

## **IBO-REFERENZDATENBANK**

### **Wesentliche methodische Annahmen**

Herausgegeben vom

IBO -Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH  
A-1090 Wien, Alserbachstr. 5/8,  
fon+43/1/3192005-32, fax DW 50  
[www.ibo.at](http://www.ibo.at)

IBO -Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH  
DI Philipp Boogman, Mag. Hildegund Mötzl  
A-1090 Wien, Alserbachstr. 5/8,  
fon+43/1/3192005-14, fax DW 50  
www.ibo.at

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Alle in diesem Leitfaden enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt. Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher übernehmen Herausgeber und Autoren keinerlei Verantwortung und Haftung für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten.

© 2009 IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH

<b>IBO-REFERENZDATENBANK – WESENTLICHE METHODISCHE ANNAHMEN</b>	<b>4</b>
<b>Ziel und Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
<b>Chronologie</b>	<b>5</b>
<b>Deklarationseinheit</b>	<b>5</b>
<b>Systemgrenze</b>	<b>6</b>
Stufenkumulierte Ökobilanz	6
Zeitliche und Geografische Grenzen	6
Prozesse	6
Inputs und Outputs	6
<b>Daten</b>	<b>8</b>
Datenquelle	8
Basisdaten	8
Vollständigkeit der Datensätze	8
Datenqualität	9
<b>Allokation</b>	<b>10</b>
Allgemeine Grundlagen	10
Allokationsgrundsätze für Metalle	10
Weitere Allokationsgrundsätze	12
<b>Spezifische Annahmen zur Datenmodellierung</b>	<b>13</b>
Chemikalien	13
Metalle	13
Energieträger	13
Transport	14
Verpackung	14
Abfallentsorgung	14
Abwasser	14
Infrastruktur	14
<b>Wirkungsindikatoren (LCIA)</b>	<b>15</b>
Überblick	15
Globale Erwärmung durch Treibhausgase (GWP)	15
Versäuerungspotential (AP)	17
Primärenergieinhalt (PEI)	17
<b>LITERATUR UND ANDERE UNTERLAGEN</b>	<b>18</b>

## **IBO-REFERENZDATENBANK – WESENTLICHE METHODISCHE ANNAHMEN**

### **Ziel und Aufgabenstellung**

Die Herstellung ist ein wesentlicher Teil des Lebenszyklus eines Bauprodukts und des Gebäudes. In ganzheitlichen Gebäudebewertungsansätzen sind daher nicht nur die Umweltauswirkungen durch den Energiebedarf zum Gebäudebetrieb ein Kriterium, sondern auch jene, die durch die Herstellung für die Baustoffe und Gebäudekomponenten entstehen.

Eine Methode zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts ist die Ökobilanz. Sie beruht auf der Erfassung aller wesentlichen Stoff- und Energieströme (Sachbilanz), die Klassifizierung und Charakterisierung der Substanzen hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen (Wirkungsabschätzung bzw. Wirkbilanz) und die anschließende Auswertung.

Die IBO-Referenzdatenbank dient als Unterstützung bei der Erstellung von Wirkbilanzen zur Herstellung von Gebäuden. Entsprechend dieser Aufgabenstellung enthält sie Indikatorwerte für alle wesentlichen im Hochbau eingesetzten Baumaterialien. Basis sind repräsentative bzw. durchschnittliche Werkbilanzen zu Literatur- bzw. Herstellerdaten.

Die Daten aus der IBO-Referenzdatenbank werden herangezogen:

- als Teilkriterium im Rahmen einer umfassenden Lebenszyklusanalyse von Baustoffen;
- als Referenzwerte in der baubook-Datenbank sowie für Bauphysikprogramme;
- zur Berechnung von Gebäudeindikatorwerten für die Herstellung des Gebäudes im Rahmen von umfassenderen Gebäudezertifikaten (Total Quality Building, klima:aktiv)
- in Wohnbauförderprogrammen in Form des OI3-Indikators [IBO 2004].

Das vorliegende Dokument enthält die wesentlichen Rahmenbedingungen und methodischen Vorgaben für die Wirkbilanzerstellung. Die Methode zur Ermittlung der Referenz-Nutzungsdauern wird in einem gesonderten Dokument veröffentlicht (in Vorbereitung, bis dahin siehe [BTK 1999]). Im für das erste Quartal 2010 geplanten neuen Datensatz werden auch produktspezifische Daten veröffentlicht. Die Methodenbeschreibung ist im Dokument „IBO – Produktbilanzierung, wesentliche methodische Annahmen“ veröffentlicht.

Zum aktuellen Stand werden Werte für die Indikatoren Beitrag zur Klimaveränderung („Treibhauspotential“), Beitrag zur Versauerung („Versauerungspotential“) und Verwendung nicht-erneuerbarer Primärenergie („Primärenergieinhalt“) angegeben.

### **Grundlagen**

Grundlagen für die vorliegende Methodenbeschreibung sind

ISO 14040 Environmental management – Life cycle impact assessment –Principles and framework (ISO 14040: 2006. Oktober 2006)

ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006. Oktober 2006)

Folgende vorläufigen Ergebnisse des CEN TC 350 haben, sofern sie Relevanz haben bzw. konkrete Anweisungen für die Durchführung der Ökobilanz bieten, ebenfalls Eingang gefunden:

prEN 15804 Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products (FprEN 00350004:2009. Document for Formal Vote. Date 2009:08)

prEN15643-2 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Ganzheitliche Bewertung der Qualität von Gebäuden – Teil 2: Rahmenbedingungen für die Bewertung der Umweltqualität (prEN15643-2, Ausg 2009-04-01)  
prEN 15978 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation methods

## **Chronologie**

Die Ursprünge der IBO-Referenzdatenbank für Baustoffe gehen auf das Projekt „Ökologischer Bauteilkatalog“ [BTK 1999] zurück, im Zuge dessen ab 1994 Ökobilanzdaten für Baumaterialien erhoben und seither kontinuierlich aktualisiert wurden. Als Quelle dienen Herstellerangaben und Literaturdaten. Die aktuellen IBO-Referenzdaten, September 2007 wurde im Rahmen der Studie „Passivhaus-Bauteilkatalog“ erarbeitet [BTK 2007]. Die IBO-Referenzdatenbank wird periodisch aktualisiert und erweitert. Die Herausgabe eines neuen Datensatzes ist für das erste Quartal 2010 geplant.

