



Haus der Zukunft

eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT)

1. Zwischenbericht

erstellt am
18/10/2008

ABC – Disposal

Projektnummer 813974

AuftragnehmerIn:

IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und –
ökologie GmbH

in Kooperation mit

Österreichisches Ökologie-Institut

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

| | |
|--|--|
| Ausschreibung | 5. Ausschreibung der Programmlinie Haus der Zukunft |
| Projektstart | 01/01/2008 |
| Projektende | 31/01/2009 |
| Gesamtprojektdauer (in Monaten) | 13 Monate |
| Gesamtbudget | € 136.000 |
| BMVIT-Finanzierung: | € 136.000 |
| Auftragnehmer (Institution) | Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie GmbH |
| Ansprechpartner | Hildegund Mötzl |
| Postadresse | Alserbachstraße 5/8, 1090 Wien |
| Telefon | 0043(01)-3192005 + 0 |
| Fax | 0043(01)-3192005 + 50 |
| E-mail | hildegund.moetzl@ibo.at |
| Website | www.ibo.at |

Überblick über das Projekt „ABC – Disposal“

Assessment of Building and Construction – Disposal Maßzahlen für die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden und Konstruktionen für die Lebenszyklusbewertung

Synopsis

Eine Bewertungsmethode für die Entsorgung von Baustoffen, Bauteilen und Gebäuden wird entwickelt. Die Ergebnisse werden in den OI3-Indikator und das Gebäudezertifizierungssystem TQB eingearbeitet. Die Haus-der-Zukunft-Demonstrationsprojekte werden nach der neuen Methode bewertet.

A framework of assessment for the disposal of building materials, constructions and buildings will be developed. The results will be included in the OI3-indicator and in the building assessment tool Total Quality Building. Demonstration projects of the programme Building of Tomorrow will be assessed with the new method.

Projektleiterin

Mag. Hildegund Mötzl

Institut/Unternehmen

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie GmbH

Alserbachstraße 5/8, 1090 Wien

Tel: 0043 1 3192005 0

hildegund.moetzl@ibo.at

www.ibo.at

Projektpartner

OÖI – Österreichisches Ökologie-Institut, DI Christian Pladerer, Seidengasse 13, 1070 Wien, pladerer@ecology.at, www.ecology.at

Experten aus der Entsorgungswirtschaft

DI Martin Car, BRV Österreichischer Baustoff-Recycling Verband, Karlsgr. 5, 1040 Wien

Ing. Günter Gretzmacher, Oekotechna, Waldmühlgasse 31, 2380 Perchtoldsdorf

Ing. Thomas Cechovsky, AVE-Zentrale, Wildpretstraße 25, 1110 Wien

Wien, Oktober 2008

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Überblick über das Projekt „ABC – Disposal“ | 3 |
| Assessment of Building and Construction – Disposal Maßzahlen für die Entsorgungseigenschaften von Gebäuden und Konstruktionen für die Lebenszyklusbewertung | 3 |
| Inhaltsverzeichnis..... | 4 |
| Kurzfassung | 5 |
| Abstract | 6 |
| Verwendete Methode und Daten..... | 7 |
| Begriffe | 7 |
| Überblick..... | 7 |
| Ökobilanz..... | 8 |
| OI3-Indikator | 8 |
| Total Quality Building (TQB) | 9 |
| Daten | 10 |
| Fortschritt und (vorläufige) Ergebnisse des Projektes und Schlussfolgerungen | 11 |
| Projektfortschritt..... | 11 |
| Schlussfolgerung | 13 |
| Ausblick / Empfehlungen..... | 13 |
| Literaturverzeichnis / Abbildungsverzeichnis / Tabellenverzeichnis..... | 14 |
| Anhang | 17 |
| A1 Aktualisierter Zeit- und Tätigkeitsplan | 17 |
| A2 Indikatoren der Ökobilanz | 20 |
| A3 Kriterienübersicht TQB (Entwicklungsstand Juni 2008) | 28 |
| A4 Sachbilanzen für die Entsorgung der Baustoffe und Bauteile -Beispiele | 30 |
| A5 Allokationsmethode und Systemerweiterung | 45 |

Kurzfassung

Mit 6,6 Mio. Tonnen bilden Abfälle aus dem Bauwesen einen wesentlichen Anteil des Gesamtabfallaufkommens in Österreich (zweitgrößte Fraktion nach Bodenaushub, ca. 20 % des Gesamtabfallaufkommens ohne Bodenaushub).

Gerade diese Fraktion verfügt aber über ein sehr hohes Verwertungspotential, das noch weitgehend ungenutzt ist. Gleichzeitig ist das Bauwesen jener Wirtschaftsbereich, der die größten Lager bildet und mit rund 40 Prozent den größten Materialinput erfordert. Den Fragen der Entsorgung von Baustoffen, Bauteilen und Gebäuden wurde aus Sicht der Projektantragsteller im „Haus der Zukunft“ noch zu wenig Aufmerksamkeit eingeräumt.

Das vorliegende Projekte kann diese Lücke umfassend schließen:

Der **OI3-Indikator** ist eine ökologische Kennzahl für das Gebäude bzw. für die thermische Gebäudehülle TGH, die sich aus den 3 Ökokennwerten „Primärenergiebedarf nicht erneuerbar“, „Treibhauspotential“ und „Versäuerungspotential“ zusammensetzt. Der Indikator findet Anwendung in österreichischen Wohnbauförderungsprogrammen und in den Gebäudezertifizierungssystemen TQB und klima:aktiv. Die für die Berechnung eingesetzten Baustoffkennwerte stammen aus der IBO-Baustoffliste. Die Baustoffe sind für die ersten Lebensabschnitte von der Rohstoffgewinnung bis zur Herstellung des fertigen Produkts bilanziert. Die Umweltbelastungen durch die Entsorgung der Baustoffe sind bisher nicht berücksichtigt.

→ Im vorliegenden Projekt werden für alle Baustoffe Entsorgungsszenarien definiert und nach den festgelegten Allokationsmethoden bilanziert. Der OI3 wird auf Basis der berechneten Gebäude neu skaliert und bildet ab sofort den gesamten Lebenszyklus von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung ab.

Total Quality Building (TQB) dokumentiert die Qualität eines Gebäudes von der Planung über die Ausführung bis zur Nutzung im TQB-Zertifikat. Das Zertifikat macht die Qualität eines Gebäudes sichtbar, nutzbar und vergleichbar und bringt so für die Vermarktung Vorteile und Sicherheit.

→ Das vorliegende Projekt liefert Entsorgungsindikatoren für den TQB-Bewertungsraster.

Im **Bundesabfallwirtschaftsplan** BAWP 2006 wurde ein Maßnahmenbündel zur Vermeidung und Verwertung von Baurestmassen geschnürt. Als begleitende Maßnahme soll ein Gebäudepass die notwendigen Informationen zur optimalen, abfallarmen Bewirtschaftung über den gesamten Lebenszyklus des Gebäudes zur Verfügung stellen.

→ Das vorliegende Projekt bereitet die im erweiterten TQB enthaltenen Daten nach den Anforderungen des BAWP auf, sodass TQB die Anforderungen des BAWP an eine Gebäudedokumentation erfüllt.

Auf europäischer Normungsebene arbeitet derzeit das Technische Komitee **CEN TC 350** „Sustainability of Construction Works“ an horizontalen Normen für die Bewertung der Nachhaltigkeit von neuen und bestehenden Bauwerken und für die Erstellung von Standards für Umweltdeklarationen (EPD) für Bauprodukte.

→ Das Projektteam ist in den Arbeitsgruppen und der österreichischen Spiegelgruppe des CEN TC 350 vertreten und möchte die neuesten Erkenntnisse aus der Normungsarbeit für das vorliegende Projekt nutzen.

Abstract

Waste from the building sector form a high proportion of the overall waste accumulation in Austria (6.6 Mio tons, second largest fraction after excavated earth, app. 20 % of the overall waste accumulation without excavated earth).

This waste fraction has a very high recycling potential that is still used only to a small extent. Considering that the building sector is the economic sector which forms the largest material stock and requires the largest material input (app. 40 %) the question how building waste can be avoided or recycled have not received enough attention in the Austrian national funding programme "Buildings of Tomorrow" yet.

The project at hand wants to improve the situation on the following levels:

The **OI3-indicator** is an ecological indicator for the building and the thermal building envelope respectively. The indicator is composed of the three indicators 'primary energy indicator, non renewable', 'global warming potential' and 'acidification potential' and is applied in the Austrian subsidy schemes for residential buildings as well as in the building assessment tools Total Quality Building (TQB) and climate:active house. The impact indicators of the building materials are derived from the 'IBO Building Material List'. The building materials are assessed for the early life cycle stages ranging from the extraction of raw materials to the manufacturing of the ready-to-use product. The environmental impacts of the disposal of the building materials have not been considered so far.

→ In the project at hand disposal scenarios will be defined for all building materials and assessed according to the specified allocation methods. The OI3-indicator will be rescaled and will thereby reproduce the entire life cycle of the building materials including the disposal of the product.

Total Quality Building (TQB) documents the quality of a building in the TQB-certificate. It considers the planning as well as the erection and the utilization phase of the building. The certificate makes the quality of the building visible and comparable which offers advantages and security for the commercialisation of the building.

→ In the present project the TQB-tool is enlarged by the disposal indicators.

In the **Federal Waste Management Plan** [BAWP 2006] a package of measures has been binded in order to avoid and recycle waste from buildings. An evaluation tool for buildings shall make the necessary information for an optimal, waste minimizing life cycle management of the building available.

→ In the present project the datas available in the enlarged TQB are prepared according to the requirements of the Federal Waste Management Plan so that TQB fullfills the requirements for a building documentation according to the Federal Waste Management Plan.

On European standardization level the Technical Committee **CEN TC 350** 'Sustainability of Construction Works' is responsible for the development of horizontal methods of standardization for the assessment of sustainability of new and existing buildings and for the compilation of standards for the environmental product declaration (EPD) of building products.

→ The projectteam is represented in the working groups and in the Austrian mirror group of the CEN TC 350 and wants to benefit from the latest results of the standardization work.

Verwendete Methode und Daten

Begriffe

Allokation: Zuordnung von Umweltbelastungen zu einzelnen Prozessen

Beseitigung: Zur Beseitigung zählen die Behandlung, Lagerung und Ablagerung (Deponierung) von Abfällen, die keiner Verwertung zugeführt werden können, in Abfallbeseitigungsanlagen.

Deponierung: Langfristige Ablagerung von Abfällen auf Anlagen oberhalb oder unterhalb der Erdoberfläche (Deponien)

Entsorgung umfasst gem. Abfallwirtschaftsgesetz (AWG, Österreich) die Beseitigung und Verwertung von Abfällen, wobei die Abgrenzung zwischen diesen beiden Begriffen in einer „Gesamtabwägung“ unter Berücksichtigung nachhaltiger und ökologischer Kriterien zu beurteilen ist.

Lebenszyklusanalyse: Untersuchung der ökologischen Eigenschaften eines Produktes über den Lebenszyklus. Im Allgemeinen synonym zu Ökobilanz verwendet (englisch: Life Cycle Assessment)

Ökobilanz: Untersuchung der ökologischen Eigenschaften eines Produktes über den Lebenszyklus mit quantitativen Indikatoren.

Recycling: stoffliche Verwertung

Verbrennung: Die Verbrennung von Abfällen in Feuerungsanlagen für Private, Gewerbe und Industrie, in Müllverbrennungsanlagen oder Entsorgungsbetrieben wird je nach „Gesamtabwägung“ als Verwertung (Verwertung von brennbaren Abfällen zur Gewinnung von Energie) oder Beseitigung (z.B. Hausmüll ohne Energiegewinnung) eingestuft.

Verwertung: umfasst die thermische und die stoffliche Verwertung

Überblick

Das Projekt kann thematisch und auch methodisch in drei Arbeitsbereiche unterteilt werden:

AP1 Ergänzung und Überarbeitung der **OI3-Methode**

AP2 Erarbeitung von **Entsorgungsindikatoren**

AP3 Integration in das **Gebäudebewertungsprogramm Total Quality Building (TQB)**

Die OI3-Methode und die Entsorgungsindikatoren beruhen auf der Methode der Ökobilanz. Diese sind auch Bestandteil des Gebäudebewertungstools (TQB), das aber darüber hinaus noch eine Vielzahl weiterer Kriterien enthält.

Ökobilanz

Die Ökobilanz ist eine Methode zur quantitativen Bewertung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte (ÖN EN ISO 14040). Es gibt verschiedene Methoden für die Erstellung einer Ökobilanz. Breite Anerkennung (z.B. auch im CEN TC 350) findet die Methode nach (CML 2001), die auch in der vorliegenden Studie angewandt wird. Als Ergebnis dieser Methode stehen **Indikatoren** auf Basis von Wirkpotentialen wie z.B. Treibhauspotential (siehe auch „Indikatoren der Ökobilanz“ im Anhang). Da viele der Indikatoren nicht sensitiv auf die Deponierung von Baustoffen oder die Verwendung von Recyclingmaterialien reagieren, ist ein grundlegender Teil der vorliegenden Studie die Recherche nach geeigneten Indikatoren für die Bewertung der Entsorgung.

Wenn Baustoffe am Ende ihres Lebenswegs einer Verwertung (stofflich oder thermisch) zugeführt werden, stellt sich die Frage, wie die Umweltbelastungen bzw. -entlastungen zwischen Baustoff und Verwertungsprozess aufgeteilt werden sollen (**Allokationsproblem**). Wird zum Beispiel Altholz thermisch verwertet und dabei Energie gewonnen, muss eine Entscheidung getroffen werden, ob der Energieinhalt des Altholzes und die Emissionen aus dem Entsorgungsprozess zur Gänze dem Baustoff „Holz“ oder dem Entsorgungsprozess zugeteilt oder mit Gewichtungsfaktoren zwischen den beiden aufgeteilt werden sollen. Ein die Allokationsmethode ergänzender bzw. konkurrierender Ansatz ist die **Systemerweiterung**. Dabei stellt sich die Frage, welcher Prozess bzw. welche Technologie z.B. durch Altholzverbrennung ersetzt bzw. nicht eingesetzt wird. Im vorliegenden Projekt spielen daher Allokationsmethode und Systemerweiterung eine entscheidende Rolle (siehe auch Anhang A5 Allokationsmethode und Systemerweiterung).

