

IBO - Werkbilanz

für

**gerollte, unbeschichtete und unkaschierte ISOVER Glaswoll-
dämmstoffe mit einer Rohdichte zwischen 10,5 – 18 kg/m³**

Das Österreichische Institut für Baubiologie und -ökologie erarbeitete diese Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 ff. in Abwägung aller verfügbaren Informationen für die obengenannten Produkte.

AUFTRAGGEBER:

Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH
Prager Straße 75
A-2000 Stockerau

AUFTRAGNEHMER:

IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH.
Alserbachstr. 5/8
A-1090 Wien

Bericht Nr.:

01-WB-2006

Wien, am

1.12.2006

Gültigkeit bis

31.11.2009



Mag. Hildegund Mötzi
Projektleitung



DI Philipp Boogman
Produktbearbeitung

Alle in dieser Deklaration enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden von den Autoren nach bestem Wissen erstellt. Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher übernehmen die Autoren und das IBO keine Haftung für etwaige inhaltliche Unrichtigkeiten.

© 2006 IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH



Klimaneutral sowie gemäß der Richtlinie "Schadstoffarme Druckerzeugnisse" des Österreichischen Umweltzeichens gedruckt. gugler cross media, Melk; UWZ 609; www.gugler.at

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	4
Produktbeschreibung	4
Anwendungsbereich	4
Ökobilanzierung	4
Bewertung	5
Grundlagen der ökologischen Bewertung	6
Aufgabe	6
Methode der Energie- und Stoffflussanalyse (DIN EN ISO 14040ff)	6
Vorgangsweise	6
Zieldefinition	7
Sachbilanz	9
Wirkbilanz	12
Auswertung	13
Umweltkategorien	14
Berechnung von Ökokennzahlen für das Gebäude	18
Produktanalyse	20
A Produktbeschreibung	20
A.1 Produktbezeichnung	20
A.2 Produktdefinition	20
A.3 Einsatzgebiete	20
A.4 Technische Daten	20
B Produktion	21
B.1 Rohstoffe	21
B.2 Herstellungsverfahren	23
B.3 Verpackung und Auslieferung fertiger Produkte	25
C Ökobilanz	26
C.1 Zieldefinition	26
C.2 Systemgrenze	26
C.3 Funktionseinheit	26
C.4 Abschneidekriterien	27
C.5 Weitere Annahmen	27
C.6 Datenqualität	27
C.7 Allokation	28
C.8 Wirkbilanz und Bewertung	28
C.9 OI3 – Ökoindikator	30
Literatur und andere Unterlagen	32

KURZFASSUNG

Produktbeschreibung

Gegenstand dieser Werkbilanz sind alle gerollten, unbeschichteten und unkaschierten Glaswolle-Dämmstoffe für den Wärme-, Schall- und Brandschutz der Saint-Gobain ISOVER Austria GmbH mit einer Rohdichte zwischen 10,5 und 18 kg/m³.

Anwendungsbereich

Die ÖNORM EN 13162 legt die Anforderungen für werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle mit oder ohne Kaschierung, die für die Wärmedämmung von Gebäuden benutzt werden, fest. Anwendungsbezogene Anforderungen sind bspw. der ÖNORM B 6000 zu entnehmen. Nach den neuen Euroklassen gemäß ÖNORM EN 13501-1 sind gerollte ISOVER - Produkte in die Klasse A1 nichtbrennbar eingestuft.

Ökobilanzierung

Die Ökobilanz wurde nach DIN EN ISO 14040 ff durchgeführt. „ISOVER - gerollte Produkte“ werden stufenkumuliert von der Rohstoffgewinnung bis zum Werktor, sprich vor Auslieferung des verkauffertigen Produkts bilanziert („Werkbilanz“). Die vom Hersteller erhobenen Daten beziehen sich auf die Produktion im Frühjahr 2006.

Zur Vergleichbarkeit mit anderen Dämmstoffen wurde als Funktionseinheit die Menge berechnet, die notwendig ist um einen Wärmedämmwiderstand von 1 m²K/W zu erreichen.

Wirkbilanz für gerollte, unkaschierte und unbeschichtete Glaswollämmstoffe von ISOVER mit Rohdichten von 10,5 – 18 kg/m³:

Kategorie	pro kg	pro m ³ (Ø)	pro Funktionseinheit (Ø 0.551kg)
Treibhauspotential [kg CO ₂ -Äqv.]	1.5	21.9	0.8
Ozonabbaupotential [kg CFC11-Äqv.]	2.0E-7	2.9E-6	1.1E-7
Photosmogpotential [kg C ₂ H ₂ -Äqv.]	4.5E-4	6.4E-3	2.4E-4
Versäuerungspotential [kg SO ₂ -Äqv.]	6.4E-3	9.1E-2	3.4E3
Überdüngungspotential [kg PO ₄ -Äqv.]	1.0E-3	1.5E-2	5.5E-4
Primärenergie nicht erneuerbar [MJ]	29.0	413.3	15.5
Primärenergie erneuerbar [MJ]	7.0	99.3	3.7

Bewertung

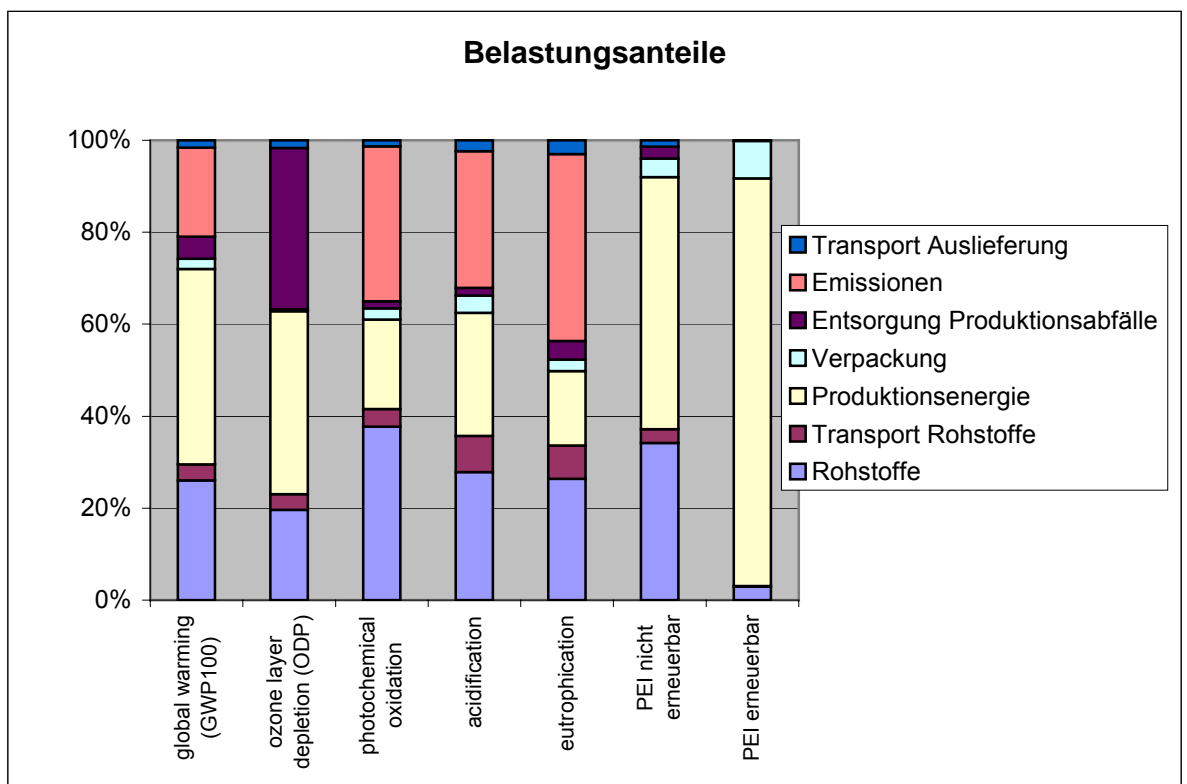
Die Werte in praktisch allen Kategorien werden hauptsächlich durch die hohe Produktionsenergie, deren Emissionen und die Rohstoffbereitstellung bestimmt.

Der hohe Recyclingglasanteil von rund 76 % beeinflusst die Bilanz sehr positiv, da für das Schmelzen von Recyclingglas im Schnitt 30% weniger Energie als für das Schmelzen von Primärrohstoffen aufgewendet werden muss.

Die Berechnung der Ökokennzahlen für die Auslieferung zeigt, dass durch die Komprimierung beim Verpacken auf ein 1/6 des Einbauvolumens die Umweltbelastungen des Transportes um 78 % reduziert werden.

Weitere ökologische Verbesserung können durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Reduzierung des Bindemittelanteils,
- Umstieg auf erneuerbare Energien, was im günstigsten Fall auch eine Reduzierung der Emissionen nach sich zieht
- Umlagerung der Rohstofftransporte vom LKW auf die Bahn (derzeit aus baulichen und bahnologistischen Gründen nicht möglich)
- Vermeidung von Abfällen aus der Reinigung der Produktionsanlage



GRUNDLAGEN DER ÖKOLOGISCHEN BEWERTUNG

Aufgabe

Aufgabe von ökologischen Bewertungsverfahren für Produkte und Dienstleistungen ist es, alle wesentlichen Stoff- und Energieströme des betrachteten Produktes oder eines Prozesses zu erfassen und zu bewerten. Sie werden daher auch als Energie- und Stoffflussanalysen (oder Ökobilanzen) bezeichnet. Die Ökobilanz ist ein möglichst umfassender Vergleich der Umweltauswirkungen zweier oder mehrerer unterschiedlicher Produkte, Produktgruppen, Systeme, Verfahren oder Verhaltensweisen. Es gibt verschiedene Beweggründe, Anwendungsfälle und Motive, um eine ökologische Betrachtung im Sinne einer Energie- und Stoffflussanalyse zu erarbeiten, z.B.