In dem neuen Datensatz wird die aktuelle Indikatorenliste um die Indikatoren „Beitrag zur Bildung von Photooxidantien“, „Überdüngung“ und „Abbau des stratosphärischen Ozons“ ergänzt. Der Primärenergieinhalt wird nach erneuerbaren und nicht-erneuerbaren sowie energetisch verbrauchten und rohstofflich gebundenen Ressourcen aufgeschlüsselt. Mittelfristig ist geplant, diese Indikatoren um einen Ressourcenfaktor und um Abfallkategorien zu ergänzen.

## **Deklarationseinheit**

Die IBO-Referenzdatenbank dient als Unterstützung zur Bilanzierung von Bauteilschichten, Bauteilen oder Gebäuden. Erst auf dieser Ebene ist die Angabe eines sinnvollen funktionellen Äquivalents möglich und sinnvoll. Aus praktischen Überlegungen werden die Indikatorwerte in der Referenzdatenbank pro kg Bauprodukt angegeben<sup>1</sup>.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass ein Produktvergleich auf Basis der Deklarationseinheit kg in der Regel unzulässig ist. Mit Hilfe der Referenz-Nutzungsdauer, der Referenz-Rohdichte und der jeweils für die Funktionserfüllung gewählten Dicken können die Indikatorwerte auf die geforderte Funktionseinheit ( $\text{m}^2$  Baustoffschicht,  $\text{m}^2$  Bauteil, Gebäudehülle oder Gebäude mit definierten Funktionen, ...) umgerechnet werden.

---

<sup>1</sup> Der Schlussentwurf der prEN 15804 schreibt für Umweltdeklarationen von Bauprodukten 1 Tonne als Bezugseinheit für Massen vor, eine andere Bezugseinheit muss begründet werden. Begründung für Kilogramm: Der Bezug auf 1 t führt auf Baustoffebene zu unübersichtlich kleinen Zahlen mit mehreren Kommastellen. Auf Gebäudeebene kann die Umrechnung auf Tonnen einfach erfolgen.

## **Systemgrenzen**

### Stufenkumulierte Ökobilanz

Die vorliegende Methodenbeschreibung betrifft die Ökobilanz für die Herstellung von Baustoffen, stufenkumuliert über alle Prozesse von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Herstellung des auslieferfertigen Produkts („Werkbilanz“). Es sei darauf hingewiesen, dass die Ökobilanz grundsätzlich auf die Bewertung des gesamten Lebenszyklus abzielt. Die Ergebnisse der Werkbilanz decken daher nur einen Teilaspekt einer umfassenden Lebenszyklusbewertung ab.

### Zeitliche und Geografische Grenzen

Als Betrachtungszeitraum werden 100 Jahre herangezogen. Die bilanzierten Prozesse entsprechen dem heutigen Stand der Technik. Es werden alle vorgelagerten Prozesse ohne Rücksicht auf geografische Grenzen zurückverfolgt. Das Gebiet des Endverbrauchs ist auf Österreich und die umliegenden Länder konzentriert.

### Prozesse

Es werden alle vor- und nachgelagerten Einheitsprozesse, die zur Fertigstellung des auslieferbaren Produkts erforderlich sind, erfasst. Die erhobenen Energie- und Stoffflüsse sollen durchschnittlichen, weitestgehend störungsfreien Prozessbedingungen entstammen. Unfälle und außergewöhnliche Störfälle werden nicht berücksichtigt. Hier besteht ein unterschiedliches Vorgehen der vorliegenden Studie zu den verknüpften Datenbanken, wo Grenzhäufigkeiten für den Eintritt von Unfällen und Störfällen definiert werden. Häufiger eintretende Unfälle werden dort in die Bilanzierung eingeschlossen.

Die innerhalb der Systemgrenzen auftretenden Stoff- und Energieströme werden in der Regel von ihrer Entnahme aus bzw. bis zu ihrer Abgabe in die Umwelt verfolgt und inventarisiert.

### Inputs und Outputs

Für jeden Prozessschritt werden Material-, Transport- und Energieinputs, Emissionen in Luft, Boden und Wasser sowie alle Abfälle nach folgenden Richtlinien bilanziert:

#### Rohstoffe

- Alle Rohstoffe werden mit allen vorgelagerten Prozessen bilanziert, inklusive Gewinnung der Rohmaterialien und Produktion von Biomasse.
- Alle Hilfsstoffe wie Schalöle, Katalysatoren etc., die direkt zur Erzeugung des Produkts notwendig sind, werden bilanziert.
- Betriebsmittel (Hydrauliköle, Reinigungsmittel etc.) werden nicht bilanziert, da die Datenlage in der Regel ungenügend ist.
- Für Verpackungsmaterialien werden alle vorgelagerten Prozesse und die Entsorgung gemäß ARA-Statistik bilanziert.
- Grundsätzlich werden keine strikten Abschneideregeln verfolgt. Es wird das ökologische Wissen und die Erfahrung der involvierten Personen bei der Entscheidung genutzt, ob ein bestimmter In- oder Output weggelassen werden kann.

### Energieträger

- Die Prozessenergie wird mit allen vorgelagerten Prozessen bilanziert.
- Umweltenergie wie z.B. Sonnen- oder Windenergie wird abgesehen von der Herstellung der zur Energieumwandlung benötigten Technik als "gratis" betrachtet.
- Der Energiebedarf für Heizung und Verwaltungsgebäude wird nicht bilanziert. Falls er in den Herstellerangaben enthalten ist und nicht aus den Daten herausgerechnet werden kann, eine Abschätzung aber zeigt, dass die Auswirkungen auf die Bilanz minimal sind, werden die Daten unverändert übernommen.
- Grundsätzlich werden keine strikten Abschneideregeln verfolgt. Es wird das ökologische Wissen und die Erfahrung der involvierten Personen bei der Entscheidung genutzt, ob ein bestimmter In- oder Output weggelassen werden kann.
- Es wird auch der in den Rohstoffen enthaltene Energieinhalt berücksichtigt.