Die Ökobilanz-Teilschritte im vorliegenden Projekt sind:

- Zieldefinition (Festlegung der Methode und Indikatoren)
- Sachbilanz der Baustoffentsorgung
- Erarbeitung des Allokationsmodells für die Entsorgung von Baustoffen
- Sachbilanz wesentlicher Entsorgungsprozesse im Baubereich
- Wirkbilanz der Baustoffe
- Skalierung der Indikatoren

OI3-Indikator

Der **OI3-Indikator** ist eine ökologische Kennzahl für das Gebäude bzw. für die thermische Gebäudehülle TGH, die sich jeweils zu einem Drittel gewichtet aus den drei (skalierten) Indikatoren „Primärenergiebedarf nicht erneuerbar“, „Treibhauspotential“ und „Versäuerungspotential“ zusammensetzt. Das Ergebnis für den OI3-Indikator eines Gebäudes ist eine Zahl zwischen 0 und 100. Der OI3 der thermischen Gebäudehülle kann mit Hilfe zahlreicher Bauphysikprogramme gemeinsam mit den wärmeschutztechnischen Nachweisen oder mit der eigens dafür entwickelten Software ECOSOFT berechnet werden. Der OI3 findet Anwendung in österreichischen Wohnbauförderungsprogrammen und in den Gebäudezertifizierungssystemen TQB und klima:aktiv Haus. Die für die Berechnung eingesetzten Baustoff-

kennwerte stammen aus der IBO-Baustoffliste. Die Baustoffe sind derzeit nur für die ersten Lebensabschnitte von der Rohstoffgewinnung bis zur Herstellung des fertigen Produkts bilanziert.

Im vorliegende Projekt werden für alle Baustoffe Entsorgungsszenarien definiert und nach den festgelegten Allokationsmethoden bilanziert. Der OI3 wird auf Basis der berechneten Gebäude neu skaliert und bildet so den gesamten Lebenszyklus von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung ab.

Total Quality Building (TQB)

Total Quality ist ein Qualitätszertifikat, das Gebäude sowohl nach der Nutzerfreundlichkeit als auch nach ökologischen und wirtschaftlichen Kriterien bewertet. Dazu zählen etwa die Umweltverträglichkeit der Baumaterialien, energetische Kennzahlen wie Heizwärme- und Heizenergiebedarf, der Wohnkomfort und infrastrukturelle Anbindung. Die eingereichten Unterlagen werden vorerst nach Abschluss der Planung geprüft, nach Fertigstellung werden zusätzlich Messungen vorgenommen.

TQ wurde im Rahmen internationaler und nationaler Forschungsprogramme¹ entwickelt und verfolgte von Beginn an einen sehr umfassenden Ansatz der Qualitätssicherung im modernen Hochbau, der beim Projektstart beginnt und die Planung und Errichtung des Gebäudes begleitet. KäuferInnen und MieterInnen erhalten eine Entscheidungshilfe bei der Objektauswahl, während die ImmobilienhändlerInnen und BauträgerInnen das TQ-Zertifikat als Marketinginstrument einsetzen können. TQ wird gegenwärtig für die Evaluierung von Pilotbauten der Programmlinie "Haus der Zukunft" ebenso herangezogen wie für die freiwillige Qualitätssicherung von Wohn- und Bürobauten in Österreich. Das Bewertungstool wird laufend aktualisiert. Eine Abstimmung und Harmonisierung mit dem IBO-ÖKOPASS steht vor dem Abschluss (Neuer Name: **Total Quality Building** - TQB).

Der **Bewertungsraster** TQB wird sich aus 5 Oberkriterien (Standort/Ausstattung, technische Planungs- /Objektqualität, Energie/Versorgung, Gesundheit / Komfort sowie Baustoffe / Konstruktionen) zusammensetzen, die mit je 20% gleich gewichtet in das Gesamtergebnis einfließen (siehe Anhang A3 Kriterienübersicht TQB (Entwicklungsstand Juli 2008))

Die Gesamtbewertung soll auf einem 1000 Punkte-Schema beruhen. Die Gewichtungen der Einzelkriterien werden transparent dargestellt, der Beitrag der erzielten Einzelergebnisse zum Gesamtergebnis und das Optimierungspotenzial ist dadurch gut abschätzbar.

Entsprechend internationalen Trends im Bereich der Gebäudebewertung und in Anlehnung an die österreichische Energieausweisklassifizierung wird in einem letzten Aggregations-

¹ Projekt „GREEN BUILDING CHALLENGE – Integrierte Gebäudebeurteilung“

Mitarbeit an der Entwicklung und Erprobung einer international akkordierten Bewertungssoftware zur ganzheitlichen Beurteilung von Gebäuden, Anpassung des internationalen Bewertungsrahmens auf österreichische Rahmenbedingungen, Erarbeitung eines Fallbeispiels, 1998 (Projektleitung: Kanzlei Dr. Bruck in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Ökologie-Institut)

Total Quality – ECOBUILDING: Optimierung von Gebäuden durch Total Quality Assessment: Leitfaden Total Quality im Hochbau, Studie im Auftrag des bmvit, bmwa, bmlfuw, Wien, August 2002 (Projektleitung: Österreichisches Ökologie-Institut)

schrift das Gesamtergebnis in eine Einstufung in die Klassen A++, A+, A, B, C, D, E, F, G umgerechnet werden (9-teilige Skala).

Die **Entsorgungseigenschaften** von Gebäuden werden in TQ derzeit über Maßnahmenkataloge beschrieben („Qualitative“ Bewertung: z.B. Trennbarkeit von Baukonstruktionen). Im derzeit in Erarbeitung befindlichen Raster für TQB ist die Integration von Entsorgungsaspekten an folgenden Ebenen vorgesehen (Entwicklungsstand TQB: Juli 2008):

1. Die OI3-Indikator (Ökologischer Index der thermischen Gebäudehülle) geht derzeit mit bis zu 40 Punkten in die Gesamtbewertung ein.
2. Die Entsorgung soll ein Teilkriterium der Bewertungskategorie „Baustoffe und Konstruktionen“ werden und mit einem Anteil bis zu 40 Punkten in die Gesamtbewertung eines Gebäudes einfließen (der im vorliegenden Projekt zu entwickelnde Entsorgungsindikator).
3. Der Einsatz recycelter bzw. wiedergewonnener Materialien bei der Errichtung soll in Abhängigkeit vom Anteil in Massenprozent am Rohbau mit max. 15 von 1000 Punkten belohnt werden.
4. Darüber hinaus spielt die Frage der Entsorgung auch bei der Zertifizierung ökologischer Produkte eine indirekte Rolle. Für den Einsatz von zertifizierten Produkten werden je nach Anwendungsbereich und Gesamtflächeneinsatz bis zu 45 Punkte von 1000 Punkten vergeben.
5. Unter dem Oberkriterium „Technische Planungs- und Objektqualität“ wird auch die Baustellenabwicklung, die abfallwirtschaftlich optimierte Entsorgung in der Phase des Rohbaus und des Innenausbaus durch die getrennte Sammlung von Bauabfällen sowie die Wiederverwendung von Bodenaushub je nach Größe der Baustelle mit bis zu 10 Punkten positiv eingestuft.

Das vorliegende Projekt ist dafür vorgesehen, die Bewertungskriterien für die ersten beiden Punkte (OI3-Indikator über den gesamten Lebenszyklus und Entsorgungsindikator) bereitzustellen.

Daten

Die Datenerhebung erfolgt über mehrere Wege:

- Literaturrecherche
- Herstellerbefragung
- Expertenwissen von Entsorgungsunternehmen und -verbänden

Die Basisdaten für die Ökobilanz der Energie- und Transportsysteme stammen aus (Ökolinventare 2004). Die Kennwerte für die Herstellung und Nutzungsdauer von Baumaterialien werden aus der Studie (IBO 2008) entnommen.

Fortschritt und (vorläufige) Ergebnisse des Projektes und Schlussfolgerungen

Projektfortschritt

Aufgrund des Projektumfangs wurde im ersten Schritt das Projektteam vergrößert (Neues Projektteam siehe Tabelle 1).

In den ersten Projektmonaten wurde die anzuwendenden Methoden intensiv diskutiert und in Folge eine weiterreichende Literaturrecherche dazu angestellt. Ein kurzer Abriss der Diskussion:

Im Passivhaus-Bauteilkatalog wurden die Baustoffe und Bauteile mit einer semi-quantitativen Methode („Schulnotensystem“) bewertet. Im Rahmen von ABC-Disposal wurde die Methode noch einmal detailliert aufgeschlüsselt. Die Diskussion ergab, dass die Zuordnung von Bauteilschichten zu unterschiedlichen Entsorgungswegen, die im Passivhaus-Bauteilkatalog als Grundlage für die semiquantitative Bewertungsmethode diente, ebenso als Grundlage für eine Bewertung mittels Ökobilanzmethode geeignet sein müsste. Voraussetzung dafür ist: Es müssen geeignete Entsorgungsindikatoren gefunden werden, welche die Umweltbelastungen der Entsorgung (v.a. der Deponierung) auch widerspiegeln. Die im Projektantrag dem OI3 beigestellte „semiquantitative Bewertungsmethode“ hat sich somit zu quantitativen „Entsorgungsindikatoren“ weiterentwickelt (Arbeitspaket AP 2). Die in Frage kommenden Indikatoren sind im Anhang A2 Indikatoren der Ökobilanz dargestellt.

Die inhaltlichen Verlagerung auf rein quantitative Methoden der Bewertung hat zur Folge, dass Veränderungen in den Arbeitspaketen 1 und 2 notwendig wurden (Änderungen siehe Tabelle 1, Darstellung aller Arbeitspakete und Zeitplan siehe Anhang A1). Am Ergebnis, das den zukünftigen AnwenderInnen zur Verfügung steht, ändert sich dadurch nichts. Die Entsorgungsindikatoren basieren einfach nur auf einer anderen methodischen Zugangsweise.

| Alt | Neu |
|---|---|
| Projektteam Ökologie-Institut: Christian Pladerer, Robert Lechner | Projektteam Ökologie-Institut: Christian Pladerer, Markus Meissner, Ulrich Aschenbrenner |
| Projektteam IBO: Hildegund Mötzl, Astrid Scharnhorst | Projektteam IBO: Hildegund Mötzl, Maria Fellner, Philipp Boogman, Markus Wurm, Astrid Scharnhorst |
| Titel: Arbeitspaket 1 „Quantitative Methode“ | Neuer Titel: Arbeitspaket 1 „OI3-Methode“ Keine inhaltlichen Änderungen |
| Arbeitspakete AP1.1 bis AP1.5 | Arbeitspaket AP1.3 (ehemals Arbeitspaket AP2.1) eingefügt |
| Titel: Arbeitspaket 2 „Semi-Quantitative Methode“ | Neuer Titel: Arbeitspaket 2 „Entsorgungsindikatoren“ |
| Arbeitspaket 2 | Neues Arbeitspaket AP 2.1 „Recherche zu Bewertungsindikatoren in Ökobilanzen“ ersetzt ursprüngliches Arbeitspaket, das nun als AP1.3 enthalten ist. |
| Arbeitspaket 3 | Arbeitspaket 3: Semantik an die neue Formulierung von Arbeitspaket 2 angepasst, keine inhaltliche Änderung |
| Arbeitspaket 4 | Arbeitspaket 4: keine Änderungen |

Tabelle 1: Projektänderungen

Parallel zur Grundlagenrecherche wurde die Beschreibung der **Entsorgungswege** für alle Baustoffe der IBO-Baustoffliste und für 20 prototypische Konstruktionen in Angriff genommen. Im Anhang sind unter „Sachbilanzen für die Entsorgung der Baustoffe und Bauteile“ beispielhaft die vorläufigen Ergebnisse für Holz und Holzwerkstoffe sowie für Wärmedämmverbundsysteme angeführt.

Diverse Baustoffe und Konstruktionen wurden auch beim ersten Treffen mit den Experten der Entsorgungswirtschaft (siehe Überblick über das Projekt) am 16. Juni diskutiert. Im Mittelpunkt standen dabei die Fragen:

- Welche Fraktionen bekommen Sie aus Abbruch- oder Rückbautätigkeiten von folgenden Konstruktionen?
- Welchen Behandlungsschritten und Entsorgungsprozessen werden diese unterzogen?

Davor wurde noch einmal das Projekt im Allgemeinen vorgestellt und diskutiert. Die Experten aus der Entsorgungswirtschaft befanden den Projektinhalt und die geplanten Ergebnisse für sinnvoll und nutzbringend. Die nächste Aufgabe der Partner aus der Entsorgungswirtschaft wird sein, den Entwurf der „Entsorgungswege für Baustoffe und Konstruktion“ (schriftlich oder mündlich) zu kommentieren und vor allem auf Praxisgerechtigkeit zu prüfen.

Parallel dazu läuft derzeit die Erarbeitung des Allokationsmodells für die Entsorgung der Baustoffe (AP1.3). Im Anhang A5 „Allokationsmethode und Systemerweiterung“ ist ein Beispiel für unterschiedliche Ansätze für die Allokation der Altholzverbrennung angeführt.

Wesentliche Prozesse zur Beseitigung von Baustoffen sind:

- Rückbau/Abbruch
- Sortierung
- Deponierung (Deponieklasse entsprechend der Materialeigenschaften)
- Recycling (materialspezifisch)
- Thermische Verwertung (MVA)
- Thermische Verwertung (Mitverbrennung als sekundärer Energieträger)

Zu den Entsorgungsprozessen liegen in (Ökoinventare 2004) bereits Sachbilanzen für die Schweiz vor. Derzeit wird geprüft, inwieweit die Daten vollständig und auf österreichische Verhältnisse übertragbar sind.

Bis zum Workshop (AP 2.2b) am 06.11.2008 wird die Befragung weiterer ExpertInnen (PraktikerInnen, Baustoffindustrie, AP 2.2a) stattfinden. Am Workshop selbst sollen wichtige methodische Fragestellungen (Bewertungsindikatoren, Allokation) an Hand von Beispielen diskutiert werden. Es sollen max. 30 Personen daran teilnehmen. Zielgruppe sind Ökobilanz-ExpertInnen, EntsorgungsexpertInnen sowie „fortgeschrittene AnwenderInnen“ (ArchitektInnen, die Erfahrungen mit ökologischen Fragestellungen und der Anwendung von Ökobilanzen haben).