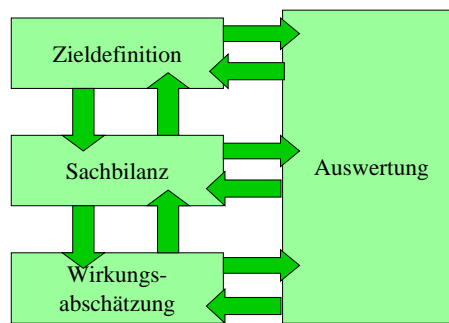
- Optimierung eines Prozesses/Produktes/Dienstleistung nach ökologischen Kriterien,
- Nachweis der Umweltverträglichkeit von Stoffen oder Produkten während ihres gesamten Lebenszyklus
- Einbeziehung von ökologischen Kriterien in den Planungs- und Entwurfsprozess.

Resultate von Ökobilanzen dienen daher der Offenlegung von Schwachstellen, der Verbesserung der Umwelteigenschaften der Produkte, der Entscheidungsfindung in der Beschaffung und im Einkauf, der Förderung umweltfreundlicher Produkte und Verfahren, dem Vergleich alternativer Verhaltensweisen und der Begründung von Handlungsempfehlungen. Sie können somit als Arbeitshilfsmittel, als Kontrollinstrument oder als Entscheidungshilfe herangezogen werden und eine wirksame Umweltvorsorge ermöglichen.

Methode der Energie- und Stoffflussanalyse (DIN EN ISO 14040ff)

Vorgangsweise

Die Vorgangsweise bei Ökobilanzen ist heute weitgehend im internationalen Konsens bestimmt. Einen Rahmen bieten die Normen ISO 14040 ff der International Standard Organization. Die Erstellung erfolgt in vier klar gegeneinander abgegrenzten Untersuchungsschritten:



Zieldefinition

In der Zieldefinition wird zunächst der Untersuchungsgegenstand exakt definiert und im Weiteren der Zweck der Studie angegeben. Die Funktionseinheit und der Bilanzrahmen sind festzulegen. Die Ebenen der berücksichtigten Wechselwirkungen sind klarzustellen, wobei im Wesentlichen die relevanten Stoff- und Energieflüsse vollständig aufgelistet werden.

Untersuchungsrahmen

Bei der Festlegung des **Untersuchungsgegenstandes** werden die Bilanzobjekte, wie z.B. opake (konventionelle) Wärmedämmstoffe, die am österreichischen Markt erhältlich sind, genau festgelegt. Die **Zieldefinition** der Studie beinhaltet die Festlegung der Zielgruppe und der Inhalte, die ihr vermittelt werden sollen. Beispielsweise ist der Zweck der Studie, Dämmstoffproduzenten Wege für die Optimierung des Produktionsprozesses aufzuzeigen und den Konsumenten eine Entscheidungshilfe bei der Produktauswahl zu geben. Für Ökobilanzstudien muss beachtet werden, dass bei der Datenerhebung verschiedene Aspekte des Untersuchungsrahmens eventuell angepasst werden müssen, um die definierten Ziele zu erreichen. Wichtig ist dies entsprechend zu dokumentieren.

Funktionseinheit

Die Funktionseinheit wird festgelegt, indem zunächst die Funktionsanforderungen an die Bilanzobjekte definiert werden, wie z.B. „Wärmedämmung“ bei Dämmstoffen. Die Definition der Funktionsanforderungen ist in der Regel schwierig, da die meisten Produkte Multifunktionalität aufweisen, z.B. Wärme- und Schalldämmung bei Dämmstoffen. Der Funktionsanforderung wird eine physikalische Einheit zugewiesen (Funktionseinheit), z.B. „Wärmedurchlasswiderstand“ bei Dämmstoffen. Untersucht werden die Prozessketten bzw. Produktlinien bis zur Realisierung der Funktionsanforderungen. Erst damit ist der Vergleich sinnvoll und erlaubt. Zum Beispiel ist es nicht sinnvoll, Energie- und Stoffbilanzen für die Herstellung von 1 kg Glaswolle mit der Herstellung von 1 kg anderer Dämmstoffe zu vergleichen. Vielmehr ist es notwendig, sich auf die Funktionseinheit, z.B. Wärmedurchlasswiderstand $\text{m}^2\text{K/W}$ zu beziehen.

Datenkategorien

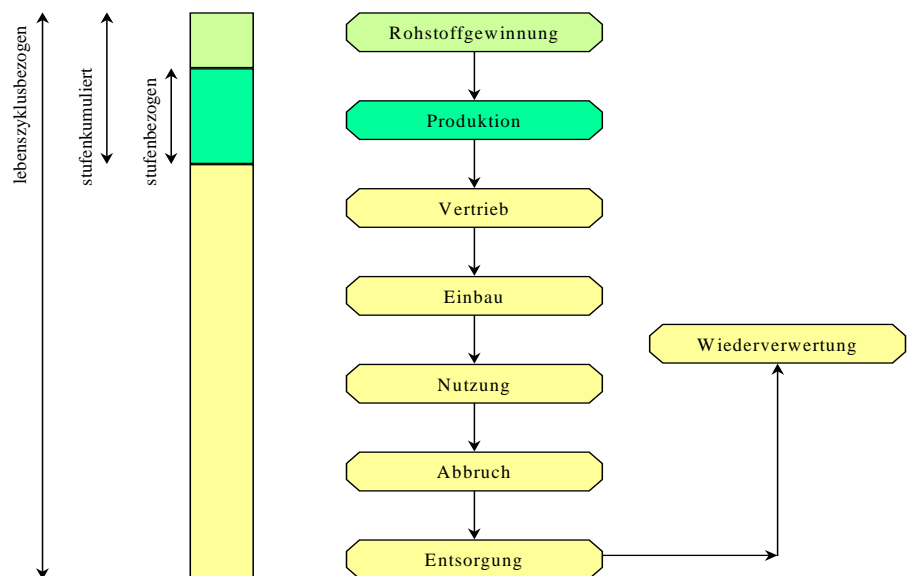
Daten können an den Produktionsorten gesammelt werden, die den Modulen innerhalb der Systemgrenzen zugeordnet werden. Sie können veröffentlichten Quellen entnommen oder aus diesen berechnet werden. Alle Datenkategorien können eine Mischung gemessener, errechneter oder geschätzter Daten erhalten.

Bilanzrahmen

Das zu analysierende System wird durch ein genau definiertes Modell abgegrenzt (Bilanzmodell). Beim Setzen des Bilanzrahmens unterscheidet man zwischen geografischen, zeitlichen und strukturellen Abgrenzungen. Die geografische Abgrenzung kann zum Beispiel an der Betriebsgrenze oder an einer nationalen Grenze oder global erfolgen. Der zeitliche Rahmen kann der Lebensdauer entsprechen oder mit einem zu wählenden Betrachtungszeitraum festgelegt werden.

In diesem Bilanzmodell finden Prozesse statt, die abhängig von Zuflüssen (Inputs) und Abflüssen (Outputs) von Stoff und Energie sind. Im ersten Schritt konzentriert sich die Analyse auf die Stoff- und Energieflüsse, die sich klar einem Verursacher zuordnen und direkt mess- und quantifizierbar sind (Sachbilanz). Das sind als Input der Rohstoff- und Energiebedarf und als Output die Emissionen in Luft, Wasser, Boden sowie verursachte Abfälle. Jedem In- und Output werden Wirkungen auf die Umwelt zugeschrieben, die im zweiten Schritt zur Wertung und Gewichtung verwendet werden (Wirkbilanz und Bewertung).

Bilanzmodell



Vereinfachte Darstellung des Lebenszyklus eines Baustoffes zur Veranschaulichung der drei Betrachtungsarten von Ökobilanzen: stufenbezogen, stufenkumuliert, lebenszyklusbezogen.

Je nach Bilanzmodell werden folgende drei Arten der Betrachtung beschrieben:

Stufenbezogen - beinhaltet nur Angaben des Stufenaufwandes eines Produkts (ohne Berücksichtigung von Vor- und Folgestufen).

Stufenkumuliert - beinhaltet die Angaben bis zu einem definierten Zeitpunkt oder Zustand, meist bis zur Bereitstellung des auslieferungsfertigen Produktes beim Produzenten.

Lebenszyklusbezogen - umfasst alle in einem definierten Lebenszyklus ablaufenden Lebensphasen. Bei dieser Art der Bilanzierung sind Nutzungs- und Entsorgungsszenarien zu definieren, da auch dem Herstellungsprozess nachfolgende Aufwendungen und Belastungen berücksichtigt werden. Die Schwierigkeit der Vorhersage nimmt mit steigender Lebensdauer zu.

Anforderung an die Datenqualität

Mit den Ökobilanzen werden folgende Ziele verfolgt:

- Optimierung des Produktionsprozesses nach ökologischen Kriterien,
- Nachweis der Umweltverträglichkeit von Stoffen oder Produkten,
- Einbeziehung von ökologischen Kriterien in den Planungs- und Entwurfsprozess.