### Emissionen

- Bei allen Bauprodukten, die wesentliche thermische Anteile und/oder prozessspezifische Emissionen aufweisen und eine Emissionsmessung gesetzlich vorgeschrieben ist, werden die produktspezifischen Emissionen erhoben. Für Prozesse, in denen Emissionen von untergeordneter ökologischer Wirkung entstehen, über die keine Daten vorliegen, können generische Daten herangezogen werden.
- Emissionen in die Luft sind entweder als Nachfilterwerte oder - wenn es keine Filter gibt - als Direktmissionen (evtl. Staub) zu erfassen. Der verbleibende Filterstaub wird als Abfall behandelt.
- Die Abwärme wird derzeit nicht ausgewiesen und ist nur indirekt im Energiebedarf enthalten.

### Transporte

- Alle inner- und zwischenbetrieblichen Gütertransporte werden bilanziert. Personenverkehr wird nicht bilanziert.

### Abfälle

- Es wird das Abfallmanagement während aller Einheitsprozesse bis zur endgültigen Abfallentsorgung berücksichtigt.
- Abfallmengen werden nach Kategorien geordnet und mit der Systemgrenze „Werktor aufgeladen“ erfasst.
- Produktionsabfälle, die wieder in die Produktion rückgeführt werden, erfordern als closed-loop-Prozess keine Allokation. Die Produktionsabfälle ersetzen Primärrohstoffe und sind entsprechend in der Sachbilanz enthalten.
- Produktionsabfälle (kein Erlös aus Verkauf), die einem externen Recycling übergeben werden, werden wie Abfälle behandelt. Insbesondere werden keine Gutschriften vergeben.

### Infrastruktur

- Für Infrastrukturdaten wie die Errichtung der Produktionsanlage wird geprüft, ob die Daten bezüglich der Auswirkungen zu vernachlässigen sind. Andernfalls wird auf die entsprechenden aktuellenecoinvent Module und Daten aus der Literatur zurückgegriffen,

## Daten

### Datenquelle

Als Quelle für die Referenzdaten dienen Werksangaben (Herstellerangaben, Messungen, Dosiervorschriften, Energiebuchhaltung, Abfalllisten) und Literaturdaten. Es werden die jeweils aktuellsten verfügbaren Daten mit ausreichender Datenqualität herangezogen. Wenn nicht eine begründete Ausnahme vorliegt, werden die werkspezifischen Daten der letzten beiden abgeschlossenen Betriebsjahre herangezogen. Als Literaturwerte wurden nur Angaben herangezogen, die nicht älter als 10 Jahre sind.

Für Referenzwerte von Produkten, für die Angaben diverser Hersteller und entsprechend qualifizierte Literaturdaten desselben Erhebungsjahres vorliegen, werden die Daten auf Ebene der Sachbilanz gemittelt<sup>2</sup>.

### Basisdaten

Die Sachbilanzdaten der Produktion, die „Foreground-Datensätze“, werden gemeinsam mit Quellenangaben in die Datenbank der **SimaPro 7 LCA Software** eingegeben und mit den Background-Datensätzen (Basisdaten) verknüpft.

Die Basisdaten für Bilanzergebnisse allgemeiner Prozesse wie Energiesysteme, Transportsysteme, Basismaterialien, Forstwesen, Entsorgungsprozesse und Verpackungsmaterialien stammen aus ecoinvent v 2.0 [Frischknecht et al. 2007]. Zusätzlich sind einige Referenzdaten für Rohstoffe und Vorprodukte, vom IBO im Zuge von Produktbewertungen und Forschungsprojekten erhoben worden. In Ausnahmefällen – falls in ecoinvent v 2.0 Datenlücken bestehen oder die Daten nicht selber erhoben werden können – werden für Basismaterialien nach Überprüfung der Datenqualität folgende Datenbanken herangezogen:

- Idemat 2001 database: Daten zu Werkstoffen (Metalle, Legierungen, Plastik und Holz), Energie und Transport der Faculty of Design, Engineering an Production, Delft University of Technology [Idemat 2001].
- Industry Data: Daten die von verschiedenen Quellen aus der Industrie, wie APME, zur Verfügung gestellt wurden.

Hat ein Vorprodukt mehr als 10 % Anteil an den berechneten Wirkungskategorien (z.B. Zement im Beton), wird versucht spezifische Daten für das Vorprodukt zu erheben. Zeigt sich der Produzent des Vorprodukts nicht kooperativ, muss auf die Basisdaten zurückgegriffen werden.

### Vollständigkeit der Datensätze

Vollständige Datensätze werden ohne Einschränkungen für die Erstellung der Sachbilanzen herangezogen. Bei der Erstellung additiver Datensätze wird darauf geachtet, dass eine vergleichbare Modellierungstiefe zur Anwendung kommt, dabei sind begründete Abschätzungen zulässig. Für alle nicht in die Bilanz aufgenommenen Vorstufen wird geprüft, ob mit ihnen evtl. Umweltbeeinflussungen verbunden sind, die von ökologischer Relevanz sind.

---

<sup>2</sup> Arithmetisches Mittel. Produkte, die unterrepräsentativ am Markt sind bzw. mit sehr spezifischen Verfahren hergestellt werden, werden zur Plausibilitätsprüfung herangezogen, im Mittelwert aber nicht berücksichtigt.



In Ausnahmefällen wird bei lückenhaften Datensätzen ein Abgleich mit plausiblen Literaturdaten vorgenommen. Das die Umwelt betreffende Wissen der involvierten Personen, welche die Daten zusammenstellen, wird für das Urteil, ob prozessspezifische Inputdaten oder spezifische Schadstoffemissionen verwendet oder weggelassen werden können, genutzt.