Schlussfolgerung

Das Projekt verlief rückblickend gesehen wunschgemäß, allerdings hat die Diskussion der methodischen Grundlagen wesentlich mehr Zeit in Anspruch genommen als ursprünglich geplant. Das Projektteam möchte daher um eine Aufschiebung des Projektendes um drei Monate bis 31.04.2008 ansuchen.

Die Reaktionen der Partner aus der Entsorgungswirtschaft und bei Präsentationen zeigen, dass das Thema aktuell und spannend ist und dass das Projektkonzept einen wichtigen Beitrag zum ökologischen Bauen leisten können wird.

Ausblick / Empfehlungen

Das Projektkonzept wurde am 11.10.2007 auf der ökosan'07 vorgestellt (Mötzl 2007) und fand guten Anklang. Die Bewerbung um einen Vortrag bei 12th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production (erscp2008) am 23.09.2008 verlief ebenfalls erfolgreich (Mötzl 2008), der Vortrag konnte allerdings krankheitshalber nicht gehalten werden.

Die Änderungen / Verschiebungen im Arbeits- und Zeitplan wurden bereits im Punkt „Projektfortschritt“ besprochen. Bei den Projektinhalten gab es keine wesentlichen Änderungen. Für die Gebäudebewertung (AP 4) ist nun etwas weniger Zeit, der Gesamtzeitplan des Projekts sollte um drei Monate verschoben werden.

Weitere Probleme und Schwierigkeiten während der restlichen Laufzeit sind nicht zu erwarten, da die Überwindung der größten Hürden (methodisches Konzept) bereits beinahe gelungen ist.

Literaturverzeichnis / Abbildungsverzeichnis / Tabellenverzeichnis

Anders Evald: Energy from Wood. dk-TEKNIK Energy and Environment. Soborg, Denmark. Cost E9. Präsentation in Helsinki, März 2000

BAWP 2006 Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Lebensministerium (Hrsg.)

CML - Centre of Environmental Science, Leiden University (Guinée, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, A.; Suh, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Raw Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): Life Cycle assessment: An operational guide to the ISO standards. Final Report, May 2001.

Fechner Johannes (17&4), Mötzl Hildegund (IBO), Unzeitig Ulla (IBO): Abfallvermeidung im Bausektor. Im Rahmen der INITIATIVE „Abfallvermeidung in Wien“ der Stadt Wien, unterstützt von der Wiener Umweltstadträtin. Dez. 2003

Fehringer Roland (TU); Langkammer Peter (TU); Stark Wolfgang (GUA); Frühwirth Werner (GUA): Branchenbezogener Behandlungsbedarf von Abfällen gemäß Deponieverordnung (BMU-GEMA). Techn. Univ. Wien / Inst. für Wassergüte und Abfallwirtschaft / Abt. Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt und GUA – Gesellschaft für umfassende Analysen GmbH im Auftrag des BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Februar 2003

Fensterplatz 2007

<http://www.fensterplatz.de/fenster/fenster.nsf/MainPage?OpenFrameset&Frame=Mainframe&Src=/fenster/fenster.nsf/0/44AC1B13D8C9C711C125732800072BF1%3FopenDocument>, abgerufen am 11.02.2008

Fireretard 2008: Europäischer Interessensverband. Vorsitzender: Arno van Oosten, <http://www.fireretard.com>, abgerufen am 11.02.2008

IBO (Hrsg.): Passivhaus-Bauteilkatalog - Ökologisch bewertete Konstruktionen / Details for Passive-Houses. Gefördert durch „Haus der Zukunft“. Springer, Wien 2008

IFT Rosenheim: Verwertungskonzepte für Holzfenster – Erarbeiten von Wiederverwertungs- und Entsorgungsstrategien für Holzfenster als Grundlage zur Marktsicherung und Produktentwicklung. Im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung München. Gefördert durch Centrale Marketinggesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft. Fraunhofer IRB Verlag Bauforschung T 2860. Rosenheim, Dezember 1998.

Jungmeier, G.; Werner, F; Jarnehammar, A; Hohenthal, C; Richter, K: Allocation in LCA of Wood-based Products; Part I Methodology. Int. J. LCA 7 (5), Landsberg 2002 (Jungmeier 2002a)

Jungmeier, G.; Werner, F; Jarnehammar, A; Hohenthal, C; Richter, K: Allocation in LCA of Wood-based Products; Part II Examples. Int. J. LCA 7 (6), Landsberg 2002 (Jungmeier 2002b)

Kutschera Ute; Winter Brigitte: Stand der Technik zur Span- und Faserplattenherstellung. Beschreibung von Anlagen in Österreich und Luxemburg. Umweltbundesamt Report RP-0070. Wien 2006

Mötzl Hildegund: Entsorgungseigenschaften von Baustoffen und Bauteilen in der Sanierung. In: AEE Intec (Hrsg.): ökosan'07 – 2. internationale Tagung zum Thema "Hochwertige energetische Sanierung von großvolumigen Gebäuden", Weiz 2007

Mötzl Hildegund, Fellner Maria, Pladerer Christian, Meissner Markus, Aschenbrenner Ulrich: Building as feedstocks for tomorrow – Life cycle assessment of buildings and constructions (LCA-BC). In: Fona Forschung für Nachhaltigkeit (Hrsg.): 12th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production (erscp2008), Berlin 2008.

Ökoinventare 2004: Frischknecht, R., Niels Jungbluth, (Editors), ESU-services ; Uster; Hans-Jörg Althaus; Gabor Doka; Roberto Dones; Roland Hischier; Stefanie Hellweg; Sébastien Hunbert; Manuele Margni; Thomas Nemecek; Michael Spielmann.: Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, Data v1.1, Dübendorf, May 2004

ÖNORM B 3801 Holzschutz im Hochbau - Grundlagen und Begriffsbestimmungen

Pladerer Christian; Ganglberger Erika, Funder B.; Roiser-Bezan G.; Prochaska M.; Raber G.; Lorber K.E.; Scheibengraf Martin, Oliva J; Gretzmacher Günther: Sortieranalyse und Vermeidungsmaßnahmen von Baustellenabfällen in Wien – Erarbeitung von Vermeidungsstrategien für Baustellenabfälle basierend auf einer Probenahme, Nachsortierung und analytischen Untersuchung von Baustellenabfällen in Wien, ausgewählt im Rahmen der INITIATIVE „Abfallvermeidung in Wien“, unterstützt von der Wiener Umweltstadträtin, Dipl.-Ing. Isabella Kossina: Pladerer Ch., et al.; im Auftrag MA 48; Wien 2004 (<http://www.abfallvermeidungwien.at/>)

Reisinger Hubert; Krammer Hans Jörg: Abfallvermeidung und Verwertung in Österreich. Materialienband zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006 und Annex zum Materialienband. Umweltbundesamt Report REP-0018. Wien, 2006

Rotter S: Schwermetalle in Haushaltsabfällen – Potenzial, Verteilung und Steuerungsmöglichkeiten durch Aufbereitung. Technische Universität Dresden, Beiträge zur Abfallwirtschaft/Altlasten, Band 27, Dresden 2002

Scheibengraf Martin, Reisinger Hubert: Abfallvermeidung und –verwertung von Baurestmassen. Detailstudie zur Entwicklung einer Abfallvermeidungs- und -verwertungsstrategie für den Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Umweltbundesamt (Hrsg). Wien 2005

Springer (Druck und Verlag): Bewertung ökologischer Lebensläufe von Zeitungen und Zeitschriften. Ein Projekt der Unternehmen AXEL SPRINGER VERLAG AG, STORA (Forst, Zellstoff, Papier), CANFOR (Forst, Zellstoff). Wissenschaftliche Beratung: INFRAS, Zürich. Kurzfassung der Studie, 1998

Tanzer: mündliche Auskunft Fr. Tanzer, Lebensministerium, am 31.02.2007

Total Quality (TQ): Planung und Bewertung von Gebäuden. Im Auftrag von BMVIT, BMWA und BM für Umwelt, Jugend und Familie. Projektdauer: 1999–2005. Aktuelle Informationen zur TQ-Gebäudebewertung sind erhältlich unter www.argeTQ.at

Total-Quality-Bewertung (TQ): Begleituntersuchung der innovativen Bauprojekte, gemeinsam mit ARGE Erneuerbare Energie (AEE Intec) und Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (IBO) im Auftrag von BMVIT/ Programmlinie Haus der Zukunft, 2004–2007

WKI - Wilhelm-Klauditz-Institut: Entsorgung von Altfenstern aus Holz. Projektbericht der NGS Niedersächsische Gesellschaft zur Endablagerung von Sonderabfall mbH, Hannover auf Basis einer Studie des Wilhelm-Klauditz-Instituts, Braunschweig 1995, zitiert nach (ift 1998)

Werner Frank: Interdependencies between LC-Modelling and the use of LCA in product design-related decision situations. ETH Zürich, 2002

Anhang

A1 Aktualisierter Zeit- und Tätigkeitsplan

AP1 OI3-Methode

Ergänzung der ökologische Kennzahlen der IBO-Baustofftabelle und des OI3-Indikators um Entsorgungs- und Beseitigungsprozesse

| |
|---|
| <p>AP1.1 Sachbilanz der Baustoffentsorgung</p> <p>Inhalt: Für alle Baustoffe der IBO-Baustoffliste werden die Stoffflüsse im Falle der Entsorgung erhoben (Modal Split Beseitigung – Thermische Verwertung – Stoffliche Verwertung, Ist-Zustand und Zukunftsszenario).</p> <p>Zwischenergebnis: Tabelle mit Stoffflüssen für die Entsorgung der Baustoffe</p> |
| <p>AP1.2. Erarbeitung des Allokationsmodells für die Entsorgung von Baustoffen</p> <p>Inhalt: Für alle Baustoffe, die thermisch oder stofflich verwertet werden können, müssen Allokationsvorschriften definiert werden. Die Baustoffe können dafür in Entsorgungsgruppen unterteilt werden (z.B. „Entsorgung inerter mineralischer Abbruchmaterialien“, „Thermische Verwertung von unbehandelten Holz und Holzwerkstoffen“). Die Allokationsmodelle für die einzelnen Entsorgungsgruppen müssen zueinander konsistent sein.</p> <p>Zwischenergebnis: Das Allokationsmodell für alle Baustoffe der IBO-Baustoffliste wird dokumentiert und am Projektende zusätzlich als eigene Dokumentation veröffentlicht.</p> |
| <p>AP1.3 Verknüpfung der Entsorgungsbewertung mit dem Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP)</p> <p>Inhalt: Die Entsorgungswege der Baustoffe und Bauteilschichten werden gemäß Bundesabfallwirtschaftsplans 2006 definiert und mit der Abfallart (Bezeichnung, Abfallschlüsselnummer) verknüpft.</p> <p>Zwischenergebnis: Entsorgung für die semiquantitative Bewertung der Entsorgungseigenschaften von Baustoffen – Entwurf 1</p> |
| <p>AP1.4 Sachbilanz wesentlicher Entsorgungsprozesse im Baubereich</p> <p>Inhalt: Für die in AP1.1 definierten Entsorgungsprozesse (Abfallverbrennungsanlagen, Baurestmassendeponie, Verwertungsanlagen) müssen Sachbilanzen erhoben werden. Dabei kann teilweise auf Schweizer Daten („Ökoinventare für Entsorgungsprozesse“) zurückgegriffen werden, die allerdings auf österreichische Verhältnisse angepasst und aktualisiert werden müssen.</p> <p>Zwischenergebnis: Die Sachbilanz der Entsorgungsprozesse wird dokumentiert.</p> |
| <p>AP1.5. Wirkbilanz der Baustoffe und Neuskalierung des OI3</p> <p>Inhalt: Die ökologischen Kennwerte der Baustoffe werden basierend auf den Ergebnissen AP1.1-AP1.3 berechnet (Wirkbilanz). Durch die Erweiterung des Lebenszyklus um die Entsorgung verschieben sich die ökologischen Kennwerte von Gebäuden, damit ist eine Neuskalierung des OI3 erforderlich.</p> <p>Zwischenergebnis: Baustoffliste mit ökologischen Kennwerten für die OI3-Berechnung</p> |
| <p>AP1.6 Übergabe der neuen OI3-Kennzahlen an Total Quality Building (TQB)</p> <p>Inhalt: Die neue Baustoffliste wird in Total Quality Building (TQB) integriert.</p> <p>Zwischenergebnis: Aktualisierte Baustoffliste für die OI3-Berechnung</p> |

AP2 Entsorgungsindikatoren

Auswahl geeigneter Entsorgungsindikatoren

| |
|---|
| <p>AP2.1 Recherche zu Bewertungsindikatoren in Ökokennzahlen</p> <p>Zwischenergebnis: Einstufungsskala für die semiquantitative Bewertung der Entsorgungseigenschaften von Baustoffen</p> |
|---|

AP2.2.a Befragung von Experten und Adaptierung der Methode im Vorfeld des Workshops
AP2.2.b Workshop: Diskussion der Methode und der geplanten Anwendung im Projekt
Inhalt: Die Bewertungsmethode wird mit Experten aus Entsorgungswirtschaft und Behörden auf Praxistauglichkeit geprüft und adaptiert. In einem Workshop sollen die Methode und erste Ergebnisse für die Anwendung auf Bauteil- und Gebäudeebene vorgestellt werden
Zwischenergebnis: Einstufungsskala für die semiquantitative Bewertung der Entsorgungseigenschaften von Baustoffen

AP2.3. Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Entsorgungskennzahlen und OI3-Indikator
Inhalt: Die Einstufung der Baustoffe mit den Entsorgungsindikatoren wird mit den Ergebnissen der OI3-Methode verglichen.
Zwischenergebnis: Baustoffliste mit Einstufung für die semiquantitative Bewertung der Entsorgung

AP3 Gebäudebewertung

Anwendung der Methoden auf die HDZ-Demonstrationsgebäude und Integration in TQB

AP3.1. Anwendung der Methode auf die Haus-der-Zukunft-Demonstrationsprojekte
AP3.2. Plausibilitätskontrolle, Sensitivitätsanalyse und ev. Anpassung der Methode und Neuberechnung der Ergebnisse
Inhalt: Die Ergebnisse beider Methoden werden auf die „Haus der Zukunft“ - Demonstrationsprojekte (Neubauten) angewandt:
- Passivhaus Esslinger Hauptstraße
- Solarcity Linz
- Kindergarten Ziersdorf
- Wohnhausanlage Utendorfsgasse
- Bürohaus Tattendorf
- SIP Grieskirchen
- S-House
- Christophorus-Haus
- SOL4
- Wohnhausanlage Mühlweg
- Inkl. Wohnen Rhomberg
- Gemeindezentrum Ludesch
Dabei werden 2 Extremszenarien berücksichtigt: der geordnete und verwertungsorientierte Rückbau und der „Abbruch mit der Birne“. Bei der Anwendung des Entsorgungsindikators wird es zu einem rekursiven Prozess mit Methodenanpassung kommen. Ein erster Testlauf soll bereits vor dem ersten Workshop stattfinden.
Zwischenergebnis: Beurteilungsblatt mit den Entsorgungsqualitäten für jedes „Haus der Zukunft“ - Projekt

AP3.3. Einarbeitung der Entsorgungsindikators in Total Quality Building (TQB)
AP3.4. Vorschlag für einen Gebäudepass gemäß BAWP auf Basis des (adaptierten) TQB
Inhalt: Das Programm zu Total Quality Building wird um die erfolgreich entwickelte Methode ergänzt und an die Anforderungen des BAWP angepasst.
Zwischenergebnis: Vervollständigtes TQB-Tool, Gebäudedokumentation gem. BAWP

AP4. Projektbegleitung

AP4.1 Projektleitung
Inhalt: Projektleitung
Zwischenergebnis: -

AP4.2 Verwertung der Ergebnisse
Inhalt und Zwischenergebnis: Abschlusspräsentation im Rahmen einer Haus-der-Zukunft-Veranstaltung, Übergabe der neuen OI3-Kennzahlen an Bauphysikprogramme und Wohnbauförderung; Veröffentlichung des neuen TQB-Tools; Bewerbung der neuen Methode auf Internet und in Magazinen.