Dafür sind die Vergleichbarkeit und Konsistenz der zugrunde liegenden Daten entscheidend. Um repräsentative Daten zu erhalten, muss folgendes gegeben sein:

- Technische Äquivalenz vergleichbarer Prozesse.
- Bei der Nutzung von verallgemeinerten (generischen) Daten ist deren Gültigkeitsbereich anzugeben und die Quelle zu deklarieren.
- Die Referenz Datenbank und die Vergleichbarkeit mit den verwendeten Basisdaten muss beschrieben werden.
- Der geographische Erfassungsbereich muss beschrieben werden.
- Die verwendeten Daten sind aktuell und entsprechen einem Jahresdurchschnitt des Bezugsjahres.
- Beschreibung des Umgangs mit Datenlücken.

Sachbilanz

Die Erfassung und Dokumentation der Energie- und Stoffströme in einem Datensatz wird als Sachbilanz oder Input/Output-Analyse bezeichnet und ist für alle bekannten umweltorientierten Bewertungsverfahren im Prinzip gleich.

Der Standarddatensatz besitzt folgende Struktur:

1. Allgemeine Angaben
2. Inputs

3. Outputs

Vor der eigentlichen Datenerhebung sind die Regeln zur Datenverarbeitung und Bilanzerstellung festzulegen und zu dokumentieren. Eine modulare Gliederung des zentralen Produktionsprozesses (bilanzierter Betrieb oder Unternehmen) ist meist ohne Probleme möglich, so dass die Sachbilanz des Werkes (Werksbilanz) aus sogenannten „Foreground“-Datensätzen (Informationen meist aus erster Hand direkt verfügbar) erstellt werden kann. Außerhalb dieses Verantwortungsbereiches und mit zunehmender Anzahl von Vorprodukten wird es schwieriger, den Produktlebenszyklus zu erfassen, da Informationen zu vergangenen Prozessen (Vorketten) nötig sind. Sind diese Informationen als sogenannte „Background“-Datensätze nicht in einer Datenbank hinterlegt und verfügbar, steigt der Aufwand der Datenerhebung stark an. Background – Datensätze sind bereits erhobene, skalierte oder an die jeweilige Situation angepasste Daten aus einer kompatiblen Prozesskettenmodellierung oder einer vorhandenen Datenbank. Es sind daher prinzipiell zwei Arten von Modulen (Prozessen) zu unterscheiden: erstens sogenannte Basismodule (oder Background-Daten) zur Beschreibung allgemeiner Prozesse wie z.B. Transporte und die Bereitstellung von Energieträgern, zweitens Module zur Beschreibung produkt- bzw. produktionsspezifischer Prozesse (Foreground-Daten) [Eyerer et.al. 2000]

Allgemeine Angaben

Im allgemeinen Informationsteil sind die zur genauen Definition notwendigen Angaben des Bilanzobjektes enthalten.

Inputs

Die Inputs unterteilen sich in Energie- und Rohstoffeinsätze. Ausgangspunkt der Analyse des **Energiebedarfs** ist die benötigte Endenergie. Aus dieser werden unter Verwendung der Wirkungsgrade der Energieversorgung die Primärenergieträger umgerechnet.

Umweltenergie wie z.B. Sonnenenergie wird als „gratis“ betrachtet. Die Entnahme von Energieträgern aus der Natur wird der Inanspruchnahme von Ressourcen im Sinne eines Stoffbedarfes zugerechnet.

Wichtige **Rohstoffkategorien** sind:

- Primäre oder direkte Rohstoffe: werden direkt aus der Ökosphäre entnommen.
- Nachwachsende bzw. erneuerbare Rohstoffe: erneuern sich über kurze Zeit in natürlichen Kreisläufen.
- Sekundärrohstoffe: werden durch technisches Recycling erneuert oder treten als Koppelprodukte von Prozessen auf.
- Indirekte Rohstoffe oder Fertigprodukte: sind vor dem Einsatz im betrachteten Betrieb bereits einer Verarbeitung unterzogen worden.

- Ausgangsstoffe gehen stofflich in das Bilanzobjekt ein. Hilfsstoffe werden dem Bilanzobjekt zugeordnet, gehen jedoch nicht stofflich ein. Bevor Rohstoffe eingesetzt werden, wurden sie üblicherweise schon Prozessen (Vorketten) unterzogen, in denen Energie aufgewendet wurde. Nach der Datenaufnahme müssen deshalb diejenigen Inputströme, welche in Form von Vorprodukten, Hilfs- und Betriebsstoffen und Energieträgern in den Lebenszyklus des Produktes eingehen, mit den entsprechenden Vorstufen verknüpft werden. Dies hat zur Folge, dass beispielsweise beim Einsatz von Heizöl in einem Verbrennungsprozess nicht nur prozessbedingte Emissionen, sondern auch Einwirkungen auf die Umwelt durch Förderung, Aufbereitung und Bereitstellung des Heizöls in die Bilanz mit einfließen.

Outputs

Die Abgabe von Stoffen an die Umwelt (Luft, Wasser, Boden) an den Systemgrenzen wird Primäremission genannt. Die Aufnahme durch Flora, Fauna oder Menschen wird als Sekundärwirkung definiert.

Emissionen in Luft sind entweder als Nachfilterwerte oder - wenn es keine Filter gibt - als Direktemissionen (evtl. Staub) zu erfassen. Der verbleibende Filterstaub wird als Abfall behandelt.

Im Bereich der **Emissionen in Wasser** hängt die Systemgrenze davon ab, ob eine Selbst- oder Fremdbehandlung erfolgt. Bei Selbstbehandlung sind die Emissionen als Nachfilterwerte an der Stelle der Einleitung in Fließgewässer zu erfassen. Der Klärschlamm wird den Abfallkategorien zugeordnet. Bei einer Fremdbehandlung wird die Abwassermenge zunächst an der Werkgrenze erfasst und mit Transferkoeffizienten in Emissionen in Fließgewässer als Nachfilterwert der Abwasserreinigungsanlage sowie in Klärschlammengen umgerechnet.

Emissionen in Boden sind kompliziert zu erfassen und werden meist vernachlässigt.

Abfallmengen werden nach Kategorien geordnet und mit der Systemgrenze „Werktor aufgeladen“ erfasst. Sie bilden die Grundlage einer Bewertung anhand der Abfallmasse und zur Abschätzung der Langzeitgefährdung. Die aus der Abfallbehandlung resultierenden Boden-, Wasser- und Luftbelastungen durch Abfälle werden wieder mittels Transferkoeffizienten bestimmt. Der energetische Output in Form von Abwärme, Strahlung und Schall wird wegen schlechter Datenlage nicht erfasst.

Als Systemgrenze für den Eintrag in die Umwelt werden damit zusammenfassend gesehen:

- Schornsteinende bei Emissionen in Luft ohne Filter
- Nachfilterwerte bei Emissionen in Luft mit Filter
- Auslaufrohr bei Emissionen in Wasser ohne Klärung
- Nachfilterwerte bei Emissionen in Wasser mit eigener Klärung

- Nachfilterwerte der Abwasserreinigungsanlage bei Fremdklämung
- Abtransport von Abfällen durch Werkstor
- Luft-, Wasser- und Bodenemissionen im Sinne von Transferkoeffizienten von Deponien bei der Ablagerung von Abfällen.

Die Outputströme sind ebenso mit den nachfolgenden Prozessen zu verknüpfen, die weder direkt in die Umwelt, noch in einen anderen Produktionslebenszyklus eingehen. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um die Beseitigung durch Entsorgungsverfahren.

Wirkbilanz

Die Wirkbilanz ordnet den in der Sachbilanz erhobenen Stoff- und Energieflüssen Wirkungen zu. Aus wissenschaftlicher Sicht ist der Schritt zur Wirkbilanz die große Herausforderung. Als Grundsatz gilt: Es sollen wissenschaftliche Erkenntnisse herangezogen werden und nicht z.B. politische Grenzwerte. Von Heijungs wurde die Methode der wirkungsorientierten Klassifizierung vorgeschlagen [CML 1992], die mittlerweile in einer aktuellen Auflage vorliegt [CML 2001]. Die Vorgangsweise bei der Erstellung der Wirkbilanz umfasst dabei zwei Schritte:

1. Klassifizierung
2. Quantifizierung

Bei der Klassifizierung werden die Ergebnisse aus der Sachbilanz einer überschaubaren Anzahl von Umweltkategorien zugeordnet.

Umweltkategorien	Einheit
Treibhauseffekt	kg CO ₂ -Äquivalent
Versäuerung	kg SO ₂ -Äquivalent
Bildung von Photooxidantien	kg Ethylen-Äquivalent
Ozonabbau in der Stratosphäre	kg FCKW-11-Äquivalent
Eutrophierung (Überdüngung)	kg PO ₄ -Äquivalent

Tabelle: Umweltkategorien und ihre Einheiten (Genaue Beschreibung ab S.14 ff.)

Dabei sind Mehrfachzuordnungen durchzuführen: Zum Beispiel müssen Stickoxide der Versäuerung, der Humantoxizität und der Bildung von Photooxidantien zugeordnet werden.

Im zweiten Schritt werden die zugeordneten Substanzen innerhalb der Umweltkategorien quantifiziert und gewichtet (Methode der Wirkungspotentiale). Die einzelnen Umweltkategorien und die Quantifizierung werden im Anschluss an das Kapitel Bewertung eingehender besprochen.

Der Bedarf an energetischen Ressourcen in Form des Primärenergieinhaltes in MJ ist nicht Bestandteil der wirkungsorientierten Klassifizierung nach Heijungs, da er eine Ressourcengröße (Ursache) ist.