### Datenqualität

Umfang, Verfügbarkeit und Datenmenge, Aktualität und vor allem Datengenauigkeit sind trotz aller Bemühungen unterschiedlich. Um entsprechende Qualität und repräsentative Daten zu erhalten, werden folgende Maßnahmen getroffen:

Die Daten müssen folgende Qualitätsanforderungen erfüllen:

- Die verwendeten Daten sind aktuell und entsprechen dem Jahresdurchschnitt der Bezugsjahre.
- Es müssen alle wesentlichen Daten wie Energie- und Rohstoffbedarf, Emissionen, Transporte, Verpackungen, Abfall und Nebenprodukte gemäß Systemgrenze angegeben werden.
- Die Input- und Outputmassen müssen übereinstimmen.
- Die Daten müssen plausibel sein, d.h. bei starker Abweichung zu Vergleichszahlen (andere Hersteller, Literatur, ähnliche Produkte) muss der Hersteller seine Zahlen rechtfertigen (weitergehende Nachweise vorlegen) oder richtig stellen.
- Emissionsdaten beziehen sich auf die bei der Messung verbrauchte Energie bzw. die produzierte Menge Fertigprodukt.

Die Beschreibung der Datenqualität wird zur internen Dokumentation in 5 Qualitätsstufen unterteilt:

Sehr gut (1)	Vollständiger Datensatz inklusive Sachbilanz aller Vorprodukte mit einem Anteil im Produkt > 1 M-%. Der durchschnittliche Energie- und Rohstoffbedarf pro Produkteinheit wurde aus dem jährlichen Gesamtbedarf berechnet und zu den Emissionen liegen Gutachten vor. Die Daten sind plausibel.
Gut (2)	Fast vollständiger Datensatz (Rohstoffe > 1 M-%, Energie, Emissionen, Transport und Verpackung ) inklusive Sachbilanz aller Vorprodukte mit einem Anteil im Produkt > 10 M-%. Der durchschnittliche Energie- und Rohstoffbedarf pro Produkteinheit wurde aus dem jährlichen Gesamtbedarf berechnet. Die Daten sind plausibel. Die generischen Daten für Vorprodukte < 10 M-% sind plausibel und haben gute Qualität.
Verwertbar (3)	Rohstoffe (> 5 M-% in Produkt), Energie und Transportdaten sind vorhanden und plausibel. Fehlende Daten (Emissionen, Abfälle) können aufgrund der angegebenen Prozesse berechnet werden, z.B. der Erdgasbedarf zur Erwärmung von Wasser auf 60°C oder können durch Literaturangaben ergänzt werden. Die Daten sind plausibel.
Minimalste Qualität (4)	Energie- und Rohstoffbedarf aus unterschiedlichen Datenquellen aber plausiblen Modulen > 10 M-%. Die Daten sind nicht ergebnisrelevant für die Bilanzierung von Gebäuden.
Nicht verwertbar (5):	Die Daten sind unvollständig oder nicht plausibel.

Für eine produktspezifische Werkbilanz wird die Qualitätsstufe 2 eingefordert.

## Allokation

### Allgemeine Grundlagen

Bei einer Vielzahl von Produktions- und Umwandlungsprozessen entstehen neben dem Bilanzobjekt noch Koppelprodukte (Nebenprodukte oder Abfälle). Es stellt sich die Frage, wie die Systemgrenzen zu ziehen sind und wie die Umweltbelastungen des betrachteten Prozesses auf die verschiedenen Koppelprodukte aufgeteilt werden sollen. Als Allokation wird die Zuordnung der Input- und Outputflüsse eines Ökobilanzmoduls auf die gesamte Produktion verstanden (ISO 14040).

Gemäß ISO 14044 müssen Prozesse, die mit anderen Produktsystemen gemeinsam benutzt werden, entsprechend dem nachfolgend dargestellten Verfahren<sup>3</sup> behandelt werden:

- a) Schritt 1: Wo auch immer möglich, sollte eine Allokation vermieden werden durch
  1. Teilung der betroffenen Module in zwei oder mehrere Teilprozesse und Sammlung der Input- und Outputdaten bezogen auf diese Teilprozesse oder
  2. Erweiterung des Produktsystems durch Aufnahme zusätzlicher Funktionen, die sich auf Koppelprodukte beziehen, wobei die Anforderungen nach 4.2.3.3 zu berücksichtigen sind.
- b) Schritt 2: Wenn eine Allokation nicht vermieden werden kann, sollten die Inputs und Outputs des Systems zwischen ihren unterschiedlichen Produkten oder Funktionen so zugeordnet werden, dass die zugrundeliegenden physikalischen Beziehungen zwischen ihnen widerspiegelt werden; d.h., diese sollten die Art und Weise widerspiegeln, in der sich Inputs und Outputs durch quantitative Änderungen in den vom System gelieferten Produkten oder Funktionen verändern.
- c) Schritt 3: Wenn physikalische Beziehungen allein nicht aufgestellt oder nicht als Grundlage für die Allokation benutzt werden können, sollten die Inputs zwischen den Produkten und Funktionen so zugeordnet werden, dass sich darin andere Beziehungen zwischen ihnen widerspiegeln werden. Zum Beispiel könnten Daten auf der Input- und Outputseite im Verhältnis zum ökonomischen Wert der Produkte den Koppelprodukten zugeordnet werden.

### Allokationsgrundsätze für Metalle

Die meisten Metalle lassen sich sehr hochwertig und theoretisch unendlich oft recyceln. Der Umfang, wie weit Recycling durchgeführt wird, lässt sich an zwei Kennzahlen bemessen: am Anteil an Sekundärmetallen in der Produktion und an der Recyclingquote am Ende des Lebensweges.

- Der Anteil an Sekundärmetallen beschreibt den derzeitigen Produktionszustand. In der Regel wird der weltweite Durchschnitt herangezogen (z.B. [ecoinvent Centre 2007]).
- Die Recyclingquote beschreibt jenen Anteil an Metall, der nach Ablauf des Produktlebensweges gesammelt, aufbereitet und recycelt wird. Sie kann sich auf den derzeitigen Zustand oder auf die in Zukunft zum Zeitpunkt des Produktlebensendes des Metalls zu erwartende Quote beziehen.