Zeitplan

In den Klammern sind die projektierten Stunden angeführt.

IBO...Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie

OOI ... Österreichisches Ökologie-Institut

HM ... Hildegund Mötzl

| Beauftragte Zeitachse | Jan | Feb | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug | Sept | Okt | Nov | Dez | Jan | | |
|---------------------------------------|-------|-----|------|-------|-----------|------|------------|-----------|-------------------|---------------------|-----|------|-------|---|--|
| Zeitachse bei Projektverlängerung | April | Mai | Juni | Juli | Aug | Sept | Okt | Nov | Dez | Jan | Feb | März | April | | |
| AP1 OI3-Methode | | | | | | | | | | | | | | | |
| AP1.1. Sachbilanz Ents. Baustoffe | | | | | IBO (140) | | | | | | | | | | |
| AP1.2. Allokationsmodell | | | | | IBO (200) | | | | | | | | | | |
| AP1.3. Verknüpfung mit BAWP | | | | | | | | OOI (20) | | | | | | | |
| AP1.4. Sachbilanz Ents.-Prozesse | | | | | OOI (180) | | | | | | | | | | |
| AP1.5. Neuskalierung OI3 | | | | | | | | | IBO (100) | | | | | | |
| AP1.6. Übertrag in TQB | | | | | | | | | IBO (8), OOI (24) | | | | | | |
| AP2 Entsorgungsindikator | | | | | | | | | | | | | | | |
| AP2.1. Recherche Entsorgungsindikator | | | | | OOI (40) | | | | | | | | | | |
| AP2.2.a Expertenbefragung/Vorb WS | | | | | | | Alle (108) | | | | | | | | |
| AP2.2.b Workshop | | | | | | | | Alle (32) | | | | | | | |
| AP2.3. Überprüfung Methode | | | | | | | | | IBO(20) | | | | | | |
| AP3 Anwendung | | | | | | | | | | | | | | | |
| AP3.1. Gebäudeberechnung | | | | | | | | IBO(30) | | IBO (40), OOI (190) | | | | | |
| AP3.2. Plausibilitätskontrolle | | | | | | | | | | IBO (30), OOI (90) | | | | | |
| AP3.4. Überarbeitung TQB | | | | | | | | | | OOI (40) | | | | | |
| AP3.5. Gebäudepass BAWP | | | | | | | | | | OOI (100) | | | | | |
| AP4. Projektbegleitung | | | | | | | | | | | | | | | |
| AP4.1 Projektleitung | | | | | HM (150) | | | | | | | | | | |
| AP4.2 Verwertung der Ergebnisse | | | | | | | | | | | | | | ⇒ | |

A2 Indikatoren der Ökobilanz

Indikatoren der Ökobilanz können entweder aus der Sachbilanz (z.B. Primärenergieinhalt) oder aus der Wirkbilanz (Wirkungskategorien, z.B. Versauerungspotential) resultieren. Vom Center of Environmental Science of Leiden University (CML) als Herausgeber wurden 2001 im „operational guide to the ISO standards“ (Arbeitsleitfaden zu den ISO-Normen) die Verfahren zur Erstellung von Ökobilanzen gemäß ISO-Normen beschrieben. Der Leitfaden enthält unter anderem ein Set von Wirkungskategorien (Indikatoren) und zugehörigen Methoden und Wirkungsfaktoren für eine ausführliche Liste an Substanzen (Ressourcen und Emissionen). Die Liste der Wirkungskategorien und „best available models“ wurde von der SETAC European Working Group on Impact Assessment übernommen (CML 2001, Seite 49). Es wird zwischen „problemorientierter Herangehensweise (mid-point of the cause-effect-chain)“ und „schadensorientierter Herangehensweise (end-point)“ unterschieden, wobei letzter im Wesentlichen eine weitere Aggregation ersterer ist und daher für die vorliegende Studie nicht von Bedeutung. Die Wirkungskategorien werden drei Gruppen A bis C zugeordnet (CML 2001, Seite 52-53):

- Gruppe A, „Baseline impact categories“ – enthält jene Kategorien für die eine Wirkungsmethode ausgewählt wurde und die in „beinahe allen Ökobilanzstudien“ enthalten sind.
- Gruppe B, „Study-specific impact categories“ – enthält alle Kategorien, die je nach Ziel und Aufgabenbereich einer Studie bzw. Datenverfügbarkeit einbezogen werden
- Gruppe C, „Other impact categories“ – für diese Kategorien wurden in (CML 2001) keine Methoden definiert, da dafür noch weitere Forschungsarbeit notwendig ist.

| Wirkung | Ind* | CML* | Eval* | Begründung/Anmerkung |
|------------------------------------|------|------|-------|--|
| Globale Klimaveränderung | GWP | A | Ja | |
| Versauerung | AP | A | Ja | |
| Bildung von Photooxidantien | POCP | A | Ja | |
| Stratosphärischer Ozonabbau | ODP | A | Ja | ozonabbauende Substanzen verboten, nur mehr Problem der Altstoffentsorgung |
| Überdüngung | NP | A | Ja | |
| Humantoxizität | | A | Ja | |
| Ökotoxizität in Bezug auf | | | | |
| – Süßwasser ² | - | A | Ja | |
| – Meerwasser ³ | - | A | Ja | |
| – Boden ⁴ | - | A | Ja | |
| – Süßwassersedimente ⁵ | - | B | Ja | |
| – Meerwassersedimente ⁶ | - | B | Ja | |
| Abbau abiotischer Ressourcen | ADP | A | Nein | |

² freshwater aquatic ecotoxicity

³ marine aquatic ecotoxicity

⁴ terrestrial ecotoxicity

⁵ freshwater sediment ecotoxicity

⁶ freshwater sediment ecotoxicity

| | | | | |
|--|---|---|------|---------------------------------------|
| Abbau biotischer Ressourcen | - | C | nein | CML-guide gibt keine Methode vor |
| Flächeninanspruchnahme | | | | |
| – Flächenkonkurrenz | - | A | Nein | |
| – Verlust lebensunterstützender Funktionen | - | B | Nein | |
| – Verlust von Biodiversität | - | B | Nein | |
| Lärm | - | B | Nein | |
| Abwärme | - | B | Nein | |
| Geruch | | | | |
| – übelriechende Luft | - | B | Nein | |
| – übelriechendes Wasser | - | C | Nein | gem. CML 2001 keine Methode vorhanden |
| Ionisierende Strahlung | - | B | Nein | |
| Unfallverluste | - | B | Nein | Unzureichende Datenbasis |
| Austrocknung | - | C | Nein | gem. CML 2001 keine Methode vorhanden |

* Ind ... Abkürzung des entsprechenden Indikators,
 CML ... Gruppe nach CML,
 Eval ... Evaluierung im vorliegenden Projekt

Im Folgenden werden die wichtigsten Indikatoren beschrieben:

GWP - Treibhauspotenzial (Globale Erwärmung durch Treibhausgase)

Das Treibhauspotenzial 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 Treibhauspotenzial der emittierten Substanz i (GWP_i) mit der Masse der Substanz m_i in kg multipliziert wird:

$$GWP = \sum_i GWP_i \times m_i$$

Das Treibhauspotenzial 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 werden, 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. Für Baustoffe wird meist der GWP 100 verwendet.

| Treibhausgase in kg CO ₂ -Äqu./kg | GWP 20 | GWP 100 | GWP 500 |
|--|--------|---------|---------|
| 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 2: Spurengase, die zum Treibhauseffekt beitragen und dazugehörige Koeffizienten GWPI..
Quelle: [Houghten 1994 und 1996]; GWP- Werte für Substanzen die mit * gekennzeichnet sind stammen aus dem Jahr 1994. Die auch im Bauwesen eingesetzten Substanzen HFKW, HFCKW und Schwefelhexafluorid zeigen ein besonders hohes Treibhauspotenzial.

AP - Versauerungspotenzial

Versauerung 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 Versauerung 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 Versauerung sind noch immer nur bruchstückhaft bekannt. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt die Versauerung von Seen und Gewässern, die zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl und Vielfalt führt. Die Versauerung 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 Versauerung. Das Maß für die Tendenz einer Komponente, säurewirksam zu werden, ist das Versauerungspotenzial AP (acidification potential). Die Zusammenfassung in einer Wirkungszahl erfolgt analog zum Treibhauspotenzial:

$$AP = \sum_i AP_i \times m_i$$

Nachstehend sind die durchschnittlichen Europäischen Säurebildungspotenziale ausgewählter Stoffe aufgelistet:

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

Tabelle 3: Versauerungspotenziale ausgewählter Stoffe. Quelle: [Huijbregts 1999].

Photooxidantien-Bildungspotenzial (POCP)

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 flüchtige organische Verbindungen) 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 Photooxidantien-Bildungspotenzial (Photochemical ozone creation potential POCP) bezeichnet die Eigenschaften einer Substanz zur Bildung von Photooxidantien beizutragen. Das Photooxidantien-Bildungspotenzial wird relativ zur Leitsubstanz Ethylen angegeben.

Die Zusammenfassung in einer Wirkungskennzahl erfolgt analog zum Treibhauspotenzial:

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

ODP - Ozonabbaupotenzial

Das Ozonabbaupotenzial (ozone depletion potential) beschreibt den Beitrag einer Substanz zur Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht. 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, der Basis der Nahrungskette im Meer, verursacht. Für die Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht sind in erster Linie Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (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 aufhörten, 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 Ozonerstörer, die "vollhalogenierten" FCKW. Teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (HFCKW) und Teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe (HFKW) sind erst in wenigen europäischen Ländern verboten (z.B. in Österreich mit Übergangsfristen für HFKW). Unter Berücksichtigung der Verweilzeit und der vorausgesagten Immissionskonzentration wurden die Ozonabbaupotenziale bezogen auf die Substanz FCKW R 11 (Trichlorluormethan) bestimmt. Die Zusammenfassung in einer Wirkungskennzahl erfolgt analog zum Treibhauspotenzial. $ODP_{\infty,i}$ ist das Ozonabbaupotenzial der Substanz i):

$$ODP = \sum_i ODP_{\infty,i} \times m_i$$

| 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 4: Ozonabbaupotenziale verschiedener Substanzen. Quelle: [WMO 1999]

NP - Eutrophierungspotenzial

Beim Düngen werden zusätzliche Nährstoffe in Boden und in Wasser eingebracht, um die landwirtschaftliche Produktion zu erhöhen. Durch Überdüngung kann es zu unterschiedlichen Umwelteffekten kommen. Dies kann sich z.B. in einer Verschiebung der Artenvielfalt des Ökosystems ausdrücken. Im Eutrophierungspotenzial NP (Nitrification potential) wird der potentielle Beitrag, den Substanzen, die Stickstoff oder Phosphor enthalten, zur Biomasseproduktion leisten, abgebildet. Leitsubstanz für das Eutrophierungspotenzial ist Phosphat PO_4^{3-} . Die Zusammenfassung in einer Wirkungskennzahl erfolgt analog zum Treibhauspotenzial:

$$EP = \sum EP_i \times m_i$$

| 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 5: Eutrophierungspotenzial einiger Substanzen. [Quelle CML 1992]

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

Humantoxizität und Ökotoxizität

Unter dieser Bezeichnung wird das Schädigungspotential von Substanzen auf den Menschen erfasst, wobei für die Medien Luft, Wasser und Boden je ein Klassifikationsfaktor berechnet wird. Zu berücksichtigen ist, dass die schädigende Wirkung nicht nur vom toxischen Potential der Substanz abhängt, sondern auch von der Verweildauer der Substanz im jeweiligen Umweltmedium. Die in Luft, Wasser und Boden emittierten Substanzen m_i werden mit diesen Klassifikationsfaktoren gewichtet und dann für alle Substanzen i und alle Medien summiert.

Das humantoxische Potential kann als jene Menge eines menschlichen Körpers in kg interpretiert werden, die bis zum maximal tolerierbaren Grenzwert belastet ist. Die Verweil- und Effektfaktoren werden auf die Leitsubstanz 1,4-Dichlorbenzol normiert. Die mögliche synergetische Wirkung mehrerer verschiedener Gifte kann aufgrund unbekannter Daten noch nicht berücksichtigt werden.

In Ergänzung zur Humantoxizität wird das Schädigungspotential von emittierten Substanzen auf das Ökosystem erfasst. Das CML empfiehlt, ebenso wie bei der Humantoxizität die Ökotoxizität nach der USES-LCA-Methode zu bewerten.