Auswertung

Am Ende des Verfahrens steht die Bewertung selbst. Im Zuge der Bewertung werden Messgrößen zu Beurteilungskriterien, indem sie im Rahmen eines Wertemodells interpretiert werden. In den Interpretationsmethoden unterscheiden sich die verschiedenen Bewertungsmodelle voneinander.

Prinzipiell werden zwei Ansätze unterschieden:

- Low-Level-Aggregationsmethode
- High-Level-Aggregationsmethode

Low-Level-Aggregation

Eine Low-Level-Aggregation strebt eine zusammengefasste Darstellung der Bewertungskriterien in Form eines sogenannten Ökoprofiles an. Die Zuordnung der Umweltbelastungen erfolgt häufig zum jeweiligen Umweltmedium (Luft, Wasser, Boden). Parameter wie Luftverschmutzung, Wasserbelastung, Energie oder feste Abfälle werden mit unterschiedlicher Differenzierung und Quantifizierung dargestellt und sodann in Relation zu einem definierten Richt- bzw. Grenzwert gesetzt.

Der Vorteil der Low-Level-Aggregation liegt vor allem in ihrer Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Low-Level-Aggregationen führen im Allgemeinen nicht zu eindeutigen Ja/Nein Entscheidungen und verlangen von den Entscheidungsträgern sich aufgrund des oft komplexen Ökoprofiles eine eigene Meinung zu bilden, wobei oft genug ein "Übel" gegen ein anderes abgewogen werden muss. Die aus Ökoprofilen abgeleiteten Entscheidungen können damit durchaus stark politisch statt inhaltlich motiviert sein.

High-Level-Aggregation

Bei der High-Level-Aggregation werden die in unterschiedlichen Maßeinheiten erfassten Umweltkriterien verschiedenster Umweltmedien zusammenfasst und in einer bzw. wenigen bewertenden dimensionslosen Maßzahlen dargestellt. Durch die Zusammenführung der verschiedenen Auswirkungen eines Produktes bzw. Prozesses auf die Umwelt findet in der High-Level-Aggregation eine enorme Informationsverdichtung statt.

Der besondere Reiz der High-Level-Aggregationsverfahren liegt daher in einer absoluten Einstufung in "gut" oder "schlecht" bzw. in einer relativen Einstufung wie "besser als X" oder "schlechter als Y".

Das grundsätzliche Problem bei den High-Level-Aggregationsverfahren ist in zwei Bereichen zu suchen: Zunächst müssen die unterschiedlichsten Umweltbelastungen gegeneinander gewichtet, zueinander in Relation gesetzt und in weiterer Folge auf eine Bewertungsbasis bezogen werden. Im

Allgemein sind die Umweltwechselwirkungen einzelner Faktoren jedoch sehr komplex und entziehen sich linear kausalen Zusammenhängen. Aus diesem Grund sind solche Aggregationsverfahren stets umstritten („Äpfel mit Birnen vergleichen“). Diese Problematik führt dazu, dass Ergebnisse solcher Bewertungsverfahren meist keinen breiten Konsens genießen und daraus abzuleitende Maßnahmen politisch meist nur schwer durchsetzbar sind. Beispiele für hoch aggregierende Verfahren sind Ökopunkte nach BUWAL, Material Input per Service Unit (MIPS) oder der Sustainable Process Index (SPI).

Umweltkategorien

Primärenergieinhalt

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). Der Primärenergieinhalt wird aus dem oberen Heizwert aller eingesetzten energetischen Ressourcen berechnet.

Treibhauspotential (Globale Erwärmung durch Treibhausgase, GWP)

Das Treibhauspotential GWP (Global Warming Potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zum Treibhauseffekt relativ zu Kohlendioxid. Für jede treibhauswirksame Substanz wird eine Äquivalenzmenge Kohlendioxid in Kilogramm errechnet. Somit kann der direkte Einfluss auf den Treibhauseffekt 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:

$$\text{GWP} = \sum_i \text{GWP}_i \cdot m_i$$

Das Treibhauspotential kann für verschiedene Zeithorizonte (20, 100 oder 500 Jahre) bestimmt werden. Der kürzere Integrationszeitraum (Zeitspanne, während der das Eingangssignal abgetastet und der durchschnittliche Wert berechnet wird) von 20 Jahren ist entscheidend für Voraussagen bezüglich kurzfristiger Veränderungen aufgrund des erhöhten Treibhauseffekts, wie sie für das Festland zu erwarten sind. Entsprechend kann er verwendet wer-

den, wenn der Temperaturanstieg auf z.B. 0,1 °C pro Dekade begrenzt werden soll. Die Verwendung der längeren Integrationszeiten von 100 und 500 Jahren demgegenüber ist angebracht für die Evaluation des langfristigen Anstiegs des Wasserspiegels der Weltmeere und dient beispielsweise dazu, die Treibhausgase unter der Begrenzung des totalen, anthropogen verursachten Temperaturanstiegs auf z.B. 2 °C zu gewichten.

Treibhausgase	GWP 20 in kg CO ₂ – Äqu.	GWP 100 in kg CO ₂ – Äqu.	GWP 500 in kg CO ₂ – Äqu.
Kohlendioxid CO ₂	1	1	1
Methan CH ₄	56	21	6,5
Dichlormethan	31	9	3
Trichlormethan	14	4	1
Tetrachlormethan*	2000	1400	500
HFKW R 134 a	3400	1300	420
HFKW R 152 a	460	140	42
HFCKW R 141 b*	1800	630	200
HFCKW R 142 b*	4200	2000	630
Schwefelhexafluorid SF ₆	16300	23900	34900
Lachgas N ₂ O	280	310	170

Tabelle: Spurengase, die zum Treibhauseffekt beitragen und dazugehörige Koeffizienten GWP_L.
Quelle: [Houghten et al., 1994 und 1996]; GWP- Werte für Substanzen die mit * gekennzeichnet sind stammen aus dem Jahr 1994.

Versäuerungspotential (AP)

Versäuerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidgasen (SO₂) mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht. Durch eine Reihe von Reaktionen wie die Vereinigung mit dem Hydroxyl-Radikal (OH*-Radikal) können sich diese Gase innerhalb weniger Tage in Salpetersäure (HNO₃) und Schwefelsäure (H₂SO₄) umwandeln - beides Stoffe, die sich sofort in Wasser lösen. Die angesäuerten Tropfen gehen dann als saurer Regen nieder. Die Versäuerung ist im Gegensatz zum Treibhauseffekt kein globales, sondern ein regionales Phänomen.

Schwefel- und Salpetersäure können sich auch trocken ablagern, etwa als Gase selbst oder als Bestandteile mikroskopisch kleiner Partikel. Es gibt immer mehr Hinweise, dass die trockene Deposition gleiche Umweltprobleme verursacht wie die nasse.

Die Auswirkungen der Versäuerung sind noch immer nur bruchstückhaft bekannt. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt die Versäuerung von Seen und Gewässern, die zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl

und Vielfalt führt. Die Versäuerung kann in der Folge Schwermetalle mobilisieren, welche damit für Pflanzen und Tiere verfügbar werden. Darüber hinaus dürfte die saure Deposition an den beobachteten Waldschäden zumindest beteiligt sein. Durch die Übersäuerung des Bodens kann die Löslichkeit und somit die Pflanzenverfügbarkeit von Nähr- und Spurenelementen beeinflusst werden. Die Korrosion an Gebäuden und Kunstwerken im Freien zählt ebenfalls zu den Folgen der Versäuerung.

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:

$$AP = \sum_i AP_i \cdot m_i$$

Nachstehend sind die durchschnittlichen Europäischen Säurebildungspotentiale ausgewählter Stoffe aufgelistet:

Stoff	Durchschnittl. europäische AP – Faktoren in kg SO ₂ – Äqu. der Schweiz
Schwefeldioxid SO ₂	1,2
Stickoxide (als NO ₂)	0,5
Ammoniak NH ₃	1,6

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

Photooxidantienbildungspotential (Photosmog, Sommersmog)
 Photosmog in Städten und ihrer näheren Umgebung wird durch die Bildung von Photooxidantien in der unteren Troposphäre verursacht. Darunter wird jene Mischung aus gesundheitsschädlichen, reaktionsfreudigen Gasen verstanden, die sich bildet, wenn Sonnenstrahlung auf anthropogene Emissionen (insbesondere Stickstoffoxidverbindungen und Kohlenwasserstoffe aus Autoabgasen) trifft. Die reaktiveren Substanzen reagieren innerhalb weniger Stunden in der Nähe der Emissionsquelle, die reaktionsträgeren Komponenten können sich weiter ausbreiten, bevor sie Oxidantien bilden. Ozon ist das wichtigste Produkt dieser photochemischen Reaktion und auch die Hauptursache für smogbedingte Augenreizungen und Atemprobleme sowie für Schäden an Bäumen und Feldfrüchten. Das Photooxidantienbildungspotential (Photochemical ozone creation potential POCP) bezeichnet die Eigenschaften einer Substanz zur Bildung von Photooxidantien (Sommersmog) beizutragen. Das Photooxidantienbildungspotential wird relativ zur Leitsubstanz Ethylen angegeben.