Da die meisten Metallprodukte seit Jahren unverändertes Wachstum zeigen, ist der Anteil an Sekundärmetallen deutlich geringer als die Recyclingquote von Metallen (z.B. Aluminium wird derzeit weltweit zu ca. 32 % aus Sekundäraluminium gefertigt, die Recyclingquote in der Bau- und Automobilindustrie liegt dagegen bei ca. 85 %).

---

<sup>3</sup> Schritt 1 gehört formal nicht zum Allokationsverfahren.

Entsprechend der beiden Bezugsgrößen lassen sich am Beispiel von Aluminium die folgenden beiden Allokationsansätze unterscheiden:

- Beim Cut-Off Ansatz verlässt der Wertstoff „Aluschrott“ die Systemgrenzen ohne ökologischen Rucksack. Er wird somit „gratis“ den kommenden Generationen als sekundäre Ressource überlassen. Auf der Input-Seite wird entsprechend dem derzeitigen Marktanteil Primär- und Sekundäraluminium bezogen. Das Sekundäraluminium bringt konsequenterweise seinen ökologischen Rucksack aus Sammlung, Aufbereitung und Umschmelzen mit. Weitere Umweltauswirkungen aus dem früheren Produktleben werden nicht angerechnet.

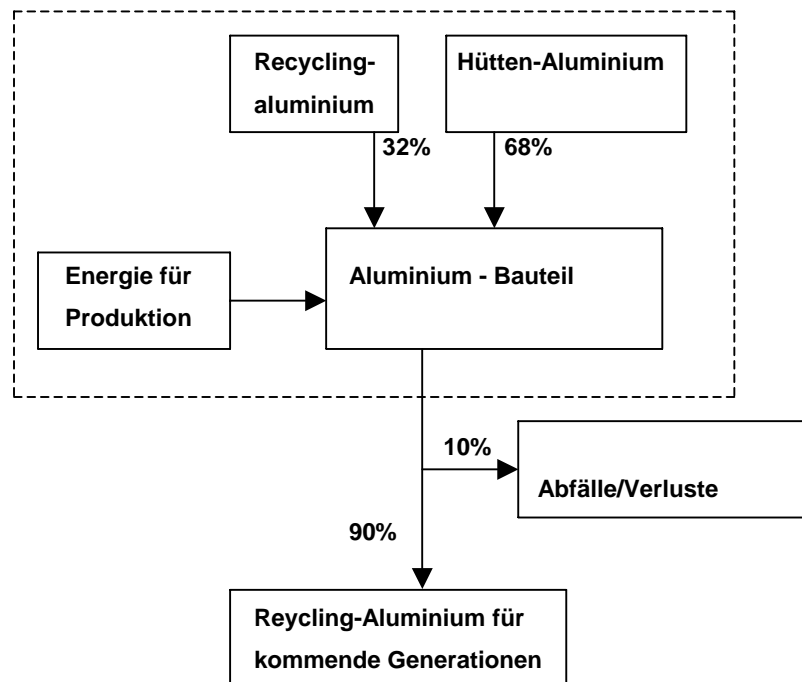


Abb.: Schematische Darstellung des Cut-Off Ansatzes am Beispiel Aluminium. Der in ecoinvent verwendete Anteil an Sekundäraluminium entspricht dem durchschnittlichen weltweiten Mix

- Gemäß ISO 14044 liegt ein closed-loop-Prozess auch dann vor, wenn es sich eigentlich um einen open-loop-Prozess handelt, sich die inhärenten Materialeigenschaften aber nicht ändern. In diesem Fall entfällt die Notwendigkeit der Allokation, da Recyclingmetalle direkt Primärmetalle ersetzen (Substitution). Die Konsequenz dieses Ansatzes ist, dass die Aufteilung Primär- / Sekundärmetall gemäß Recyclingquote erfolgt. Eine Variante des Closed-Loop Ansatzes ist die Methode der wertkorrigierten Substitution (z.B. [Werner, 2003]), bei der die Menge an rückgeführten Sekundärmetall mit einem Faktor (Verhältnis Primärmetall- zu Sekundärmetall-Preis) korrigiert wird.

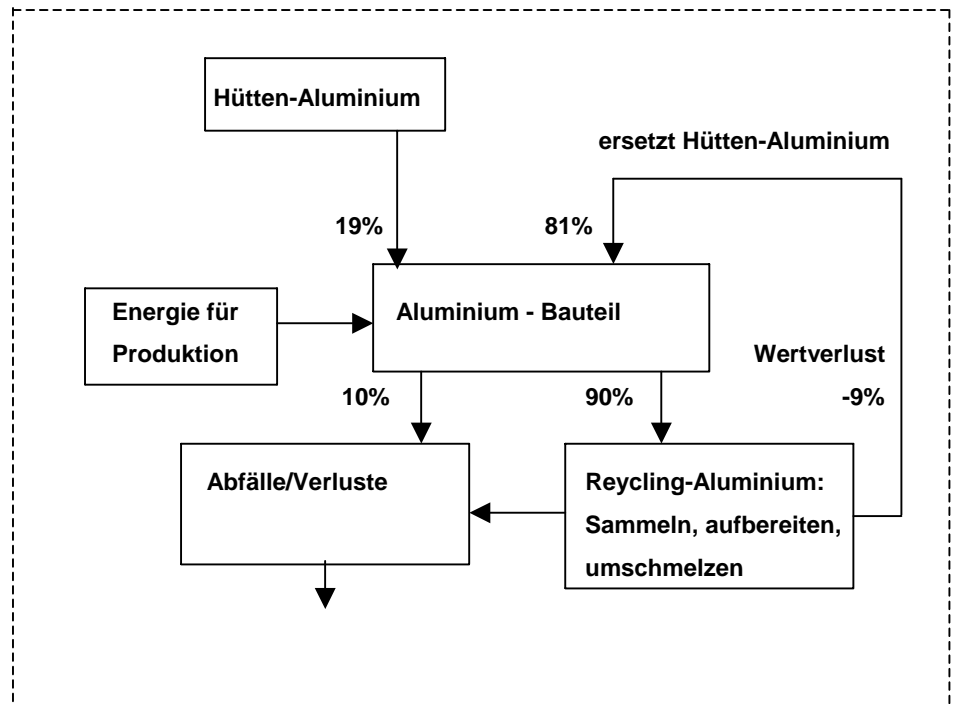


Abb.: Schematische Darstellung der wertkorrigierten Substitution am Beispiel von Aluminium

Der Cut-Off-Ansatz hat zur Folge, dass die hohen Recyclingquoten von Metallen nicht berücksichtigt werden und lediglich der – sich aus den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ergebende – derzeitige Anteil an Sekundärmetallen abgebildet werden. Genau umgekehrt verhält es sich beim „Closed-Loop-Ansatz“ oder bei der Methode der wertkorrigierten Substitution, welche ausschließlich die Recyclingquote berücksichtigt.