ADP - Abbau abiotischer Ressourcen

Unter abiotischen Ressourcen werden „nicht-lebende“, natürliche Ressourcen wie Eisen, Rohöl oder Wind verstanden. Im Indikator "Abbau abiotischer Ressourcen" soll die Ausbeutung knapper Rohstoffe wie Erze oder fossile Energieträger bewertet werden. ADP stellt eine Beziehung zwischen der vorhandenen Reserven eines Rohstoffs und der jährlichen Abbaurate her. Die Grundlage bildet die Gleichung, Produktion/Reserve² im Verhältnis zum Ergebnis für Antimon (Sb), das als Referenz-Ressource herangezogen wird. Die Referenzeinheit von ADP ist daher kg Sb Äquivalente.

$$ADP = \sum_i \frac{m_i x \left(\frac{DR_i}{R_i^2} \right)}{\left(\frac{DR_{ref}}{R_{ref}^2} \right)}$$

m.....Masse [kg]

DR.....Abbaurrate [kg a⁻¹]

R.....Reserve [kg]

Ref.....Antimon (Sb)

Die entscheidende Frage bei der Beurteilung der „Knappheit“ oder „Seltenheit“ eines Rohstoffes ist, welche Reserven herangezogen werden. Es gibt dazu im Prinzip drei Herangehensweisen:

- Statistische Lebensdauer: alle zum aktuellen Standpunkt als „sicher und wahrscheinlich“ geltende Vorräte.
- „Reservebasis“: derjenige Teil der Ressourcen, der hinsichtlich relevanter Kriterien (Grad, Qualität, Dicke etc.) Mindestanforderungen erfüllt, um nach gegenwärtigen Stand noch abgebaut werden zu können
- „Ultimative Reserve“: in der Erdkruste verfügbare Menge der Ressource ermittelt aus der mittleren natürlichen Konzentration des chemischen Elements

Die Grundmethode gemäß (CML 2001) verwendet die ultimativen Reserven. Der Vorteil liegt im Ausschluss jeglicher wirtschaftlicher Betrachtungen und der Verfügbarkeit der Daten. Der gewichtige Nachteil des Bezugs auf die ultimativen Reserven ist, dass dadurch die Gewinnbarkeit der Ressourcen vollkommen außer acht gelassen wird und damit die Umweltrelevanz .

Flächeninanspruchnahme

Die Umweltauswirkungen von Flächen(um)nutzung sind äußerst komplex zu ermitteln und weisen viele Facetten auf. Grundsätzlich wird zwischen Landnutzung und Landumwandlung unterschieden. Unter Landnutzung versteht man die kurzzeitige Beanspruchung einer Fläche (z.B.: für den Bau einer unterirdischen Pipeline oder ähnlichem, in [m²a]), während Landumwandlung die permanente oder zumindest langjährige Bebauung der Fläche beschreibt (z.B.: Ackerland wird zu einem Kraftwerksgelände, in [m²]). Zur Beschreibung der Landqualität werden die CORINE Landnutzungsklassen herangezogen.

Abwärme

Abwärme kann lokal zu ökologischen Problemen führen, wie das Beispiel der Bucht von Neapel zeigt, wo wegen zu starker Erwärmung der Bucht das dort betriebene thermische Kraftwerk während der Sommermonate in der Regel abgeschaltet oder reduziert gefahren werden muss. Die Abwärmefreisetzung in Luft, Wasser und Boden kann jeweils nur abgeschätzt werden, da selten angegeben wird, welcher Anteil mit dem Kühlwasser abgeführt wird oder ob die Rückkühlung nass oder trocken erfolgt. Die Bilanzierung der

Abwärme dient in erster Linie dazu Verluste aufzuzeigen und die gesamte umgewandelte und freigesetzte Energie zu erfassen.

Ionisierende Strahlung

Es kann grundsätzlich zwischen Elementen aus den natürlichen Zerfallsketten (zB. U-238, Th-232) und jenen von künstlichen Zerfallsketten unterschieden werden. Beim Abbau von Mineralien bzw. fossilen Brennstoffen muss immer mit einer Emission von Radon, einem natürlichen radioaktiven Gas, gerechnet werden. Künstliche Zerfallsprodukte hingegen betreffen Isotope, die keine bzw. nur sehr kleine geogene Quellen besitzen.

Da jedoch sehr oft keine detaillierten Informationen über die emittierten Isotope vorliegen, werden die Emissionen in Luft und Wasser bezüglich Strahlungsart und Halbwertszeit nicht gewichtet, sondern mit der Einheit Bq (Zerfälle pro Sekunde) angegeben.

PEI - 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 nach Energieträgern 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.

A3 Kriterienübersicht TQB (Entwicklungsstand Juni 2008)

| | | | |
|------------|--|---|-----------------|
| A | | Standort und Ausstattung | max. 200 |
| A 1 | | Standortqualität | max. 80 |
| A 1 1 | | Soziale Infrastruktur | |
| A 1 2 | | Nahversorgung | |
| A 1 3 | | Anschluss an den öffentlichen Verkehr (Entfernung /Intervalle) | |
| A 1 4 | | Nähe zu Erholungsgebieten und Freizeiteinrichtungen | |
| A 1 5 | | Sicherheit des Standorts | |
| A 2 | | Ausstattungsqualität | max. 120 |
| A 2 1 | | Wohnungsbezogene Freiräume | |
| A 2 2 | | Verkehrerschließung | |
| A 2 3 | | Freizeitangebote der Wohnanlage | |
| A 2 4 | | Barrierefreies Bauen | |
| A 2 5 | | Sonstige Qualitätsmerkmale | |
| B | | Techn. Planungs- und Objektqualität | max. 200 |
| B 1 | | Planungsqualität | max. 110 |
| B 1 1 | | Planungsqualität | |
| B 1 2 | | Abfallentsorgungskonzept der Baustelle/ umweltfreundl. Baustelle | |
| B 1 3 | | Flexibilität des Gebäudes gegenüber Nutzungsänderungen | |
| B 1 4 | | Effizienter Umgang mit Ressource Boden / Flächenverbrauch | |
| B 1 5 | | Freiraumkonzept | |
| B 1 6 | | Gebäudehülle wärmebrückenarm / wärmebrückenfrei | |
| B 2 | | Technische Objektqualität | Max. 90 |
| B 2 1 | | Gebäudebetrieb, Wartung und Instandhaltung | |
| B 2 2 | | Gebäudeautomation (Bussysteme, Benutzerfreundlichkeit) | |
| B 2 3 | | Vermeid. von Elektromog | |
| B 2 4 | | Einbruchsschutz | |
| B 2 5 | | Gebäudehülle luftdicht | |
| B 2 6 | | Besondere Brandmelde- und Löscheinrichtungen | |
| B 2 6 | | Abnahme Haustechnikanlagen | |
| C | | Energie und Versorgung | max. 200 |
| C 1 | | Wärmebedarf und Wärmebereitstellung | max. 120 |
| C 1 1 | | Heizwärmebedarf /Endenergiebedarf | |
| C 1 2 | | Anteil erneuerbarer Energieträger an der Energieaufbringung | |
| C 1 3 | | Solaranlage / PV-Anlage | |
| C 1 0 | | OPTIONAL: Passivhaus (zertifiziert nach den Kriterien des Passivhausinstituts,) nach Errichtung (aus den Punkten C1.1-C1.3) | |
| C 2 | | Energiebedarf elektrisch | Max. 50 |
| C 2 1 | | Energieeffiziente Allgemeinbeleuchtung | |
| C 2 2 | | Energieeffiziente Lüftungsanlage | |
| C 2 3 | | Warmwasseranschluss für Geschirrspüler und Waschmaschine | |
| C 2 4 | | Photovoltaikanlage | |

| | | |
|------------|---|----------------|
| C 3 | Wasserbedarf | Max. 30 |
| C 3 1 | Kaltwasserzähler für jede Wohn-/Mieteinheit | |
| C 3 2 | Regen-/Brauchwassernutzung/Hausbrunnen | |
| C 3 3 | Wassersparende Armaturen | |

| | | |
|------------|---|-----------------|
| D | Gesundheit und Komfort | max. 200 |
| D 1 | Thermischer Komfort | max. 50 |
| D 1 1 | Thermischer Komfort Winter | |
| D 1 2 | Thermischer Komfort Sommer | |
| D 2 | Raumluftqualität | max. 60 |
| D 2 1 | Be- und Entlüftung | |
| D 2 2 | Emissionsarme Werkstoffe | |
| D 3 | Schallschutz | Max. 40 |
| D 3 1 | Luftschallschutz für Wohnungstrennwände | |
| D 3 2 | Luftschall-/Trittschallschutz für Wohnungstrenndecken | |
| D 3 3 | Luftschallschutz der Außenfassade | |
| D 3 4 | Schallschutzqualität der Haustechnik | |
| D 4 | Licht | Max. 50 |
| D 4 1 | Tageslichtfaktor | |
| D 4 2 | Winterl. Besonnung | |

| | | |
|------------|--|-----------------|
| E | Baustoffe und Konstruktionen | max. 200 |
| E 1 | Vermeidung kritischer Stoffe | max. 50 |
| E 1 1 | Vermeidung von klimaschädli. Substanzen | |
| E 1 2 | Vermeidung von PVC | |
| E 1 3 | Lösungsmittelfreie/arme Produkte (ausgenommen Innenausbau) | |
| E 2 | Effizienter Ressourceneinsatz/Entsorgung | max. 60 |
| E 2 1 | Verwendung regionaler Produkte | |
| E 2 2 | Verwendung recycelter oder wiedergewonnener bzw. wieder verwendeter Baumaterialien | |
| E 2 3 | Entsorgungsindikator | |
| E 3 | Ökologie der Baustoffe und Konstruktionen | max. 70 |
| E 3 1 | Einsatz zertifizierter Baustoffe | |
| E 3 2 | OI _{3TGH-IC} ökologischer Index der thermischen Gebäudehülle | |
| E 4 | Brandschutz | max. 20 |
| E 4 1 | Brandschutz Außenwände | |
| E 4 2 | Brandschutz Wohnungstrenndecken | |

A4 Sachbilanzen für die Entsorgung der Baustoffe und Bauteile - Beispiele

Beispiel: Holz und Holzwerkstoffe

Abfallcodes

Zur Spezifizierung von Abfällen existieren in Österreich derzeit zwei Systeme parallel: die Abfallcodes gem. Europäischem Abfallkatalog (EAK), die in der österreichischen Abfallverzeichnisverordnung übernommen wurden (BGBl. II Nr. 570/2003) und – übergangsmäßig bis voraussichtlich 1.1.2009 – noch die bisherigen Abfallschlüsselnummern basierend auf den ÖNORM S 2100 Abfallkatalog. Die beiden folgenden Tabellen zeigen die für Bau- und Abbruchholz relevanten Codes bzw. Schlüsselnummern.

| Abfallcode | Sp | g | Abfallbezeichnung - Spezifizierung |
|------------|----|---|---|
| 17 02 01 | | | Holz |
| 17 02 01 | 01 | | Holz - behandeltes Holz |
| 17 02 01 | 02 | | Holz - nachweislich ausschließlich mechanisch behandeltes Holz |
| 17 02 01 | 03 | | Holz - behandeltes Holz, schadstofffrei |
| 17 02 04 | | * | Glas, Kunststoff und Holz, die gefährliche Stoffe enthalten oder durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind |

Tabelle 6: Für den Behandlungsgrundsatz relevante Codes gemäß Abfallverzeichnisverordnung

| SN | Sp | g | Abfallbezeichnung – Spezifizierung | Anmerkungen |
|-------|----|---|---|---|
| 17115 | | | Spanplattenabfälle | |
| 17202 | | | Bau- und Abbruchholz | |
| 17202 | 01 | | Bau- und Abbruchholz - (aus) behandeltes(m) Holz | z.B. lackiertes oder beschichtetes Holz |
| 17202 | 02 | | Bau- und Abbruchholz- (aus) nachweislich ausschließlich mechanisch behandeltes(m) Holz | |
| 17202 | 03 | | Bau- und Abbruchholz- (aus) behandeltes(m) Holz, schadstofffrei | |
| 17208 | | g | Holz (z.B. Pfähle und Masten), salzimprägniert, mit gefahrenrelevanten Eigenschaften - gefährlich | z.B. kyanisierte oder mit nicht fixierten Salzen behandelte Hölzer |
| 17215 | | | Holz (z.B. Pfähle und Masten) salzimprägniert, ohne gefahrenrelevante Eigenschaften | z.B. nicht kyanisierte oder mit fixierten Salzen behandelte Hölzer |
| 17218 | | | Holzabfälle, organisch behandelt (z B ausgehärtete Lacke, organische Beschichtungen) | z.B. nicht verunreinigte lackierte und organisch beschichtete Holzabfälle (z.B. Möbel, Fenster) |

Tabelle 7: Für den Behandlungsgrundsatz relevante Schlüsselnummern gemäß ÖNORM S 2100

Altholzqualitäten

Darüber hinaus unterscheidet der Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP 2006) zwischen folgenden Holzabfallqualitäten:

Altholz: Holz, das nach einer Nutzungsphase anfällt und dessen sich der Besitzer entledigen will, entledigt hat oder dessen Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse erforderlich ist.

Unbehandeltes Altholz: gänzlich naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz ohne Verunreinigungen mit holzfremden Stoffen.

Behandeltes Altholz: mit holzfremden Stoffen verunreinigtes Holz. Verleimtes, beschichtetes, gestrichenes, lackiertes und /oder holzschutzbehandeltes Altholz ist jedenfalls als behandeltes Altholz einzustufen.

Schadstofffrei behandeltes Altholz (Spezifizierung 03): Diese Kategorie umfasst Althölzer mit chemischen Behandlungen / Beschichtungen, die schwermetallfrei, halogenfrei und frei von organischen Schadstoffen sind, wie insbesondere Lacke und Lasuren ausschließlich für den Innenbereich; Naturharzhartöl; Leinöl und Leinölfirnis; Wachse ohne Lösungsmittel; Melaminharz- oder Harnstoffharzbeschichtungen.