Die Zusammenfassung in einer Wirkungskennzahl erfolgt analog zum Treibhauspotential:

$$\text{POCP} = \sum_i \text{POCP}_i \times m_i$$

Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)

Die Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht wird durch die Katalysatorwirkung von Halogenen unter speziellen klimatischen Bedingungen verursacht. Die vermehrt zur Erdoberfläche durchdringende ultraviolette Strahlung fördert Hautkrebs und grauen Star. Außerdem werden Schäden an Feldfrüchten und Phytoplankton, die Basis der Nahrungskette im Meer, verursacht. Für die Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht sind in erster Linie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) verantwortlich. Diese verhalten sich in der unteren Atmosphäre wie Edelgase und daher völlig ungiftig und reaktionsträge. Wegen dieser Reaktionsträgheit gelangen sie unverändert in die Stratosphäre, wo sie von der starken ultravioletten Strahlung gespalten werden. Die dabei freigesetzten Chloratome können Ozon abbauen, indem sie seine Umwandlung in normalen Luftsauerstoff katalysieren. Da Katalysatoren chemische Reaktionen beschleunigen, selbst aber nahezu unverändert wieder daraus hervorgehen, kann ein einziges Chloratom schließlich viele tausend Ozonmoleküle zerstören.

Selbst wenn die FCKW-Emissionen heute schlagartig aufhören, wird der Ozongürtel in der Stratosphäre erst in 40 bis 60 Jahren wieder den heutigen Zustand erreicht haben. Seit Beginn 1995 sind Produktion und Verwendung von FCKW in der Europäischen Union grundsätzlich verboten. Dieses Verbot betrifft nur die sogenannten harten Ozonzerstörer, die "vollhalogenierten" FCKW. Teilhalogenierte FCKW und FKW (HFCKW und HFKW) sind erst in einigen europäischen Ländern verboten (z.B. in Österreich mit Übergangsfristen für HFKW). Unter Berücksichtigung der Verweilzeit und der vorausgesagten Immissionskonzentration wurden die Ozonabbaupotentiale (ozone depletion potential ODP) bezogen auf die Substanz FCKW R 11 (Trichlorluormethan) bestimmt. Die Zusammenfassung in einer Wirkungszahl erfolgt analog zum Treibhauspotential:

$$\text{ODP} = \sum_i \text{ODP}_{\infty_i} \times m_i$$

ODP_{∞_i} ist das Ozonabbaupotential für die Substanz i.

Stoff	ODP in kg FCKW R 11 - Äqu.
FCKW R 11	1
FCKW R 12	0,82
FCKW R 113	0,9
FCKW R 22	0,034
Halon H 1211	5,1
Halon H 1301	12

HFCKW R 141b	0,086
HFCKW R 142b	0,043
1,1,1-Trichlorethan	0,11
CH ₃ Br	0,37
Tetrachlormethan	1,2

Tabelle: Ozonabbaupotentiale verschiedener Substanzen. Quelle: [WMO 1999]

Eutrophierung (NP)

Beim Düngen werden zusätzliche Nährstoffe in Boden und in Wasser eingebracht, um die landwirtschaftliche Produktion zu erhöhen. Durch **zu starke Düngung** kann es zu unterschiedlichen Umwelteffekten kommen. Dies kann sich z.B. in einer Verschiebung der Artenvielfalt des Ökosystems ausdrücken. Die Berechnung der Eutrophierung ist derzeit auf Substanzen beschränkt, die entweder Stickstoff oder Phosphor enthalten. Der potentielle Beitrag einer Substanz zur Produktion von Biomasse wird im Eutrophierungspotential EP (Eutrophication Potential) angegeben. Die Zusammenfassung in einer Wirkungskennzahl erfolgt analog zum Treibhauspotential:

$$EP = \sum_i EP_i \times m_i$$

Stoff	EP in kg PO ₄ ³⁻ – Äqu.
Phosphat PO ₄ ³⁻	1
Ammonium NH ₄ ⁺	0,33
Stickstoff N	0,42
Stickoxide NO _x	0,13
Chemischer Sauerstoffbedarf COD	0,022

Tabelle: Eutrophierungspotential einiger Substanzen. [Quelle Heijungs et al. 1992]

Es ist anzumerken, dass durch diese Definition die durch Überdüngung ins Grundwasser gelangten Nitrate nicht berücksichtigt werden. Sie werden der Humantoxizität zugeordnet.

Berechnung von Ökokennzahlen für das Gebäude

OI_{TGH} – Ökoindikator

Der OI_{TGH} - Indikator ist eine ökologische Kennzahl für das Gebäude bzw. für die thermische Gebäudehülle TGH, die sich jeweils mit 1/3 gewichtet aus den 3 Ökokennwerten „Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (Ökoindikator OI_{TGH,PEI})“, „Treibhauspotential (Ökoindikator OI_{TGH,GWP})“ und „Versäuerungspotential (Ökoindikator OI_{TGH,AP})“ zusammensetzt:

$$OI3_{TGH} = 1/3 OI_{TGH,PEI} + 1/3 OI_{TGH,GWP} + 1/3 OI_{TGH,AP}$$

Da im $OI3_{TGH}$ nur die wärmetechnisch relevanten Bauteile und Zwischendecken berücksichtigt werden, wird der Berechnungs- und Bewertungsaufwand für die ökologische Qualität des Gebäudes stark reduziert.

Die grundsätzliche Funktionseinheit für den $OI3_{TGH}$ ist der Quadratmeter – Konstruktionsfläche. Die Konstruktionsfläche ist die Summe aller Bauteilflächen, die in die $OI3_{TGH}$ -Berechnung eingehen.

Der $OI3_{TGH}$ -Indikator stellt somit einen flächengewichteten Mittelwert der ökologischen Belastung der thermischen Gebäudehülle und der Zwischendecken dar.

Der $OI3_{TGH}$ findet Anwendung in österreichischen Wohnbauförderungsprogrammen, in denen davor nur qualitative Kriterien für Bauökologie angewandt werden konnten. Die für die Berechnung eingesetzten Baustoffkennwerte stammen aus der IBO-Datenbank.

Wichtige Rahmenbedingungen für die Einführung von Ökokennzahlen in der Wohnbauförderung waren:

- Die ökologische Bewertung muss zu einer eindeutigen Kennzahl führen.
- Die ökologische Bewertung soll („darf“) zu keinem Mehraufwand in der Planung führen. Der $OI3_{TGH}$ wird daher bei der Heizwärmebedarfsberechnung automatisch mitgerechnet. Er ist in Programmen wie etwa Ecotech, GEQ von Zehentmayr oder ArchiPHYSIK von ANull integriert. Auch mit dem IBO Berechnungsprogramm ECOSOFT (Excel-Programm) wird der $OI3_{TGH}$ berechnet.

$OI3$ - Ergebnis

Das Ergebnis für den $OI3_{TGH}$ -Indikator eines Gebäudes ist eine Zahl zwischen 0 und 100. **Für Baustoffe und Baukonstruktionen ist der $OI3$ eine Rechenhilfsgröße und kann auch negative Werte annehmen.** Wie bei anderen Ökokennwerten ist der Wert umso besser, je niedriger er ist.

PRODUKTANALYSE

A Produktbeschreibung

A.1 Produktbezeichnung

Betrachtet werden gerollte Isover Glaswollämmstoffe für den Wärme-, Schall- und Brandschutz mit einer Rohdichte zwischen 10,5 und 18 kg/m³. Beschichtungen sind nicht Gegenstand der Untersuchung.

A.2 Produktdefinition

Glaswolle wird aus Glasrohstoffen wie Quarzsand und Recyclingglas hergestellt und gehört zur Gruppe der künstlichen Mineralwolle. Mineralwolle ist die Bezeichnung für faserförmige, erstarrte glasige Schmelze silikatischer Stoffe. Die Fasern im Verbund zeigen keine einheitliche Ausrichtung - deshalb die Bezeichnung Wolle. Die Länge der Fasern liegt im Bereich von Zentimetern und ihr Durchmesser ist sehr variabel. Sie streuen im Allgemeinen, wobei das arithmetische Mittel zwischen 3 und 6 Mikrometern (Tausendstel Millimeter) liegt.

Die Definition von Mineralwolle (Stein – bzw. Glaswolle) nach EU-Richtlinie 97/69/EG lautet:

Künstliche Mineralfasern, die aus ungerichteten glasigen (Silikat-) Fasern mit einem Massengehalt von über 18 % an Oxiden von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium und Barium bestehen.

A.3 Einsatzgebiete

„ISOVER -gerollte Produkte“ werden für jegliche Art der unbelasteten Wärmedämmung verwendet. Dazu gehört vor allem die Wärmedämmung im Dachausbau zwischen Sparren und Zangen, in Holzriegelwänden und Holzfußböden, die Schalldämmung von Metallständerwänden und biegeweichen Vorsatzschalen und die nicht begehbare Dämmung der obersten Geschossdecke. Im Leichtelementbau werden sie u.a. auch zur Schall- und Wärmedämmung von abgehängten Decken eingesetzt.

A.4 Technische Daten

Relevante Normen

ÖNORM EN 13162 "Wärmedämmstoffe für Gebäude - Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation".

Konformitätsnachweis

Die Produkte sind CE - zertifiziert. (siehe auch <http://www.isover.at/> unter Downloads).

