B. bei neuen oder in Entwicklung befindlichen Technologien wie E-Paper.
- Lead-Nutzer-Integration: Ergebnisse aus dem Themenfeld Life Cycle e-Valuation können in die Diskussion mit Lead-Nutzern einfließen, z.B. bei der Bewertung von Innovationsideen oder bei der Bewertung von Produktkonzepten und Prototypen.

5 Grenzen und Potenziale

Bei der Entwicklung neuer Produkte oder Dienstleistungen stehen ausgereifte Methoden wie Life Cycle Assessment, Life Cycle Costing und Ökoeffizienz-Analyse zur Verfügung, mit denen Umweltwirkungen abgeschätzt und in den Kontext jeweiligen betrieblichen Anwendung gesetzt werden können. Das Design for Environment stellt außerdem Handlungsanweisungen zur Verfügung, die das umweltgerechte Entwickeln und Gestalten von Produkten unterstützen. Diese Methoden sind vor allem dann geeignet, wenn die Produktidee schon eine gewisse Reife erreicht hat. In der frühen Phase der Produktentstehung, der Ideengenerierung, können nur Abschätzungen zu Umweltwirkungen getroffen werden, z. B. über Screeningverfahren und -indikatoren oder über vom Unternehmen eingekauftes Fachwissen. Solche Abschätzungen können in moderierten Innovationsworkshops von allen am betrieblichen Innovationsprozess Beteiligten gemeinsam diskutiert werden, um die Richtungssicherheit eines Zielbildungs- und Auswahlprozesses zu überprüfen. Eine Zuordnung der vorgestellten Methoden zum Innovationsprozess findet sich in Abbildung 6.

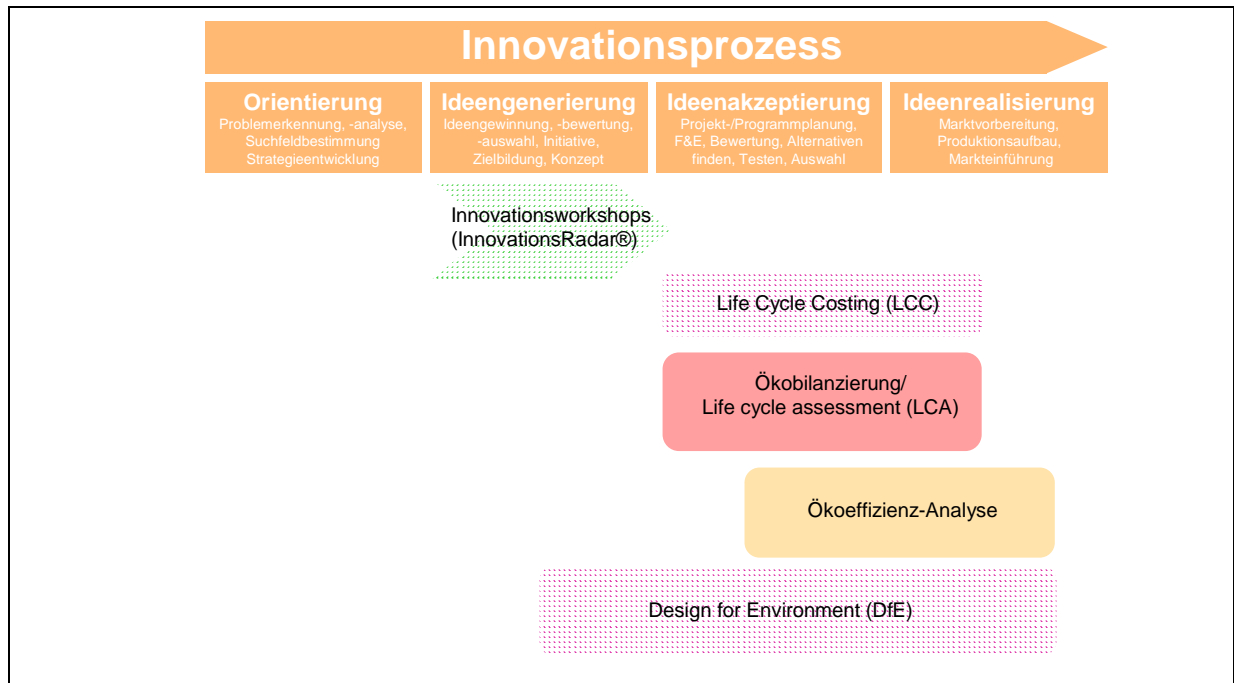


Abbildung 6: Einordnung der oben vorgestellten Methoden in den Innovationsprozess (in Anlehnung an borderstep-Folien, durch eigene Darstellung erweitert)

Grenzen und Potentiale des Themenfeldes lassen sich zunächst am Beispiel der Ökobilanzierung aufzeigen: Derzeit werden große finanzielle und personelle Ressourcen in den Aufbau generischer Datenbanken für die Bereitstellung von Sachbilanzdaten investiert. Diese sollen die Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung im Rahmen einer Ökobilanz verringern und zu einer besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse führen. Theoretisch wäre auf Basis solcher Datenbanken eine einfache und ubiquitäre Nutzung von Sachbilanzdaten in der Ökobilanzierung möglich. Würden Ökobilanzen in der breiten Anwendung durch Unternehmen genutzt, so wäre damit auch eine höhere Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander gegeben.