Zur Schadstofffreiheit von Althölzern gibt der (BAWP 2006) Spezifizierungen für die Parameter Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Zink, Chlor, Fluor, PCP, PAK und PCB, wobei die Grenzwerte der Tabelle 8 einzuhalten sind.

| Schadstoff | Maximalgehalt [mg/kg TS] |
|-------------------|--------------------------|
| Arsen | 1.2 |
| Blei | 10 |
| Cadmium | 0.8 |
| Chrom | 10 |
| Kupfer | 10 |
| Quecksilber | 0.05 |
| Zink | 140 |
| Chlor | 250 |
| Fluor | 15 |
| PCP | 1.5 |
| PCB ¹⁾ | 1 |
| Σ PAK (EPA) | 1 |

1) Summe der Kongenere PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180

Tabelle 8: Grenzwerte für die Untersuchung von Altholz zum Nachweis der Schadstofffreiheit

Altholzrecycling

Unbelastete Holzabfälle können vielfältig stofflich verwertet werden: Sie können z.B. als intakte Bauhölzer wiederverwendet, im Garten- und Landschaftsbau weiterverwendet oder in der Holzwerkstoffproduktion verwertet werden. Jede stoffliche Verwertung, z.B. in der Zellstoffindustrie, für Holzwerkstoffe oder als Porosierungsmittel, hat unter Einhaltung der folgenden Mindestanforderungen zu erfolgen (BAWP 2006):

- Mit dem Einsatz des Altholzes darf kein höheres Umweltrisiko als bei einem vergleichbaren Primärrohstoff oder einem vergleichbaren Produkt aus Primärrohstoff verbunden sein. Die Entsorgung des neu hergestellten Produktes darf nicht belastender sein als eine direkte Entsorgung der belasteten Hölzer.
- Es darf keine Schadstoffanreicherung (im Produktkreislauf) erfolgen.
- Das Wissen um die Schadstoffbelastung darf nicht verloren gehen. Daher müssen behandelte Althölzer oder unter stofflicher Nutzung von behandelten Althölzern hergestellte Produkte im gleichen Einsatzbereich verbleiben oder in Bereichen verwendet werden, die eine dem Gefährdungspotential der genutzten Althölzer entsprechende Entsorgung zwingend erforderlich machen.

Die Möglichkeiten der stofflichen Verwertung von Holzabfällen wurden in den letzten Jahren vom Gesetzgeber stark eingeschränkt, um eine Verschleppung von Schadstoffen (v.a. aus Altlasten) in Neuprodukte zu vermeiden. So müssen Hölzer, die einer stofflichen Verwertung zugeführt werden sollen, bereits am Anfallsort - vor einer weiteren Behandlung (z.B. Zerkleinerung) – getrennt erfasst und gesammelt werden. Die Trennung ist auch während der Lagerung und des Transportes aufrecht zu erhalten. Gesetzlich ist eine Trennung von Holzabfällen ab einer Mengenschwelle von 5 Tonnen vorgeschrieben (Verordnung über die Trennung von Bauabfällen, BGBl. Nr. 259/1991). Werden Hölzer, die einer stofflichen Verwertung zugeführt werden sollen, nicht bereits am Anfallsort getrennt („quellensortiert“), so ist jede Charge einer analytischen Untersuchung zur Identifikation der Schadstofffreiheit zu unterziehen.

Bau- und Abbruchhölzer dürfen also in der Holzwerkstoffproduktion nur dann stofflich verwertet werden, wenn es sich um quellensortierte, unbehandelte bzw. schadstofffrei behandelte Holzabfälle (SN 17202 02 oder 17202 03 bzw. Code 17 02 01 02 oder 17 02 01 03) handelt. In der Papier- und Zellstoffindustrie ist der Einsatz von Bau- und Abbruchholz nicht zulässig. Eine Verwendung von chemisch behandelten Althölzern im Baubereich ist nur in jenen Einsatzbereichen zulässig, für die eine chemische Behandlung notwendig ist. Salzimprägnierte Althölzer (SN 17208, SN 17215) dürfen nur im selben Einsatzbereich und nur, wenn dadurch eine Substitution von andernfalls neu aufzubringenden Holzschutzmitteln erzielt werden kann, verwendet werden. (BAWP 2006).

Altholzdeponierung oder thermische Behandlung

Die aktuelle Situation der Abfallwirtschaft in Österreich ist maßgeblich durch die Vorgabe der Deponieverordnung gekennzeichnet, wonach unbehandelte organische Abfälle seit 1. Jänner

2004 nicht mehr deponiert werden dürfen. Eine **Deponierung** von Holzabfällen ist daher nicht zulässig (abgesehen von einer möglichen Ausnahmereordnung für das jeweilige Bundesland bis längstens 31.12.2008 oder als Verunreinigung in mineralischen Baurestmassen in einem Ausmaß von insgesamt höchstens zehn Volumsprozent).

Gesetzlich ist somit spätestens ab Auslauf der Ausnahmereordnungen am 31.12.2008 eine Deponierung von Altholz aus dem Bauwesen höchstens als Verunreinigung von Baurestmassen möglich. Auf Basis der im Rahmen der Studie durchgeführten Recherche spricht vieles dafür, dass bereits jetzt kaum mehr Altholz auf der Deponie landet:

- In Österreich fallen laut (Fehringer 2003) jährlich ca. 10,2 Mio t brennbare Abfälle aus Industrie und Gewerbe an. Davon werden jährlich nur ca. 330'000 t deponiert. Dies ergibt sich aus Erhebungen bei Deponiebetreibern und aus den verpflichtend vorgeschriebenen Deponiemeldungen. An Hand von Kundenlisten und sonstigen Betreiberangaben konnten diese Abfälle den verursachenden Branchen zugeordnet werden. Die deponierte Menge an Baustellenabfällen (SN 91206) betrug demnach lediglich 17'000 t.
- Die Angaben der deponierten Menge an brennbaren Baustellenabfällen von (Fehringer 2003) werden durch den (BAWP 2006) bestätigt (15'000 t deponierte brennbare Baustellenabfälle).
- Die deponierte Menge an Bau- und Abbruchholz betrug gemäß (Fehringer 2003) bereits vor Inkrafttreten der Deponieverordnung nur 15'000 t.
- Sperrmüll enthält gem. (Pladerer 2004) einen Altholzanteil von 12 bis 25 %. Sperrmüll, der nicht mehr stofflich verwertet wird, wird – meist nach einem Zerkleinerungsprozess – thermisch behandelt und/oder deponiert. Die deponierte Menge an Sperrmüll betrug 2004 gem. (BAWP 2006) 81'000 t, was einer deponierten Altholzmenge von max. 20'000 t entsprechen würde, wobei aber davon auszugehen ist, dass vorzugsweise die anorganischen Bestandteile des Sperrmülls deponiert werden und der Altholzanteil tatsächlich geringer ist.
- Sortenrein gesammeltes unbehandeltes und behandeltes Altholz wird zum größten Teil in thermischen Anlagen unter Nutzung des Energieinhalts verbrannt (BAWP 2006).
- 93.000 t „Baustellenabfälle“ wurden von den Mitgliedern des Österreichischen Recyclingverbands gesammelt. Die Verwertungsquote betrug 9 %. Die überwiegende Entsorgungsweg war die thermische Verwertung nach Sortierung (BAWP 2006).
- Laut Auskunft des BMLFUW wurden 2004 nur 1000 t Holzabfälle und 3400 t Holzwolle deponiert. Dies ergibt sich aus den Schlüsselnummern der deponierten Abfälle, welche die Deponiebetreiber verpflichtend ans Ministerium melden müssen. Zusätzlich nicht abtrennbare Restanteile können im Bauschutt enthalten sein. Für die Verbrennung der Holzabfälle gibt es keine Anlagen-Engpässe (Tanzer 2007).

Somit beträgt die nach unseren Annahmen derzeit maximal deponierte Altholzmenge 40'000 t oder etwas mehr als 3 % der gesamt anfallenden Altholzmenge

Weitere Ablagerungsformen kommen für Altholz nicht in Betracht:

- Bau- und Abbruchholz ist nicht für die Herstellung von **Komposten** zugelassen (BGBl. II Nr. 292/2001 Kompostverordnung).

- Für die Herstellung von **Müllkompost** sind auch kompostierbare Siedlungsabfälle zulässig. Dabei ist, wenn überhaupt, von einem sehr geringen Altholzanteil auszugehen.
- Für **Vererdung** (Herstellung von Erden aus biologisch abbaubaren Materialien) sind dieselben Holzabfälle als Ausgangsmaterial wie für die Kompostierung – also kein Bau- und Abbruchholz – zulässig (BAWP 2006).

Somit hat die thermische Behandlung von Holzabfällen besonders für Post-Consumer-Abfälle die höchste Bedeutung.

Neben reinen Abfallverbrennungsanlagen, in denen ausschließlich Haushalts- und Gewerbeabfälle verbrannt werden, gibt es auch industrielle Feuerungsanlagen und kalorische Kraftwerke, in denen aufbereitete Abfälle und bestimmte Abfallfraktionen mitverbrannt werden können.

Holz besitzt einen hohen Heizwert (zwischen 12,5 und 20,1 MJ/kg) und besteht aus ca. 50 % Kohlenstoff, ca. 6 % Wasserstoff, 43 % Sauerstoff und ca. 1 % Stickstoff. Der Chlorgehalt beträgt ca. 0,02 %. Unbehandeltes Holz kann daher in allen Anlagen unbedenklich verbrannt werden. Für die Verbrennung von unbehandelten Holzabfälle gilt, dass die Feuerungsanlage – sofern sie nicht der Abfallverbrennungsverordnung unterliegt (vergl. § 2 Abs. 2 Z 1 leg cit.) jedenfalls die Anforderungen, wie sie im Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen, BGBl. Nr. 150/2004 i.d.g.F., in der Luftreinhalteverordnung für Kesselanlagen, BGBl. Nr. 19/1989 i.d.g.F., bzw. in der Feuerungsanlagen-Verordnung, BGBl. II Nr. 331/1997, festgeschrieben sind, einzuhalten hat (BAWP 2006).

Für behandeltes Holz (siehe auch Kap. Zusatzstoffe) ist gem. (BAWP 2006) folgendes zu beachten: „Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen in thermischen Behandlungsanlagen wird zukünftig durch die Richtlinie für Ersatzbrennstoffe geregelt. Für Holzabfälle, die infolge einer Behandlung mit Holzschutzmitteln oder einer Beschichtung halogenorganische Verbindungen oder Schwermetalle enthalten können und zu denen insbesondere solche Holzabfälle aus Bau- und Abbruchabfällen gehören, sind die Bestimmungen der Abfallverbrennungsverordnung, BGBl. II Nr. 389/2002, (AVV) einzuhalten.“

Zusatzstoffe

Aus Sicht der Abfallverbrennung sollten besonders

- Schwermetalle (vor allem flüchtige Schwermetalle),
- Halogene (vor allem Chloride und Fluoride),
- aromatische Kohlenstoffverbindungen,
- abrasive und aggressive Stoffe

im Abfall vermieden werden.

Aus entsorgungstechnischer Sicht können daher in Zusammenhang mit Holz und Holzwerkstoffen Klebstoffe und Bindemittel, Flammschutzmittel, Oberflächenbehandlungsmittel und Holzschutzmittel von Interesse sein.

Als **Klebstoffe und Bindemittel** werden in Holz und Holzwerkstoffen vorwiegend Polyvinylacetatleime („Weißleime), Polyurethanharze oder Formaldehydharze eingesetzt. Im Zusammenhang mit Bindemittel auf Harnstoff (UF)- oder Melaminharzbasis treten aufgrund des Stickstoffgehalts im Vergleich zu unbehandeltem Holz höhere NO_x-Emissionen auf, die

in Verbrennungsanlagen mit DeNOx-Anlagen (Standard in Abfallverbrennungsanlagen) kein Problem darstellen. CN-Emissionen können durch gute Verbrennungsbedingungen ebenfalls vermieden werden (Anders 2000). Polyvinylacetatleime können etwa 40 – 60 % Aluminiumchlorid oder Chromsalze enthalten (ift 1998)

Unbehandelte Holzwerkstoffe weisen Euroklasse E oder D (abhängig von der Rohdichte) auf. Durch die Zugabe von **Flammschutzmittel** können die Euroklassen C bis B erreicht werden. Die Flammschutzausrüstung von Holz- und Holzwerkstoffen kann in drei grundsätzliche Klassen eingeteilt werden:

- Flammschutzmittel, die im Produktionsprozess eines Holzwerkstoffes zugegeben werden
- Flammschutzmittel, die industriell durch Druckimprägnierung in Vollholz, Sperrholz, Spanplatten etc. im Anschluss an die Produktion eingebracht werden
- Flammschutzmittel, die als Anstriche auf der Baustelle auf bereits installierte Holzprodukte aufgebracht werden

Die chemischen Formulierungen für Flammschutzmittel basieren meist auf Phosphor, Stickstoff, Bor und Wasserglas. Beispiele sind: Ammoniumphosphat, Ammoniumsulfat, Ortho-Phosphorsäure, Borate, Melaminphosphate. Flammschutzmittelformulierungen auf Basis von anorganischen Salzen sind für Innenanwendungen mit geringer Luftfeuchtigkeit gedacht, feuchtigkeitsunempfindliche Typen für alle Innenanwendungen und geschützte Außenanwendungen, und nicht auswaschbare Polymertypen für klimatische belastete Außenanwendungen. (Fireretard 2008)

Zurzeit sind keine Veröffentlichungen bekannt, die sich mit der LCA von flammgeschützten Holzprodukten beschäftigen (Fireretard 2008). Die Chemikalien, die als Flammschutz für Holzwerkstoffe eingesetzt werden, sind jedenfalls weniger gefährlich als biologische Holzschutzmittel. Die meisten Flammschutzmittel haben keine gefährdenden Eigenschaften. Ammoniumphosphate und Ammoniumsulfate werden vom deutschen Umweltbundesamt als ökologisch unbedenklich bezeichnet (UBA-Texte 25/01). Bei der Verbrennung entstehen Ammoniak und Stickoxide bzw. Schwefeloxide. Ebenso unbedenklich sind geringe Mengen (< 1 M.-%) Aluminiumoxid, die Holzfasern zur Aktivierung der holzeigenen Harze und zur Verbesserung des Flammschutzes beigegeben werden.

Oberflächenbehandlungsmittel dienen einerseits der ästhetischen Gestaltung andererseits dem Oberflächenschutz. Sie vermindern das Eindringen von Wasser und reduzieren so größere Feuchteschwankungen im Holz. Im Außenbereich werden Beschichtungen vor allem eingesetzt, um das Holz vor UV-Strahlung des Sonnenlichts zu schützen. Im Innenbereich sollen Beschichtungen Fußböden oder Möbel vor allem vor zu schneller Abnutzung schützen. Beschichtungssysteme für Holz können in deckende und lasierende Systeme unterteilt werden. Als Einsatzstoffe kommen Kunststoffe oder Naturstoffe in Frage. Aus entsorgungstechnischer Sicht von Relevanz können Schwermetalle oder Halogene in Additiven und Hilfsmitteln wie Trockenstoffe, Stabilisatoren, Netzmittel oder Topfkonservierer sein.