Technische Daten

Technische Eigenschaften	Kurzbezeichnung	Wert
Breite	b	1200, 1300, 600, 625, 575, 415 mm
Länge	l	3500-13000 mm
Dicke	d	20-240 mm
Rohdichte	ρ	10,5-18 kg/m ³ (\varnothing 14,5)
Wärmeleitfähigkeit (Rechenwert)	λ	0,035 -0,042 W/mK (\varnothing 0,038)
Wärmespeicherzahl	S	80 kJ/m ³ K
Euroklasse gem. ÖNORM EN 13501-1	-	A1
Dampfdiffusionswiderstand	μ	1

B Produktion

B.1 Rohstoffe

Für die Glaswolleherstellung werden die für die Glasindustrie allgemein üblichen Grundstoffe verwendet. Als Bindemittel wird Phenolformaldehydharz eingesetzt:

Komponenten	Gewichtsprozent
Glaskomponenten:	94,0 %
Recyclingglas	76,1%
Feldspat	8,9%
Eigenglas aus Produktion	4,1 %
Borat	7,3 %
Soda	3,1%
Mangandioxid	0,3%
Natriumnitrat *)	0,2%
Bindemittelkomponente:	6,0 %
Phenolformaldehydharz	3,6 %
Harnstoff	1,9%
Ammoniumsulfat	0,04%
Ölemulsion	0,5%
Aminosilan	0,004%

*) Da für Natriumnitrat keine spezifischen Produktionsdaten vorlagen und der Anteil am Produkt nur 0,2 % ausmacht wurde das Modul stöchiometrisch über die Umsetzung von Soda mit Salpetersäure angenähert.

Weitere Hilfs- oder Zusatzmittel werden laut Hersteller keine zugesetzt.

Den höchsten Anteil im Produkt nimmt **Recyclingglas** ein. Der Glasbruch aus der Flachglasproduktion bzw. aufbereitetes Autoglas wird dazu über eine Wiederaufbereitungsanlage zu Glasgranulat zerkleinert. Der Einsatz von Recyclingglas bedingt nicht nur eine Reduktion des Primärrohstoffverbrauchs (Ressourcenschonung), sondern führt auch zu Energieeinsparungen in der Produktion: Das Schmelzen von Primärrohstoffen verbraucht im Schnitt um ca. 30% mehr Energie, als das Schmelzen von Recyclingglas.[ISOVER 1997 b]

Beim **Eigenglas** handelt es sich um Glas aus dem Produktionsprozess. In Produktionspausen (bei Maschinenumstellungen, Reinigung oder Gebrechen) wird der Glasstrahl umgelenkt und mit Wasser abgekühlt. Das dabei entstehende Glasgranulat wird wiederum der Produktion zugeführt.

Feldspat ist der zweite bedeutendste mineralische Rohstoff der Glaswollherstellung. Er fällt unter anderem als Nebenprodukt des beim Tagbau gewonnenen Quarzsandes an. Der im Produkt verwendete Feldspat stammt aus dem Melker Teilgebiet der Böhmisches Masse und wird mit LKW angeliefert.

Soda wird in Deutschland aufgrund der weiten Entfernung zu den Naturvorkommen nach dem "Solvay-Verfahren" aus Kochsalz und Kalkstein gewonnen.

Mangandioxid MnO_2 (Braunstein) bzw. Mangan(IV)-Oxid ist die beständigste und wichtigste Mangan(IV)-Verbindung. Es kommt in der Natur hauptsächlich als grauschwarzer Pyrolusit vor. Die in Frankreich abgebauten Manganerze werden aufbereitet (Konzentration von ca. 80 % an Mangandioxid) und per LKW angeliefert.

Natriumnitrat ist das Natriumsalz der Salpetersäure, der pH-Wert einer wässrigen Lösung wird mit etwa 5,5-8 angegeben. Es wird in unseren Breiten vorwiegend durch Umsetzung von Soda mit synthetischer Salpetersäure gewonnen. Es wird per LKW angeliefert.

Der Anteil von **Boraxpentahydrat** im ISOVER gerollten Produkten beträgt rund 7,3 Gew. - %. Die Borvorkommen zur Gewinnung von Boraxpentahydrat liegen in Kalifornien, Argentinien und der Türkei. Die abgebauten Rohborate sind je nach Herkunft mit unterschiedlichen Begleitstoffen verunreinigt und müssen zum Borax aufbereitet werden.

Bei den **Bindemittelkomponenten** handelt es sich hauptsächlich um synthetisch hergestellte Erdölderivate der chemischen Industrie.

Verfügbarkeit der Rohstoffe

Feldspat ist ausreichend vorhanden. Die Flächeninanspruchnahme ist im Vergleich zu anderen mineralischen Rohstoffen eher gering.

Die Reserven sowohl an **Kochsalz** als auch an natürlichem **Soda** sind ausreichend vorhanden.

Nach übereinstimmenden Untersuchungen kann der Weltbedarf an **Rohboraten** noch für mehrere hundert Jahre gedeckt werden.

Der weltweite Abbau an **Manganerzen** betrug 1989 rund 9,3 Mio. t, während die Reserven auf 900 Mio. t geschätzt werden [ETH 1996]. Bei gleichbleibendem Abbau sind die Vorräte somit in rund 80 Jahren erschöpft.

Transport

In folgender Tabelle sind die durchschnittlichen Transportwege der Rohstoffe angegeben:

Stoffe	Trasportmittel	Distanz in km
Feldspat	LKW	190
Recyclinglas	LKW	220
Borat	Schiff	14200
Borat	Binnenschiff	510
Borat	LKW	750
Soda	LKW	600
Mangandioxid	LKW	1330
Natriumnitrat	LKW	190
Phenolharz	LKW	50
Harnstoff	LKW	50
Ammoniumsulfat	LKW	530
Ölemulsion	LKW	910
Aminosilan	LKW	960
Ammoniaklösung*)	LKW	230

*) Im Produktionsprozess flüchtig, daher im Produkt nicht enthalten

B.2 Herstellungsverfahren

Die angelieferten Rohstoffe werden vorerst in Silos separat bevorratet. Im Gemengehaus werden die Roh- und Zusatzstoffe auf einer automatischen Wiegeeinrichtung gewogen, in zwei Mischern nach genauer Rezeptur gemischt und pneumatisch im geschlossenen System zur Elektroschmelzwanne geführt. Diese wird über Molybdän-Elektroden mit einer Leistung von 4,2 Megawatt elektrisch beheizt. Die Temperatur der Schmelze erreicht 1350 °C (früher: 1400 °C). Dem Schmelzofen sind sogenannte 'Feeder' nachgeschaltet. Von dort fließt das Glas in die Spinnmaschinen. Kernstücke der Spinnmaschinen sind eine rotierende Spinnscheibe und eine über die Scheibe ringförmig angeordnete Brennerdüse. Die Glasschmelze wird durch Zentri-

fugalkraft aus der rotierenden Spinnscheibe nach außen geschleudert. Die Fasern werden pneumatisch nach unten gezogen. Dabei entstehen theoretisch unendlich lange Glaswollefäden mit einem mittleren Durchmesser von 4-6 µm.

Als Prozesswärme für das Spinnen dienen sowohl Gas als auch Elektrizität. Im nächsten Prozessschritt erfolgt die Bedüsung mit Bindemittel. Von den Spinmaschinen gelangen die Fasern anschließend auf den Auflagetisch und weiter in den Härteofen. Bei einer Temperatur von 250 °C wird das Produkt in einen stabilen Verbund gebracht (Polymerisation des Bindemittels). In der Produktionsstraße wird die fertige Glaswolle dann in ihre gewünschte Form gebracht und zu Rollen gewickelt. Zuschnittreste aus der Herstellung werden bei der Firma Saint-Gobain Isover Austria GmbH dem Produktionsprozess wieder zugeführt.

Energieverbrauch

Energiebedarf/Produktion:	pro Tonne Dämmstoff
Erdgas (für Faserung, Trocknung und Heizung)	1.50 kWh/t
Strom (für Schmelzung und Betriebsversorgung)	2.06 kWh/t

Emissionen in die Umwelt

Die während der Produktion entstehenden Abgase durchlaufen eine biologische Abluftreinigungsanlage. Aus dem Prozess entsteht kein Abwasser, das entsorgt werden muss. Das gereinigte Wasser wird im Kreislauf (80.000 m³) geführt und in der Abluftreinigungsanlage wiederum zur biologischen Abluftwäsche verwendet. Die Verdunstungsverluste werden durch Frischwasser ersetzt. Als Frischwasser wird zum Teil aufgefangenes Regenwasser, zum anderen Teil Leitungswasser eingesetzt. Die Abwärme vom Feeder und die Kompressorabwärme werden zur Heizung von Betriebsräumen genutzt.

Randstreifen aus der Produktion und Umstellungsprodukte werden in einer Messermühle zerkleinert und anschließend in den Prozess rückgeführt.

Abgas-, Abfall- und Abwasserwerte:	
Abluftmenge gesamt	210.000 Nm ³ /h
Abgase *):	Alle gesetzlichen und gewerbebehördlichen Auflagen werden eingehalten und lt. Umweltinformationsgesetz publiziert
Abfälle: [jährl. Mengen]	
Hausmüll	113.900 kg
Nassabfall, davon 31 % Wasser	539.700 kg
Reinigungsrückstände	146.850 kg
Verpackungsmaterial (Holz, Papier)	4.700 kg
Altöl (aus den Werkstätten)	1.520 kg
Abwasser: [jährl. Mengen]	Kein Prozessabwasser

*** Dem IBO wurden *) jährlich vom TÜV gemessene Emissionsdaten für verschiedene Substanzen wie z.B. Staub gesamt, Staub PM10, Staub anorg. Anteil, VOC, NH₃, Formaldehyd, Phenol und Geruchsstoffkonzentration vorgelegt.

B.3 Verpackung und Auslieferung fertiger Produkte

Verpackung

Die Produkte werden gerollt und auf 1/6 Teil des Einbauvolumens komprimiert in einer Polyethylenfolie (PE-LD, 70 mg, 1,35 x 1,96 m) zu durchschnittlich 90 kg auf Europaletten (Mehrweg) verpackt.