In der Realität stehen dieser Vision aber folgende Gründe entgegen. Zum einen ist eine vollständige Ökobilanzierung selbst mit einem hohen Aufwand verbunden. Diese gilt nicht nur für die Beschaffung der Sachbilanzdaten. Es ist also durchaus fraglich ob sich die Methode stärker als bisher in Unternehmen durchsetzen wird. Wahrscheinlicher ist, dass verkürzte Verfahren zur Bewertung von Umweltwirkungen oder Ökoeffizienzpotentialen an Bedeutung gewinnen. Zum anderen wird das Verfahren der Ökobilanzierung aufgrund der Aussagekraft der Sachbilanzdaten und der Unterschiedlichkeit der verwendeten Verfahren für die Wirkungsabschätzung immer wieder in Zweifel gezogen (vgl. z.B. Schaltegger/Burritt 2000).

Oft sind Ergebnisse aus Ökobilanzen von Industrieprodukten auch vertrauliche Geschäftsdaten, da sie über die Zusammensetzung eines Produkts detailliert Aus-

kunft geben können. Daher werden sie nicht immer veröffentlicht, was eine Vergleichbarkeit oder ein Benchmarking erschwert. Wissen über Umweltauswirkungen technischer Prozesse und Optimierungsmöglichkeiten von Prozessen sind oft auch Know-How von Beratern und werden daher nicht an die Öffentlichkeit weitergegeben.

Um eine Ökobilanz so durchführen zu können, dass sie auf belastbaren Informationen beruht, muss sich das zu bewertende Produkt oder die Dienstleistung schon in einem relativ klar definierten Stadium befinden, da nur dann die involvierten Prozesse spezifiziert werden können, um deren Umweltauswirkungen zu bewerten.

6 Fazit

Ziel des vorliegenden Papiers war es, verschiedene Methoden der Umweltwirkungsbewertung vorzustellen sowie das dazu bereits bestehende Angebot an Online- und Softwareunterstützung vorzustellen. Das Themenfeld Life Cycle e-Valuation fokussiert auf ökologische Aspekte einer Nachhaltigkeitsbewertung einen wichtigen Teilbereich einer unternehmerischen Nachhaltigkeitsbewertung.

Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Themenfeld Life Cycle e-Valuation lässt sich wie folgt untergliedern:

- Stärkere konzeptionelle und methodische Integration der Umweltwirkungsbewertung in eine Nachhaltigkeitsbewertung. Erweiterung der Bewertung um soziale und ökonomische Indikatoren.
- Komplexitätsreduktion in der Ökobilanzierung bei Aufrechterhaltung der Richtungssicherheit. Vereinheitlichung der Bewertungsbasis.
- Verbesserter Zugang zu Informationen – dies gilt sowohl für den online-gestützten Zugang zu Sachbilanzdaten als auch für den Austausch von Sachbilanzdaten innerhalb des Produktlebenszyklus.
- Erweiterung bestehender Methoden und Tools der Nachhaltigkeitsbewertung und der Ökobilanzierung um die Phase der Ideengenerierung um skalierbare Nachhaltigkeitskriterien (je nach Detaillierung des Entwicklungsstandes können grobe oder detailliertere Bewertungskriterien oder Checklisten herangezogen werden).
- Eine intensivere Nutzung vorhandener betrieblicher Informationssysteme (PPS, ERP, PDM, etc.) für die Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit.

Diese Punkte werden im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts weiter verfolgt.

7 Literatur

Bierter, W., Fichter, K.: Innovationsabenteuerreise , in Umweltwirtschaftsforum 3/02, 10. Jahrgang, Springer Verlag, Heidelberg

Birkhofer, Spath, Winzer, Müller (Hrsg.) (2000): Umweltgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfaden für Entwicklung und Konstruktion, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin/ Wien/ Zürich.

Bullinger (2002): Kosten- und Leistungstransparenz in der IT. Tagungsband zum Forum am 25. April 2002.

Charter, M., Tischner, U. (Hrsg.) (2001): Sustainable Solutions – Developing Products and Services for the Future, Greenleaf Publishing, Sheffield.