Holzschutzmittel enthalten Wirkstoffe („Biozide“), die Holzschädlinge bekämpfen. Biozide umfassen eine große Palette von Wirkstoffen, als Schadorganismen treten holzerstörende Pilze, holzverfärbende Pilze oder Insekten auf. Die Anwendung von Bioziden bringt meist ein

gewisses Risiko mit sich, sowohl für den Anwender, als auch für die durch behandelte Materialien exponierten Personen und die Umwelt. Vor dem Einsatz eines Holzschutzmittels ist die Notwendigkeit einer Verwendung daher genau zu prüfen, die baulichen Maßnahmen sind auszuschöpfen. Es dürfen nur solche Holzschutzmittel eingesetzt werden, die von der Arbeitsgemeinschaft Holzschutz ein Anerkennungszertifikat besitzen und in das Österreichische Holzschutzmittelverzeichnis aufgenommen sind (ÖNORM B 3801). Generell wird auch im normativen Regelwerk der Einsatz von chemischem Holzschutz möglichst hintangehalten. Strengere Auflagen für die Zulassung erschweren zusätzlich das Inverkehrsetzen von Holzschutzmitteln.

Dementsprechend geht der Einsatz von Holzschutzmittel und Holzlasuren in Österreich stetig zurück. So wurden 2006 rund 12,4 Mio. Liter Holzschutzmittel und Holzlasuren und damit um 11 % weniger als im Jahr 2003 abgesetzt. Mit knapp 9 Mio. abgesetzten Litern erreichten biozide Mittel einen Marktanteil von 72,5 %. Allerdings ist erkennbar, dass die Hersteller bei den bioziden Produkten in den letzten Jahren auch die stärksten Rückgänge zu verzeichnen hatten. Dieser Trend wird sich mit Inkrafttreten der neuen Normen und infolge des zunehmenden Umweltbewusstseins der Konsumenten ab 2007 noch ausgeprägter fortsetzen. (Fensterplatz 2007)

Im Hochbau werden heute vor allem Fenster, speziell solche aus einheimischen Nadelhölzern, mit Holzschutzmitteln, überwiegend mit lösemittelhaltigen Präparaten behandelt. Die größte Bedeutung besitzt das Bläueschutzmittel Dichlofluanid. Andere gängige Wirkstoffe in lösemittelhaltigen Holzschutzmitteln sind Tebuconazol, Propiconazol, Tolyfluanid, Furmecycloxy (Xyligen B), Xyligen Al. (ift 1998).

Neben den lösemittelhaltigen Präparaten können noch wasserlösliche Holzschutzmittel aus Salzen bzw. Salzgemischen, die in Wasser gelöst sind, für spezielle Anwendungszwecke im Hochbau eingesetzt werden. Ihre Zusammensetzung wird durch Kombinationen von Buchstaben gekennzeichnet:

- C: Chromverbindungen (Kaliumdichromat, Natriumdichromat, Ammoniumdichromat)
- F: Fluorverbindungen (Magnesiumhexafluorsilikat, Kupferhexafluorsilikat, Kaliumhydrogenfluorid, Ammoniumhydrogenfluorid)
- A: Arsenverbindungen (hauptsächlich Arsenpentoxid)
- B: Borverbindungen (Borsäure, Borax, Polybor)
- K: Kupferverbindungen (Kupfersulfat, Kupferhexafluorsilikat)

Die in Österreich gebräuchlichen CKB-Salze bestehen also aus Chrom (Bichromat), Kupfer und Bor. Bei den neuartigen chromatfreien Produkten wie z.B. Kupfer-HDO (Kupfer-Cyclohexyldioxyldiazoniumoxidhaltig) wird diese Bezeichnungsart allerdings nicht mehr angewendet.

Charakteristische Stoffe für Holzverunreinigungen nach (ift 1998) und korrespondierende Grenzwerte für „schadstofffrei behandelte Althölzer“ gem. (BAWP 2006) sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Um zu zeigen, wie niedrig diese Grenzwerte liegen, sind in den letzten beiden Spalten die Richtwerte des natureplus-Qualitätszeichens für Spanplatten (Vergaberichtlinie 0202) und für Ziegel (Vergaberichtlinie 1102) dargestellt. Die natureplus-Richtwerte wurden aus den natürlichen Schwermetallgehalten der Rohstoffe abgeleitet.

| Holzverunreinigung | Schadstoffquelle | Grenzwert (BAWP 2006) | natureplus-RW Spanplatte | natureplus-RW Ziegel |
|--------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|
| Arsen | Holzschutzmittel | 1.2 mg/kg TS | 1 mg/kg TS | 20 mg/kg TS |
| Cadmium | Beschichtungen | 0.8 mg/kg TS | 0,5 mg/kg TS | 1 mg/kg TS |
| Chrom | Beschichtungen | 10 mg/kg TS | 2 mg/kg TS* | 100 mg/kg TS |
| Eisen | Beschichtungen | - | - | - |
| Blei | Beschichtungen | 10 mg/kg TS | 10 mg/kg TS | 20 mg/kg TS |
| Titan | Beschichtungen | - | - | - |
| Zink | Beschichtungen | 140 mg/kg TS | - | - |
| Stickstoff | Beschichtungen | - | - | - |
| Chlor | Halogenorg. Beschichtungen | 250 mg/kg TS | - | - |
| Bor | Holzschutzmittel | - | 25 mg/kg TS | - |
| Kupfer | Holzschutzmittel | 10 mg/kg TS | 10 mg/kg TS | 100 mg/kg TS |
| Quecksilber | Holzschutzmittel | 0.05 mg/kg TS | 0,3 mg/kg TS | 0,5 mg/kg TS |
| Fluor | Holzschutzmittel | 15 mg/kg TS | - | - |
| PCP | Altlast (Holzschutzmittel) | 1.5 mg/kg TS | - | - |
| Lindan | Altlast (Holzschutzmittel) | - | - | - |
| Teeröle | Altlast (Holzschutzmittel) | - | - | - |
| Σ PAK (EPA) | - | 1 mg/kg TS | - | - |

* für Vollholz (natureplus RL 0210) gilt ein Richtwert von 5 mg/kg.TS

Tabelle 9: Charakteristische Stoffe für Holzverunreinigungen nach (ift 1998) und korrespondierende Grenzwerte für „schadstofffrei behandelte Althölzer“ gem. (BAWP 2006). Die letzten beiden Spalten zeigen zum Vergleich die natureplus-Richtwerte für Spanplatten und Ziegel.

Schadstoffgehalte in Holz und Holzabfällen

Eine Analyse der chemischen Zusammensetzung von Hackgut, Rinde, Spanplatten und Altholz wurde in (Kutschera 2006) durchgeführt.

| Metalle | Einheit | Hackgut | Rinde | Spanplatten | Altholz |
|-------------|----------|---------|-------|-------------|---------|
| Arsen | mg/kg TS | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,3 |
| Blei | mg/kg TS | 13 | 13 | 25 | 230 |
| Cadmium | mg/kg TS | 2,0 | 2,0 | 5,0 | 2,0 |
| Chrom | mg/kg TS | 18,0 | 18,0 | 8,0 | 95,0 |
| Kupfer | mg/kg TS | 12,0 | 12,0 | 8,8 | 39,0 |
| Quecksilber | mg/kg TS | 0,2 | 0,2 | 0,77 | 0,2 |
| Zink | mg/kg TS | 140,0 | 140,0 | 48,0 | 1'330,0 |

Tabelle 10: Auszug aus den Messergebnissen nach (Kutschera 2006) für die relevanten Schwermetalle

Ein Vergleich mit den Grenzwerten gem. (BAWP 2006) ist nicht möglich, da aufgrund der erzielten Werte die Messmethoden nicht übereinstimmen dürften, man kann aber erkennen, dass im Vergleich zum unbehandelten Holz (Hackgut und Rinde) die Blei-, Chrom- und Kupfergehalte erhöht lagen. Der Chrom- und der Kupfergehalt sind vermutlich auf salzimprägnierte Hölzer zurückzuführen.

Vom Wilhelm-Klaudnitz-Institut (WKI 1995) wurde der Schadstoffgehalt (PCP, Barium, Blei, Titan, Zink, Schwefel) in Altholzfenstern in Abhängigkeit vom Alter und der Farbgebung bestimmt. Aus den Darstellungen ist der deutliche Rückgang der Belastungen mit geringerem Alter deutlich zu erkennen. Es zeichnet sich eine positive Entwicklung in der Zusammensetzung der Oberflächenbeschichtung und in den Maßnahmen zum Schutz des Holzes ab.

In (Pladerer 2004) wurden die aus gemischten Baustellenabfällen aussortierten Fraktionen chemisch-analytisch untersucht. In Bezug auf den Richtwert der deutschen Altholzverordnung zur Beurteilung der Altholzqualität wurde festgestellt, dass sämtliche Schadstoffgehalte der aus Baustellenabfällen aussortierten Fraktion „unbehandeltes Altholz“ unter den Grenzwerten lagen. Die Chargen „behandeltes Altholz“ wiesen jeweils zumindest eine Grenzwertüberschreitung auf. Die PAK-Belastung aller aus Baustellenabfällen aussortierten Bau- und Abbruchhölzer zeigt „sehr deutlich, dass eine Altholzsortierung direkt an der Anfallstelle anzustreben ist, da nur an der Quelle die Herkunft der Hölzer – und damit deren potenzielle Schadstoffbelastung – nachvollziehbar ist“. Diese Anforderung spiegelt sich auch in der österreichischen Gesetzgebung wieder, die eine stoffliche Verwertung nur von quellsortierten Althölzern erlaubt.

In (Rotter 2002) wurde die Aufteilung der Gesamtfracht einzelner Schwermetalle auf die einzelnen Fraktionen sächsischen Restmülls ohne Berücksichtigung der Metall- und Batteriefractionen bestimmt. Holz weist vergleichsweise geringe Schwermetallfrachten auf.

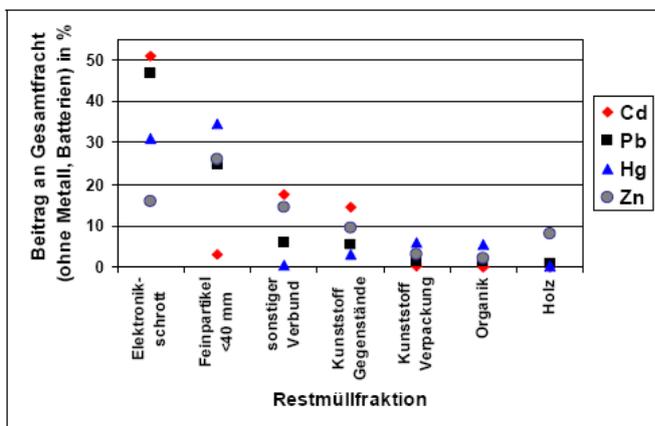


Abbildung 1: Aufteilung der Gesamtfracht einzelner Schwermetalle auf die einzelnen Fraktionen sächsischen Restmülls (Rotter 2002). Quelle: (Reisinger 2006, Annex Seite 127) Der Zinkgehalt stammt vermutlich aus Oberflächenbeschichtungen.

| | Cd | | Pb | | Hg | | Cr | | Sb | |
|-----------------------|---------|------|---------|----------|---------|------|-------|-------|---------|----------|
| | ME D | 75%Q | ME D | 75% Q | ME D | 75%Q | MED | 75%Q | ME D | 75% Q |
| Kunststoff gemischt | 12 | 38 | 128 | 296 | 0,2 | 0,4 | 31 | 54 | 19 | 100 |
| Leder, Gummi | 6 | 9 | 168 | 253 | 0,3 | 0,4 | 1'175 | 1'715 | 8 | 10 |
| Holz | 0,3 | 0,4 | 33 | 234 | 0,1 | 0,1 | 12 | 22 | 2 | 2 |
| Papier, Pappe, Karton | 0,4 | 1,3 | 27 | 66 | 0,1 | 0,2 | 11 | 24 | 3 | 8 |
| Textilien, Bekleidung | 0,9 | 2,2 | 42 | 120 | 0,2 | 0,7 | 93 | 116 | 14 | 19 |
| Glas | 0,5 | 0,9 | 12 | 104 | 0,0 | 0,0 | 253 | 298 | 11 | 15 |

MED = Median, 75 % Q = 75 % Quantil

Tabelle 11: Konzentrationen von Schwermetallen in einzelnen Fraktionen deutschen Restmülls in mg/kg (Rotter 2002), Quelle: (Reisinger 2006, Annex S 127)

Mit den oben angeführten Messergebnissen wird der Iststand der Altholzzusammensetzung (inkl. Altlasten!) abgebildet. Von den heute im Hochbau eingesetzten Hölzern gehören Holzfenster zu den am häufigsten mit Oberflächenveredelungen und/oder Holzschutzmittel behandelten. In (ift 1998) wurde eine ausführliche Untersuchung von Holzfenstern angestellt. Im Rahmen der Studie wurden 15 Beschichtungssysteme, die sich aus 39 einzelnen Beschichtungsprodukten zusammensetzten, untersucht. Als Untersuchungsparameter wurden gewählt: Arsen, Barium, Blei, Bor, Chrom, Cadmium, Calcium, Cobalt, Eisen, Kupfer, Mangan, Quecksilber, Titan, Zink, Zirkonium und die Halogene Chlor, Fluor, Brom, Jod. Die Grenzwerte für „schadstofffrei behandeltes“ Holz gem. (BAWP 2006) wurden nur in Einzelfällen und meist nur von Proben aus der obersten Schicht (1 mm) überschritten. Deutlichere Überschreitungen von Grenzwerte gab es nur

- bei zwei blauen Beschichtungssystemen für Kupfer (max. gemessener Wert: 58 mg/kg in 1 mm Schichttiefe),
- bei drei Beschichtungssystemen (hellgrau, weiß, braun) für Quecksilber (max. gemessener Wert: 0,18 mg/kg in 1 mm Schichttiefe), die vermutlich aus Verunreinigungen herrühren.
- bei zwei Beschichtungssystemen (hellgrau, weiß) für Zink (max. gemessener Wert: ca. 6'000 mg/kg in 1 mm Schichttiefe)

Für Cobalt besteht derzeit keine Anforderung hinsichtlich der Verwertung. Dennoch besitzt Cobalt wegen des als krebserzeugend eingestuftes Cobalt-Staubes eine gewisse Umweltrelevanz. Cobalt wird in vielen Beschichtungssystemen als Trockenstoff verwendet. Dementsprechend wurde in fast allen Proben Cobalt gefunden (max. gemessener Wert: 100 mg/kg in 1 mm Schichttiefe).