Abbildung: Durch die Komprimierung beim Verpacken spart man deutlich Beladungsvolumen und somit Transportwege ein.

Auslieferung

Laut Hersteller beträgt der Auslieferungsradius zum Kunden durchschnittlich 200 km. Durch das Komprimieren der Dämmstoffe können Transportwege und somit auch die Umweltbelastung deutlich reduziert werden (s. auch C.8 Wirkbilanz und Bewertung).

C Ökobilanz

Die Produktionsdaten wurden mit Basisdaten aus [ecoinventcentre 2004] verknüpft. Die Basisdaten umfassen Bilanzergebnisse allgemeiner Prozesse wie Energiesysteme, Transportsysteme, Entsorgungsanlagen und Verpackungsmaterialien sowie bereits auf diesen Ergebnissen aufgebaute Produktbilanzen.

C.1 Zieldefinition

Die Untersuchung bezieht sich auf die Produktion der gerollten, Glaswollämmstoffe mit einer Rohdichte von 10,5 – 18 kg/m³. Beschichtungen sind nicht Gegenstand der Untersuchung. Es wird für alle betrachteten Produkte immer dasselbe Fasermaterial eingesetzt.

Die Ziele dieser Studie sind:

- Darstellung der ökologischen Wirkungen
- Aufzeigen der Potenziale für ökologische Verbesserungen
- Grundlage zur Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude (OIB). [IBO 2004])

C.2 Systemgrenze

„ISOVER -gerollte Produkte“ werden stufenkumuliert von der Rohstoffgewinnung bis zum Werktor, d.h. bis zur Auslieferung des verkauffertigen Produkts bilanziert („Werkbilanz“). Dabei wird die Herstellung von Roh- und Hilfsstoffen, deren Transport, die Dämmstoffproduktion inklusive Emissionen und Produktionsabfälle sowie die Verpackung berücksichtigt.

C.3 Funktionseinheit

Die zentrale Funktion des Produktes ist die Wärmedämmung. Als Funktionseinheit wird daher jene Masse an Dämmstoff in kg herangezogen, die notwendig ist, um einen Wärmedurchlasswiderstand von $R_0 = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$ zu erreichen.

In einer Formel ausgedrückt stellt sich die Funktionseinheit folgendermaßen dar:

$$\text{Funktionseinheit [kg/m}^2\text{]} = \rho \text{ [kg/m}^3\text{]} * \lambda \text{ [W/mK]} * R_0 \text{ [m}^2\text{K/W]}$$

mit $R_0 = 1 \text{ m}^2\text{K/W}$

Anmerkung: Sollen aus ökologischen Gründen höhere Wärmedurchlasswiderstände berechnet werden, so ist die Funktionseinheit mit dem gewünschten Wert für R zu multiplizieren.

C.4 Abschneidekriterien

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

Das die Umwelt betreffende Wissen der involvierten Personen, welche die Daten zusammenstellten, wurde für das Urteil genutzt, ob prozessspezifische Inputdaten oder spezifische Schadstoffemissionen verwendet oder weggelassen werden konnten.

C.5 Weitere Annahmen

Die deklarierte Sachbilanz gilt als gutes Mittel für alle „ISOVER gerollte Produkte“, die sich vor allem im Zuschnitt und geringfügig in der Dichte unterscheiden.

Für die Auslieferung der Ware werden mehrheitlich Euro-Paletten im Mehrweg verwendet. Pro Palette wurden 10 Umläufe angesetzt.

Für die Rohstofftransporte wurde in dieser Studie immer auf den 32 t (Nettoladenvolumen 18 t) LKW zugegriffen.

Für die Aufwendungen der Produktionsanlage wurden näherungsweise Literaturdaten [ecoinventcentre 2004] eingesetzt.

C.6 Datenqualität

Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien, Hilfs- und Betriebsstoffen wurden im Frühjahr 2006 vom Dämmstoffhersteller erhoben und entsprechen dem aktuellen Produktionsprozess. Zur Überprüfung der Prozesskette bzw. der In- und Outputströme wurde eine Werkbesichtigung durchgeführt.

Zur Modellierung des Lebenszyklus wurde das Software-System SimaPro 6.1 eingesetzt. Alle der Bilanzierung zu Grunde liegenden Module stammen aus der SimaPro 6.1 Datenbank oder wurden für diese Studie neu erstellt. Das Alter der verwendeten Daten ist meist deutlich unter 3 Jahren.

Die Emissionsmessungen werden jährlich vom TÜV zur Überprüfung der gesetzlichen Vorgaben durchgeführt. Damit alle Produkte des Herstellers diese Vorgaben erfüllen, werden die Emissionen während der Produktion des „schwersten und damit ungünstigsten“ Produktes mit maximalem Binde-mittelgehalt gemessen. Das Verhältnis der Produktionsmengen von Rollen (10,5 – 18 kg/m³) zu Platten (23 -115 kg/m³) ist 85:15.

C.7 Allokation

Als Allokation wird die Zuordnung der Input- und Outputflüsse eines Ökobilanzmoduls auf die Produktion von Isover Rollen verstanden (ISO 14040). Bei der Produktion von Glaswollämmstoffen entstehen keine Nebenprodukte. Für die Allokation von Modulen aus der Vorkette sei auf die verwendete Methode der benutzten Datenbank verwiesen.

Der Rohstoff Recyclingglas wird als Anfallstoff definiert und es werden ihm keine Belastungen der primären Glasproduktion zugewiesen.

C.8 Wirkbilanz und Bewertung

Als wirkungsorientierte Klassifizierung wurde die Methode von Heijungs in aktueller Fassung angewendet [CML 2001]. Die folgende Tabelle zeigt die Wirkbilanz der ausgewählten Kategorien für gerollte Glaswollämmstoffe von ISOVER mit einer Rohdichte von 10,5 – 18 kg/m³:

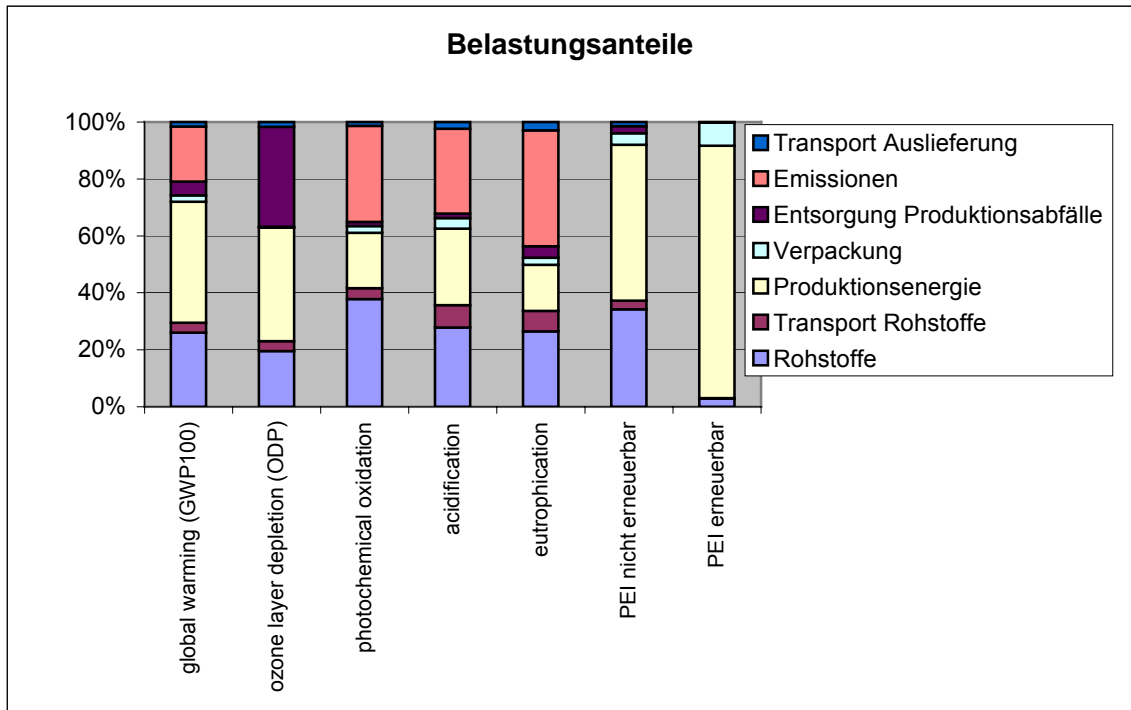
Umweltbelastung von der Rohstoffgewinnung bis zum Werktor

Kategorie	Isover gerollte Glaswolle-Dämmstoffe			Vergleichswerte	
	Isover pro kg	pro m ³	pro Funktionseinheit (0.44-0.63 kg/m ²)	Studie 1999 pro Funktionseinheit (0,7 kg/m ²)	Vergleich Passivhaus-BTK [0.64 kg/m ²]
Treibhauspotential [kg CO ₂ -Äqv.]	1.5	16.2 - 27.7	0.7 - 1.0	1.1	1.4
Ozonabbaupotential [kg CFC11-Äqv.]	2.0E-7	2.1 - 3.6E-6	8.8 - 12.7E-8	-	1.5E-7
Photosmogpotential [kg C ₂ H ₂ -Äqv.]	4.5E-4	4.7 - 8.0E-3	2.0 - 2.8 E-4	3.1E-4	4.3E-4
Versäuerungspotential [kg SO ₂ -Äqv.]	6.4E-3	6.7 - 11.5E-2	2.8 - 4.0E-3	5.7E-3	1.0E-2
Überdüngungspotential [kg PO ₄ -Äqv.]	1.0E-3	1.1 - 1.8E-2	4.5 - 6.4E-4	4.6E-4	1.3E-3
Primärenergie nicht erneuerbar [MJ]	29.0	305 - 522	12.8 - 18.3	22.0	31.9
Primärenergie erneuerbar [MJ]	7.0	73 - 126	3.1 - 4.4	1.0	2.1

Im Vergleich mit den IBO-Referenzdämmstoffen im Passivhaus-Bauteilkatalog BTK [IBO 2006] sind die Belastungen der gerollten ISOVER Produkte für alle Wirkungskategorien geringer.