Coenen, R.; Grunwald, A. (Hrsg.) (2003): Nachhaltigkeitsprobleme in Deutschland, Analyse und Lösungsstrategien, Berlin

Guston, D. H. / Sarewitz, D. (2002): Real-Time Technology Assessment. In: Technology in Society, Vol. 24, No. 1, 93 – 109.

Hallay, H., Pfriem R. (1992): Öko-Controlling, Umweltschutz in mittelständischen Unternehmen, Campus Verlag Frankfurt/New York.

DIN EN ISO 14031 (1999): Umweltmanagement- Umweltleistungsbewertung- Leitlinien. DIN, Beuth Verlag, Berlin

DIN EN ISO 14040 (1997): Umweltmanagement- Ökobilanz- Prinzipien und allgemeine Anforderungen. DIN, Beuth Verlag, Berlin

DIN EN ISO 14041 (1997): Umweltmanagement- Ökobilanz- Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz. DIN, Beuth Verlag, Berlin

DIN EN ISO 14042 (1997): Umweltmanagement- Ökobilanz- Wirkungsabschätzung. DIN, Beuth Verlag, Berlin

DIN EN ISO 14043 (1997): Umweltmanagement- Ökobilanz- Auswertung. DIN, Beuth Verlag, Berlin

DIN-Fachbericht ISO/TR 14062 (2003) Umweltmanagement – Integration von Umweltaspekten in Produktdesign und –entwicklung, 1. Auflage, Beuth Verlag, Berlin.

dk-TEKNIK/ SustainAbility (1997): 'Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources', Report to the European Environment Agency, S. 32, EEA Copenhagen Denmark, Copenhagen, 1997

Fichter, K., Paech, N. (2003): Online-Nutzung im Innovationsmanagement, Endbericht der Basisstudie 4 aus dem Projekt Summer, Berlin/Oldenburg

Industrieanzeiger (2003a): Lebenszyklus-Denken initiiert Geschäftsideen, Industrieanzeiger 39-40/2003, S. 57

Industrieanzeiger (2003b): Verschleiß und Verschrotten – dafür sind Produkte viel zu schade, Industrieanzeiger 39-40/2003, S. 58-59

Lang, C., Jürgens, G. (2003): Aufgaben betrieblicher Umweltinformationssysteme, in: Kramer (Hrsg.): Internationales und interdisziplinäres Umweltmanagement in Zukunftsmärkten, II. Band: Grundlagen des ganzheitlichen Umweltmanagements. Gabler Verlag, Wiesbaden.

Loew, T., Beucker, S., Jürgens, G. (2002): Vergleichende Analyse der Umweltcontrollinginstrumente Umweltbilanz, Umweltkennzahlen und Flusskostenrechnung, Zwischenbericht aus dem Forschungsprojekt INTUS, Stuttgart.

Müller, K., Brandt, R., Grüner, C. (2000): Umweltbezogene Konstruktionsstrategien, in in: Birkhofer, Spath, Winzer, Müller (Hrsg.): Umweltgerechte Produktentwicklung – Ein Leitfadens für Entwicklung und Konstruktion, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin/ Wien/ Zürich, 2000

Paech, N.; Pfriem, R. (2004): Leitkonzepte des nachhaltigen Wirtschaftens, Oldenburg, verfügbar ab April 2004 unter www.summer-net.de

Rieg, R. (2002): Auswahl und exemplarische Anwendung eines Verfahrens zur Beurteilung der Öko-Effizienz von Produktionsprozessen, Diplomarbeit an der Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung

Rubik, F.: Umweltgerechte Produktinnovationen und Integrierte Produktpolitik, in Umweltwirtschaftsforum 3/02, 10. Jahrgang, Springer Verlag, Heidelberg

Sauer, Dieter (1999): Perspektiven sozialwissenschaftlicher Innovationsforschung, in: ders. /Lang, Christa: Paradoxien der Innovation. Frankfurt/Main: Campus.

Saur, K., Donato, G., Cobas Flores, E., Frankl, P., Jensen, A. A., Kituyi, E., Lee, K. M., Swarr, T., Tawfic, M., Tukker, A. (2003): Draft Final Report of the LCM Definition Study – UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, Version 3.6, November 17, 2003, see URL <http://www.unep.org/pc/sustain/reports/lcini/LCM%20Definition%20Study%20body%20ver%203.6.pdf>

Schaltegger, S. and Burritt, R. (2000) Contemporary Environmental Accounting Issues Concepts and Practice, Sheffield

Schmidt, I., Czymbek, F.(2003): Bewertung der Ökoeffizienz von Produkten und Verfahren, in: Baumast, A., Pape, J. (Hrsg.): Betriebliches Umweltmanagement – Theoretische Grundlagen, Praxisbeispiele, 2. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, S. 174-187.