Da aus Sicht des IBO beide Kennwerte in einer Ökobilanz abgebildet werden sollten, wird im Referenzdatensatz der Mittelwert aus dem derzeitigen Anteil an Sekundärmetall und der heute technisch umgesetzten Recyclingquote herangezogen.

Anmerkung: Diese Daten werden derzeit im Rahmen des Haus-der-Zukunft-Projekts „ABC-Disposal“ genau erhoben.

Mittelfristig ist geplant, den Substitutionsanteil in der Wirkbilanz getrennt auszuweisen.

#### Weitere Allokationsgrundsätze

Für die Allokationsgrundsätze der Basisdaten sei auf die Methode der benutzten Datenbank verwiesen [ecoinvent Centre 2007].

Entsprechend ISO 14044 wird eine konsistente Reihenfolge der Überprüfung der unterschiedlichen Möglichkeiten von Allokation von Koppelprodukten (siehe Schritt 1 bis 3 in „Allgemeine Grundlagen“) durchgeführt. Im ersten Schritt wird die Möglichkeit der Unterteilung eines Prozesses auf weitere Teilprozesse geprüft (1. Schritt Punkt 1). Ist dies möglich, liegt kein Prozess mit Koppelprodukten vor und eine Allokation ist nicht erforderlich. Die Allokation bei den verbleibenden Prozessen mit Koppelprodukten wird nach wirtschaftlichen Kriterien (Verkaufspreis) durchgeführt. Die „Erweiterung des Produktsystems“ (1. Schritt Punkt 2) scheidet auf Grund der vielen Prozesse und Produktionsschritte für die Anwendung auf die bilanzierten Baustoffe aus.

Externe Abfallstoffe, die im betrachteten Prozess recycelt werden, werden mit Aufwendungen für „Sammlung, Aufbereitung und Transport von der Systemgrenze des vorherigen Systems zum Produktionsort“ belastet übergeben. Belastungen aus dem vorherigen Produktsystem werden ausschließlich für Koppelprodukte übergeben. Produktionsabfälle (kein Erlös aus Verkauf), die einem externen Recycling übergeben werden, werden mit denselben Systemgrenzen an die Sammlung übergeben. Insbesondere werden keine Gutschriften vergeben.

Für sekundäre Brennstoffe werden 50 % des Heizwerts dem betrachteten Brennprozess angerechnet. Die Emissionen aus dem Verbrennungsprozess werden zur Gänze dem betrachteten Prozess zugeordnet.

Alle Emissionen bis zum fertigen Produkt werden dem Herstellungsprozess zugeordnet, unabhängig vom Ort, an dem sie geschehen.

### **Spezifische Annahmen zur Datenmodellierung**

#### Chemikalien

Die in den Datenbanken modulierten Chemikalien basieren praktisch alle auf europäischen Daten und werden so übernommen. Falls für eine Chemikalie weder Hersteller- noch Basisdaten zur Verfügung stehen, wird versucht, die Chemikalie entweder stöchiometrisch über die Grundchemikalien oder über die ecoinvent -Basisdaten „chemical organic“ bzw. „chemical inorganic“ anzunähern. Diese Vorgangsweise darf keinen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse der Wirkbilanz des Produktes haben. Die Plausibilität der Annahmen muss durch Personen mit entsprechender Fachkenntnis überprüft werden.

#### Metalle

Die Herstellung von Stab- und Formstählen, Drähten, Blechen und Rohren (Halbzeug) erfolgt meistens durch Walzen. Allgemein, wenn kein spezifisches Verfahren bekannt ist, wird „Section bar extrusion aluminium“ oder „Sheet rolling aluminium“ eingesetzt.

#### Energieträger

Ausgangspunkt der Analyse des Energiebedarfs ist die benötigte Endenergie an den verschiedenen Energieträgern.

##### Strom

Für die Referenzdaten werden europäische Mittelwerte der Stromerzeugung herangezogen. Wenn keine produktspezifischen Angaben über den europaweiten Strommix vorliegen, wird der UCTE Strommix aus [ecoinvent 2007] herangezogen:

- Electricity, medium voltage, production UCTE , at grid / UCTE (Union for the Coordination of Transmission of Electricity)

Der europäische Strommix verursacht wesentlich höhere Belastung in den betrachteten Indikatoren als z.B. der österreichische Strommix. Hintergrund für diese Herangehensweise ist, dass Hersteller motiviert werden sollen, produktspezifische Ökobilanzen zu erstellen.

##### Thermische Energie

Für thermische Energieprozesse werden ebenfalls europäische Module eingesetzt.

### Transport

Transportdaten werden für die Prozessketten „Rohstoffgewinnung bis Fertigstellung des Bauproduktes“ erhoben. Die Transportdaten werden in tkm<sup>4</sup> erhoben. Bei sehr leichten Materialien wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt und ggf. eine andere Bezugsgröße (z.B. m<sup>3</sup>km) herangezogen. Als Basisdaten werden die ecoinvent-Transportprozesse nach [Spielmann 2007] herangezogen.

Die Transportdistanzen für Entfernungen innerhalb Europas werden mit der Software „Route 66 Europe“ oder dem Routenplaner MAP 24 (<http://www.de.map24.com/>) ermittelt. Die Distanzen zu Orten, die in diesen Datenbanken nicht enthalten sind, werden durch die Distanz zu den nächstgrößeren Orten mit einem entsprechenden Zuschlag abgeschätzt. Die Resultate sind auf 5 km - Schritte gerundet. Die Distanzen der Übersee-Schifffahrt werden gemäß <http://www.dataloy.com> oder der Software „google earth“ erhoben.