Der Vergleich mit den Ergebnissen der Bilanzierung des Glaswollämmstoffes TEL-UNIROLL Klemmfilz aus dem Jahr 1999 zeigt ein ähnliches Bild [IBO 1999]. Seit 1999 ist der Stromverbrauch von 6,5 MJ/kg auf 7,4 MJ/kg gestiegen. Der erhöhte Stromverbrauch ergibt sich aus der Technologieänderung (bessere Wärmeleitfähigkeit, höhere Komprimierung), die wiederum eine Einsparung von Transportbelastungen ergibt. Die aktuellen Werte profitieren auch vom hohen Wasserkraftanteil im österreichischen Strom verglichen mit UCTE (Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity) – Strom. Der Anteil erneuerbarer Primärenergie am Gesamtverbrauch ist von 5 auf 29 % gestiegen.

Bei Bezug auf die Funktionseinheit wird deutlich, dass eine geringere Rohdichte und verbesserte Wärmeleitfähigkeit ebenso von Vorteil sind wie eine umweltschonende Herstellung.



Aus obigen Diagramm kann man die größten Potentiale zu ökologischen Verbesserungen erkennen. Die Belastungen in praktisch allen Kategorien werden deutlich durch die Produktionsenergie, deren Emissionen und die Rohstoffbereitstellung dominiert. Wobei bei den Rohstoffen ca. 1/3 durch die Produktion des Bindemittels verursacht wird. Günstig wirkt sich bei Rohstoffgewinnung und Produktionsenergie der sehr hohe Anteil an Recyclingglas aus.

Die Prozessemissionen wirken sich vor allem auf das Treibhaus-, Photosmog-, Versäuerung- und Überdüngungspotential aus.

Die größten Auswirkungen des Rohstofftransports findet man mit jeweils ca. 10 % Anteil im Versauerungs- und Überdüngungspotential.

Die Belastungsanteile der Verpackung sind im Vergleich dazu als gering einzustufen.

Die Entsorgung (Verbrennung) der Abfälle aus der Reinigung der Produktionsanlage (z.B. Rohrleitungen, Schächte) wirkt sich vor allem auf das Ozonabbaupotential negativ aus.

Eine ökologische Verbesserung kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Reduzierung des Bindemittelanteils,
- Umstieg auf erneuerbare Energien, was im günstigsten Fall auch eine Reduzierung der Emissionen nach sich zieht
- Umlagerung der Transporte vom LKW auf die Bahn (derzeit aus baulichen und bahnlogistischen Gründen nicht möglich)
- Vermeidung von Abfällen aus der Reinigung der Produktionsanlage

Umweltbelastungen der Auslieferung

Impact category	Unit	Transport Jumbo LKW	
		[komprimierter m ³ km]	[m ³ km]
global warming (GWP100)	kg CO2 eq	0.001287	0.00582
ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1.56 E-10	7.03 E-10
photochemical oxidation	kg C2H2	0.33 E-06	1.5 E-06
acidification	kg SO2 eq	6.82 E-06	30.5 E-06
eutrophication	kg PO4--- eq	1.38 E-06	6.19 E-06
PEI nicht erneuerbar	MJ	0.019351	0.0877
PEI erneuerbar	MJ	0.00037	0.00181

Tabelle: Beim Beladen des LKW's mit Rollen entstehen ungenutzte Zwischenräume und das eingesparte Volumen reduziert sich von 83,3 % auf 79.6 %. Für die Berechnung der Umweltbelastungen des unverdichteten Dämmstoffvolumens wurde somit ein um den Faktor 4,9 längerer Weg einberechnet. Durch die Komprimierung erhöht sich aber auch das Ladegewicht des vollbeladenen LKWs um denselben Faktor. Um dies angenähert in den Kennzahlen zu berücksichtigen, wurde für den Transport des unverdichteten Dämmstoffes die Belastungen eines leeren LKWs und für den verdichteten die eines durchschnittlich beladenen LKWs (Volle Hin- und leere Rückfahrt) eingesetzt.

Die Berechnung der Ökokennzahlen für die Auslieferung zeigt, dass durch die Komprimierung auf ein 1/6 des Einbauvolumens die Umweltbelastungen des Transportes um 78 % reduziert werden.

C.9 OI3 – Ökoindikator

Die folgende Tabelle zeigt den OI3-Index für den Glaswolle-Dämmstoff mit dem geringsten und mit dem höchsten Flächengewicht. Die hier berechneten Werte dienen als Ausgangsbasis zur Bewertung von Gebäuden mit Glaswolle-Dämmstoffen. Er sollte nicht zur Bewertung von Baustoffen eingesetzt werden (siehe auch Grundlagenteil).

	Flächengewicht [kg/m²] Glaswollämmstoff pro Funktionseinheit RD=1 m²K/W	OI3
Min.	0,44	-35
Max.	0,63	-35

Für Baustoffe und Baukonstruktionen ist der OI3 nur eine Rechenhilfsgröße und kann auch negative Werte annehmen. Wie bei anderen Ökokennwerten ist der Wert umso besser, je niedriger er ist.

LITERATUR UND ANDERE UNTERLAGEN

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, Huppel, 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.
DIN EN ISO 14040: 1997	Umweltmanagement; Ökobilanz; Prinzipien und allgemeine Anforderungen vom August 1997
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; Bosten; Berlin: Birkhäuser, 2000
ecoinvent Centre 2004	EMPA Dübendorf: Daniel Kellenberger, Hans-Jörg Althaus, Tina Künniger ; ESU-services, Uster: Niels Jungbluth. ecoinvent report No. 7. Dübendorf, Juli 2004
ETH 1996	Laboratorium für Energiesysteme ETH Zürich, PSI Villigen Forschungsbereich 4: Ökoinventare für Energiesysteme: Teil 3, 3. Auflage 1996
Gabi 2006	GaBi-Software.com Dokumentation über die Ausbeutung von natürlichen Ressourcen. http://www.pe-product.de/GABI/Dokumentation/Dokumentation/IKP/Wirkkriterien/Ressourcen.html vom 13.7.2006
Holzforschung 2002	Holzforschung Austria: Prüfbericht mit Auftragsnr.: 565/2002; Prüfung einer Dämmstoffplatte gemäß Vornorm ÖNORM ENV 717-1 im Auftrag der Firma Saint-Gobain Isover Austria AG vom 23.05.2002
Heijungs et al. 1992	Heijungs R., Guinée J., Huppel G., Lankreijer R.M., Udo de Haes H.A., Wegener Sleeswijk. A., Ansems A.M.M., Eggels P.G, R. van Duin & H.P. de Goede: Environmental Life Cycle Assessment of products. Guide and Backgrounds. CML, Leiden University, Leiden, 1999
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
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). Climate change 1994. Radiative forcing of climate change and evaluation of the IPCC IS92 Emission scenarios. Cambridge University Press, Cambridge 1994
Houghton et al. 1996	Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N.Harris , A.Kattenberg & K. Maskell. Climate change 1995. the science of climate change. Cambridge University Press, Cambridge 1996
IBO 1999	Mötzl.H et al.: Ökologische Lebenszyklusanalyse des Glaswollämmstoffes TEL-UNIROLL Klemmfalz, Wien 1999
IBO 2004	OI3-Indikator; IBO-Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude, OI3-Berechnungsleitfaden Version 1.6, 2004
IBO 2006	T.Waltjen et al.: N-GL: Hochbaukonstruktionen und Baustoffe für

	hochwärmedämmte Gebäude. Technik, Bauphysik, Ökologische Bewertung, Kostenermittlung. HdZ-Projekt 805785. Wien 2006
Isover 1997b	ISOVER: Umweltbericht, Lausanne, 1997
ÖNORM EN 717-2	Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 2: Trittschalldämmung - Änderung 2: Verfahren zur Beurteilung der bewerteten Trittschallminderung durch Deckenauflagen auf leichten Decken (ISO 717-2:1996/DAM 2:2004)
Richtlinie 97/69/EG	Richtlinie 97/69/EG der Kommission vom 5. Dezember 1997 zur 23. Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt
SIA 95	SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten- Verein: Ökologie in der Haustechnik - Eine Orientierungshilfe, Zürich, 1995
TÜV 2005	TÜV- Prüfbericht 05-uwc-wien-ex-026E betreffend der Eluat- und Gesamtgehaltuntersuchung einer Materialprobe im Auftrag der Saint Gobain Isover Austria GmbH vom 24.06.2005
TÜV 2006	Einblick in den TÜV Prüfbericht vom Januar 2006 für die Emissionsmessung nach dem Filter beim Werkbesuch von Ph.Boogman vom 19.07.2006
UBA 1994	UBA-Text 30/94 `Untersuchung zur Innenraumbelastung durch faserförmige Feinstäube aus eingebauten Mineralwolle-Erzeugnissen`. 1994
WMO 1999	WMO (World Meteorological Organisation): Scientific assessment of ozone depletion 1998. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report no. 44. Geneva, 1999