Für die Transportdistanz wird für die Referenzdaten von einem „worst case – Szenario“ ausgegangen. Gibt es für ein und denselben Rohstoff mehrere Lieferanten, wird die längste Transportdistanz eingesetzt, sofern kein anteilmäßiger Bezug bekannt ist. Falls keine Transportangaben vorliegen, werden sinnvolle Annahmen getroffen.

### Verpackung

Für die Auslieferung der Ware werden mehrheitlich Euro-Paletten im Mehrweg verwendet. Falls keine anderen Daten vorliegen, werden pro Palette je 10 Umläufe angesetzt. Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen werden als CO<sub>2</sub>-neutral bilanziert.

Folgende Basisdaten werden für die unterschiedlichen Materialien eingesetzt:

- Polyethylenverpackung → packaging film, LDPE at plant /RER S
- Karton → Packaging, corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/RER U ohne CO<sub>2</sub>-Speicherung.
- Papier → Paper, unbleached, at plant/RER U ohne CO<sub>2</sub>-Speicherung Holz → Sawn timber, softwood, raw, air dried, u=20% at plant/RER S ohne CO<sub>2</sub> – Speicherung.
- Metall → steel low –alloyed, at plant /RER S Mittel 60 % Recycling

### Abfallentsorgung

Für die Abfallbehandlung der in der Produktion anfallenden Stoffe werden die in ecoinvent report 1 S.18 angeführten Standard-Entsorgungswege durchgeführt.

### Abwasser

Falls die Größe der Kläranlage für die Behandlung anfallenden Abwasser nicht definiert wird, wird als default-Wert Klasse 2 eingesetzt: Treatment, sewage, waste water treatment, class 2/CH S.

### Infrastruktur

Für Infrastrukturdaten wie die Erstellung der Produktionsanlage wird auf entsprechende in den Datenbanken vorhandene Module und Daten aus der Literatur zurückgegriffen.

---

<sup>4</sup> Transport von 1 t Gut über eine Strecke von einem km (1 tkm)

## Wirkungsindikatoren (LCIA)

### Überblick

Für die Wirkungsabschätzung (LCIA) wird die Methode nach CML 2001 herangezogen. In der IBO-Referenzdatenbank werden die folgenden 3 Umweltkategorien angeführt:

Umweltkategorien	Indikator	Einheit
Beitrag zum Treibhauseffekt	Treibhauspotential	kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent
Beitrag zur Versauerung	Versauerungspotential	kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent
Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen	Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar	MJ

Tabelle: Umweltkategorien und ihre Einheiten

Die Werte für die Umweltkategorien Beitrag zur Bildung von Photooxidantien, Überdüngung, Abbau des stratosphärischen Ozons, Primärenergieinhalt aufgeschlüsselt nach erneuerbaren und nicht-erneuerbaren sowie nach energetisch verbrauchten und rohstofflich gebundenen Ressourcen werden derzeit verifiziert und in der nächsten Ausgabe der Referenzdatenbank veröffentlicht. Mittelfristig ist geplant weitere Ressourcenfaktoren und Abfallkategorien zu ergänzen.

### Globale Erwärmung durch Treibhausgase (GWP)

Das Treibhauspotential GWP (Global Warming Potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zur globalen Erwärmung relativ zu Kohlendioxid. Für jede treibhauswirksame Substanz wird eine Äquivalenzmenge Kohlendioxid in Kilogramm errechnet. Somit kann der direkte Einfluss auf den Klimaänderung zu einer einzigen Wirkungskennzahl zusammengefasst werden, indem das Treibhauspotential der emittierten Substanz  $i$  ( $GWP_i$ ) mit der Masse der Substanz  $m_i$  in kg multipliziert wird:

$$GWP = \sum_i GWP_i \cdot m_i$$

Das Treibhauspotential wird für den Zeithorizont von 100 Jahren bestimmt.

Treibhausgase	GWP 100 in kg CO <sub>2</sub> – Äqu.
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	1
Kohlendioxid CO <sub>2</sub> aus der Luft	-1
Methan CH <sub>4</sub>	21
Dichlormethan	9
Trichlormethan	4
Tetrachlormethan	1400
HFKW R 134 a	1300
HFKW R 152 a	140
HFCKW R 141 b	630
HFCKW R 142 b	2000
Schwefelhexafluorid SF <sub>6</sub>	23900
Lachgas N <sub>2</sub> O	310
Perfluorbutan	7000
Perfluorcyclobutan	8700
1,1,1-Trichlorethan (HCFC 140)	110
1,1,1-Trifluorethan (HFC 143a)	3800
Trichlortrifluorethan (R113)	5000
1,1,2-Trifluorethan (HFC 143)	300
1,1,2,2-Tetrafluorethan (HFC 134)	1000
Dichlortetrafluorethan (R114)	9300
Chlortetrafluorethan (R 124)	480
Dichlortrifluorethan (R 123)	93
Chlorpentafluorethan (R115)	9300
Hexafluorethan (R116)	9200
Pentafluorethan (HFC 125)	2800
Perfluorhexan	7400
Bromtrifluormethan (Halon 1301)	5600
Chlordifluormethan (R 22)	1700
Chlortrifluormethan (R-13)	11700
Dichlordifluormethan (R-12)	8500
Difluormethan (R32)	650
Fluormethan (HFC 41)	13000
Tetrafluormethan (CFC-14)	6500
Trichlorfluormethan (R11)	4000
Trifluormethan (R23)	11700
2,3-Dihydroperfluorpentan	1300
Perfluorpentan	7500
1,1,1,2,3,3,3-Heptafluorpropan (R227)	2900
1,1,1,3,3,3-Hexafluorpropan	6300
1,1,2,2,3-Pentafluorpropan	560
1,3-Dichlor-1,1,2,2,3-pentafluorpropan (R225)	530
3,3-Dichloro-1,1,1,2,2,- pentafluorpropan (HCFC-225ca)	170
Octafluorpropan (R218)	7000

Tabelle: Spurengase, die zum Treibhauseffekt beitragen und dazugehörige Koeffizienten GWP<sub>i</sub> gem [CML 2001]. Quelle: [Houghthen et al., 1994 und 1996



Versäuerungspotential (AP)

Versäuerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- ( $\text{NO}_x$ ) und Schwefeldioxidgasen ( $\text{SO}_2$ ) mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht. Das Maß für die Tendenz einer Komponente, säurewirksam zu werden, ist das Versäuerungspotential AP (Acidification Potential). Die Zusammenfassung in einer Wirkungskennzahl erfolgt analog zum Treibhauspotential:

Für die Berechnung des Versäuerungspotentials werden die nachstehend aufgelisteten durchschnittlichen „Europäischen Säurebildungspotentiale“ verwendet:

Stoff	Durchschnittl. europäische AP-Faktoren in kg $\text{SO}_2$ – Äqu. der Schweiz
Schwefeldioxid	1,2
Schwefeloxide	1,2
Stickoxide (als $\text{NO}_2$ )	0,5
Stickstoffdioxid	0,5
Ammoniak	1,6

Tabelle: Versäuerungspotentiale ausgewählter Stoffe. Quelle: [Huijbregts 1999].

Primärenergieinhalt (PEI)

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PEI, auch Primärenergieverbrauch bzw. -bedarf) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtverbrauch an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der Primärenergieinhalt beinhaltet also z.B. auch die Energieaufwendungen für die Rohstoffgewinnung oder Energieverluste durch Abwärme. Er wird aufgeschlüsselt aus **nicht erneuerbaren Ressourcen** (Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle, Atomkraft) und **Energieträgern aus erneuerbaren Ressourcen** (Biomasse, Wasserkraft, Sonnenenergie und Windenergie).

In der IBO-Referenzdatenbank wird derzeit der Primärenergieinhalt aller nicht erneuerbaren Ressourcen angeführt. Er enthält sowohl die energetisch als auch die stofflich genutzten Ressourcen. Der Primärenergieinhalt wird aus dem oberen Heizwert aller eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet [Hischier et al. 2009].

## LITERATUR UND ANDERE UNTERLAGEN

BTK 1999	Ökologischer Bauteilkatalog – Bewertete gängige Konstruktionen. Hrsg.: IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie- und ökologie und Donau - Universität Krems, Zentrum für Bauen und Wohnen. Springer Verlag/ Wien, 1999
BTK 2007	Passivhaus-Bauteilkatalog - Ökologisch bewertete Konstruktionen / Details for Passive-Houses. Gefördert durch „Haus der Zukunft“, Download-Vorversion ab Okt 2004. Publikation durch Springer Wien 2007.
BUWAL 1998	The report “Oekoinventare für Verpackungen”, Schriftenreihe Umwelt Nr. 250, part 1+2, second edition, Dokumentationsdienst, CH 3003 Bern, Switzerland. <a href="http://www.buwal.ch/publikat/oekobila.htm">http://www.buwal.ch/publikat/oekobila.htm</a> .
Classen et al. 2004	Classen, M; Althaus, H.J.; Abteilung Technologie und Gesellschaft; Eine Studie im Auftrag des Schweizerischen Aluminium-Verbandes: Graue Energie von Bauprodukten aus Aluminium unter Berücksichtigung der wertkorrigierten Substitution. EMPA Dübendorf, 08. November 2004
CML 1992	Heijungs, R. (final ed.): Environmental life cycle assessment of products. Centre of Environmental Science (CML), Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), Fuels and Raw Materials Bureau (B&G). Leiden: 1992
CML 2001	Centre of Environmental Science, Leiden University (Guinée, M.; Heijungs, Huppes, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): Life Cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Final Report, May 2001.
Eyerer 2000	Eyerer, Peter: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden: Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung /Peter Eyerer,; Hans-Wolf Reinhardt. Unter Mitarbeit von Johannes Kreißig. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 2000
Frischknecht et al 2007	Frischknecht R. et al. (2007), <a href="#">Overview and Methodology</a> . Final report ecoinvent v2.0 No. 1, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Duebendorf, CH.
Hischier et al. 2009	Hischier R. et al. (2009), <a href="#">Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods</a> . Final report ecoinvent v2.1 No. 3, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, St. Gallen, CH.
Houghton et al. 1994	Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B.A. Callander, E. Haites, N.Harris & K.Maskell (eds), 1994. Climate change 1994. Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 Emission scenarios. Cambridge University Press, Cambridge.
Houghton et al. 1996	Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N.Harris, A. Kattenberg & K. Maskell, 1996. Climate change 1995: the science of climate change. Cambridge University Press, Cambridge.
Huijbregts 1999	Priority assessment of toxic substances in LCA. Development and application of the multi-media fate, exposure and effect model USES-LCA. IVAM environmental research, University of Amsterdam, Amsterdam 1999
IBO 2004	OI3-Indikator; IBO-Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude, OI3-Berechnungsleitfaden Version 1.6, 2004
Idemat 2001	Idemat 2001 database: Data collection from various sources supervised by Dr. Han Remmerswaal, Faculty of <a href="#">Industrial Design Engineering</a> , Delft Technical University, The Netherlands.

Industrie Data	
ISO 14040	ÖNORM EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz. Grundsätze und Rahmenbedingungen. Ausgabe 2006-10-01. Medieninhaber und Hersteller : Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien
ISO 14044	DIN EN ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006. Oktober 2006)
Kellenberger et al. 2003	Life cycle inventories of building products, Data v1.01 (2003), ecoinvent-report No. 7, Dübendorf, Dezember 2003
Spielmann M. et al. 2007	Spielmann M., Bauer C., Dones R., Paul Scherrer Institut, Villigen und Tuchschnid M., ESU-services Ltd., Uster: Transport services Data v2.0, ecoinvent report no. 14, Villigen and Uster, Dezember 2007
Werner 2003	Werner, F.: Interdependencies Between LC-modelling And The Use Of LCA In Product Designrelated Decisions; With Special Emphasis On The Influence Of Cognitive Models And Values On The Modelling Of Reuse & Recycling And Other End-of-life Options. In: <i>Diss. 14750</i> . Eidg. Technische Hochschule (ETH), Zürich.