Halogene kommen in den heute angebotenen Beschichtungssystemen nach wie vor in nicht unerheblichen Mengen vor. Dafür sind einerseits die halogenierten Wirkstoffen wie z.B. Dichlofluorid verantwortlich, in mindestens ebenso hohem Ausmaß aber auch andere halogenhaltige Additive oder Bestandteile. Der max. gemessene Wert von 600 mg/kg in 1 mm Schichttiefe (0,06 M.-%) ist allerdings nicht vergleichbar mit den Halogengehalten von Kunststoffen (z.B. 57 % Chlorgehalt in Polyvinylchlorid).

Zusammenfassung

- Die Entsorgung von Post-Consumer-Altholz erfolgt überwiegend über thermischen Entsorgung. Eine stoffliche Verwertung von Bau- und Abbruchhölzern in der Holzwerkstoffproduktion ist nur für quellensortierte, unbehandelte bzw. schadstofffrei behandelte Holzabfälle möglich. Eine Deponierung von Holzabfällen ist nur als Verunreinigung von Bau-restmassen zulässig. Die deponierte Menge beträgt nach Schätzungen der Studie max. 40'000 t (ca. 3 %) des insgesamt gesammelten Post-Consumer-Altholzes.
- Aus Sicht der Abfallverbrennung sollten besonders folgende Schadstoffe im Abfall vermieden werden:
Schwermetalle (vor allem flüchtige Schwermetalle),
Salze (vor allem Chloride und Fluoride),
aromatische und halogenierte Kohlenstoffverbindungen,
abrasive und aggressive Stoffe
Diese könnten durch Klebstoffe, Bindemittel und Flammschutzmittel, vor allem aber durch Oberflächenbeschichtungen oder Holzschutzmittel in Holz oder Holzwerkstoffe gelangen.
- Generell zeichnet sich eine positive Entwicklung in der Zusammensetzung der Oberflächenbeschichtung und in den Maßnahmen zum Schutz des Holzes ab. So wurden 2006 rund 12,4 Mio. Liter Holzschutzmittel und Holzlasuren und damit um 11 % weniger als im Jahr 2003 abgesetzt. Mit knapp 9 Mio. abgesetzten Litern erreichten biozide Mittel einen Marktanteil von 72,5 %. Allerdings ist erkennbar, dass die Hersteller bei den bioziden Produkten in den letzten Jahren auch die stärksten Rückgänge zu verzeichnen hatten.
- Der Schadstoffgehalt von Altholz (inkl. Altlasten!) ist deutlich zurückgegangen. In Zukunft ist ein weiterer Rückgang zu erwarten.
- Einzelne Schwermetallfraktionen in oberflächenbehandelten Hölzern (mit oder ohne Holzschutzmittel) können den Grenzwert für „schadstofffrei behandeltes“ Altholz überschreiten. Mit wirkstoffhaltigen Lasuren behandelte Hölzer können relevante Gehalte an Halogenen, die aus den Wirkstoffen wie z.B. Dichlofluanid resultieren, zeigen. Mit wässrigen Holzschutzmitteln behandelte Hölzer können relevante Mengen an Schwermetallen enthalten.

Holz und Holzwerkstoffe, die im Hochbau eingesetzt werden, sollten daher in folgende Klassen unterschieden werden:

Klasse 1 ohne Nachweis: unbehandelte, unbeschichtete, verleimte und unverleimte Hölzer und Holzwerkstoffe

Klasse 1 mit Nachweis: schadstofffrei behandelte oder beschichtete Hölzer und Holzwerkstoffe.

Schadstofffreie Beschichtungen sind schwermetall-, halogen- und biozidfrei und frei von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen. Darunter fallen auch mit Aluminiumoxid, Ammoniumphosphaten oder Ammoniumsulfaten flammgeschützte Holzwerkstoffe. Zur Schadstofffreiheit ist ein Nachweis an Schwermetallfreiheit gem. (BAWP 2006) erforderlich (Tabelle 12).

| Schadstoff | Maximalgehalt [mg/kg TS] |
|-------------|-----------------------------|
| Arsen | 1.2 |
| Blei | 10 |
| Cadmium | 0.8 |
| Chrom | 10 |
| Kupfer | 10 |
| Quecksilber | 0.05 |
| Zink | 140 |
| Chlor | 250 |
| Fluor | 15 |
| Σ PAK (EPA) | 1 |

Tabelle 12: Grenzwerte für die Untersuchung von Holz und Holzwerkstoffen zum Nachweis der Schadstofffreiheit. Die im [BAWP 2006] angeführten Grenzwerte für PCP und PCB sind nur für Altlasten relevant und müssen daher nicht nachgewiesen werden.

Klasse 2: behandelte oder beschichtete Hölzer und Holzwerkstoffe ohne Nachweis der Schadstofffreiheit. Darunter fallen auch in-situ mit Oberflächenbeschichtung, Holzschutzmittel oder Flammschutzmittel behandelte Hölzer, wenn kein Nachweis zur Schadstofffreiheit des Behandlungsmittels vorliegt.

Beispiel: Wärmedämmverbundsystem

Vorbemerkung

Bei dünneren Dämmstoffdicken ist davon auszugehen, dass die Dämmschicht im Zuge von Sanierungen nicht entfernt, sondern - wenn ausreichend Raum zur Verfügung steht - „aufgedoppelt“ wird. In Deutschland gibt es bereits Zulassungen für Aufdopplungen. Entscheidend für die Aufdopplungen ist der Zustand des Untergrunds. Aus technischer Sicht ist allenfalls auf die Dampfdiffusion zu achten. In Österreich beschäftigt sich bereits ein FNA mit der Formulierung von Normanforderungen für die Aufdopplung. (Jandl, 8.8.2008).

Annahme Studie:
Hoher Dämmstandard mit hohen Dämmstärken. Altes WDVS wird bei Sanierung entfernt und durch neues ersetzt.

Ziel eines ökologisch motivierten Entsorgungsprozesses

Möglichst saubere Trennung von organischen und mineralischen Bestandteilen für die unproblematische Entsorgung
Möglichst saubere Fraktion aus mineralischem Wandbruch für die stoffliche Verwertung
Möglichst saubere Fraktion an Dämmstoff für die Verwertung

Voraussetzungen

Bei Wärmedämmverbundsystemen sind die einzelnen Schichten untereinander verbunden und zusätzlich der Dämmstoff auf dem Untergrund geklebt. Die Entsorgungseigenschaften hängen daher einerseits sehr stark von der Materialität des Untergrunds und des Dämmstoffs und in Abhängigkeit davon von den Trennung der einzelnen Schichten ab. Im Folgenden werden folgende Situationen unterschieden:

WDVS mit organischem Dämmstoff auf mineralischem Untergrund (Wärmedämmverbundsysteme, die auf einem Dämmstoff aus Kunststoff (z.B. EPS) oder nachwachsendem Rohstoff (z.B. Kork) basieren, auf mineralischem Untergrund (z.B. Ziegel)
WDVS mit mineralischem Dämmstoff (z.B. Mineralwolle) auf mineralischem Untergrund
WDVS auf organischem Untergrund (z.B. Spanplatte)

Trennung beim Abbruch

Das unverdübelt Wärmedämmverbundsystem lässt sich am einfachsten direkt am Abbruchobjekt vom Untergrund trennen. Die Trennung kann entweder in Handarbeit mit stabilen Flacheisen oder mit der Baggerschaufel erfolgen. Offenen Frage: Bei mehrgeschossigen Objekten? Bei verdübelt Fassaden?

Prozesse für Studie:
- Trennung WDVS b. Abbr. mit Flacheisen
- Trennung WDVS b. Abbr. mit Bagger

Zusätzlich kann zuvor mit einer Fräsmaschine die Deckschicht von der Dämmung geschält werden. Von der Fa. Baumit wurde für EPS-WDVS eine solche Fräsmaschine angeboten, welche die Deckschicht des Wärmedämmverbundsystems „abnagt“ („System Biber“). Das entfernte Altmaterial wurde direkt in einem abgedichteten Saugkasten aufgenommen und durch eine Sauganlage sortenrein in einen Container transportiert. Mittlerweile wurde diese Dienstleistung jedoch mangels Interesse wieder eingestellt (Jandl, 8.8.2008). Die wirtschaftliche Sinnhaftigkeit der Trennung hängt vor allem vom geplanten Entsorgungsweg für den Dämmstoff ab. Für eine stoffliche Verwertung als Zuschlagsmaterial oder für eine thermische Verwertung ist die vorherige Abtrennung nicht erforderlich. Fragen an Experten: Wäre es aber ein Ziel?

Annahme Studie:
Deckschicht wird nicht von der Dämmung geschält;
weil Wirtschaftlichkeit des Prozesses zur Zeit nicht absehbar.

Trennung beim Entsorger

Offene Frage an Experten: Wie gut trennbar?

Prozesse für Studie:
- Trennung WDVS b. Entsorger

WDVS mit organischem Dämmstoff auf mineralischem Untergrund

Baustoffmodule

| Textbestandteil A (Baustoff) | Textbestandteil B (Spezifizierung) |
|------------------------------|--------------------------------------|
| EPS-Platten | im WDVS auf mineralischem Untergrund |
| Kork-Dämmplatten | |
| Holzfasen-Dämmplatten | |
| Hanfaser-Dämmplatten i | |
| Ziegel | mit organischem WDVS |
| Porenbeton | |
| Holzspan-Mantelstein | |
| Stahlbeton usw | |

Voraussetzung

Rechtliche Motivation zur Trennung: Wärmedämmverbundsysteme müssen aufgrund der Deponieverordnung (für Baurestmassen max. 10 Volumenprozent Verunreinigungen erlaubt) vom mineralischen Untergrund getrennt werden. Frage an Experten: Annahme der Studie „Trennung beim Abbruch“ (also vor Ort und nicht erst beim Entsorger) berechtigt?

Annahme Studie:
- Trennung beim Abbruch

Wirtschaftliche Motivation zur Trennung: Der Heizwert der Dämmstoffe spielt in der Praxis wegen des geringen Gewichts keine Rolle. Erst bei Niedrigstenergie- und Passivhaus-Dämmstoffdicken könnte die anfallende Menge interessant werden.

WDVS mit mineralischem Dämmstoff auf mineralischem Untergrund

Baustoffmodule

| Textbestandteil A (Baustoff) | Textbestandteil B (Spezifizierung) |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Mineralschaumplatte | im WDVS auf mineralischem Untergrund |
| Steinwolle-Dämmplatten PT | |
| Steinwolle-Lamellen | |
| Ziegel | mit mineralischem WDVS |
| Porenbeton | |
| Holzspan-Mantelstein | |
| Stahlbeton usw | |

Voraussetzungen

WDVS mit mineralischem Dämmstoff (Mineralwolle, Mineralschaumplatte) müssten nicht vom mineralischen Untergrund getrennt werden, da Untergrund und Dämmstoff gemeinsam deponiert werden können. Damit wird allerdings ein stoffliches Recycling verunmöglicht bzw. stark erschwert, wenn erst beim Entsorger Dämmstoff und Tragmaterial getrennt werden.

Annahme Studie:
 - keine Trennung
 - Trennung auf Baustelle oder
 - Trennung bei Entsorger

WDVS auf organischem Untergrund

Baustoffmodule

| Textbestandteil A (Baustoff) | Textbestandteil B (Spezifizierung) |
|------------------------------|------------------------------------|
| EPS-Platten | im WDVS auf organischem Untergrund |
| Kork-Dämmplatten | |
| Holzfaser-Dämmplatten | |
| Hanffaser-Dämmplatten i | |
| Mineralschaumplatte | |
| Steinwolle-Dämmplatten PT | |
| Steinwolle-Lamellen | mit WDVS |
| Spanplatte | |
| OSB-Platte | |
| usw. | |

Voraussetzungen

WDVS auf organischem Untergrund (z.B. Spanplatten) werden in der Praxis nicht getrennt, sondern Untergrund und Dämmsystem gemeinsam in Müllverbrennungsanlagen verbrannt. Diese Praxis unterbindet allerdings ein stoffliches Recycling und kann bei mineralischen Dämmstoffen zu Problemen in der MVA führen (siehe Mineralwolle-Dämmstoffe).

Annahme Studie:
 - keine Trennung
 weil wirtschaftlich nicht rentabel

A5 Allokationsmethode und Systemerweiterung

Begriffe

Allokation von Stoffflüssen

Als Allokation bezeichnet man die „Zuordnung der Input- oder Outputflüsse eines Prozesses oder eines Produktsystems zum untersuchten Produktsystem und zu einem oder mehreren anderen Produktsystemen“ (ISO 14040). Beispiele für Allokationsaufgaben ist die Aufteilung von Umweltbelastungen eines Herstellungsprozesses auf Haupt- und Nebenprodukt oder die Modellierung von End-of-Life-Szenarien.

Wenn möglich sollte eine Allokation durch die Teilung der betroffenen Module in Teilprozesse oder durch Systemerweiterung durch Aufnahme zusätzlicher Funktionen, die sich auf die Koppelprodukte beziehen, vermieden werden (ISO 14041). In der ISO 14041 wird die „Nutzung der Energie aus der Abfallverbrennung“ als eines der am häufigsten verwendeten Beispiele für die Vermeidung der Allokation durch Erweiterung der Systemgrenzen beschrieben. Das Verfahren der Systemerweiterung ist gem. ISO 14041 nur anwendbar, wenn das alternative Verfahren bekannt ist ⁷.

Systemerweiterung

Bei der **Systemerweiterung** stellt sich die Frage, welcher Prozess bzw. welche Technologie durch die zusätzliche, zwangsläufige Produktion eines Koppelproduktes verdrängt bzw. nicht eingesetzt wird. Das Bestimmen dieser Technologien oder gar der entsprechenden Produktionsstätten ist infolge der starken wirtschaftlichen Vernetzung mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Das Verfahren der Systemerweiterungen kann zum Beispiel bei Kraft-Wärme-Koppelungsanlagen anstelle von Allokation eingesetzt werden. In diesem Fall wird z.B. angenommen, dass der erzeugte Strom ein Braunkohlekraftwerk ersetzt. Die Abwärme aus der Stromproduktion könnte eine Gas- oder Ölfeuerung ersetzen. Für die Entsorgung können verschiedene Modelle in Anwendung gebracht werden.

Methodische Ansätze

Cut-Off-Methode

Cut-Off TYP I: Bei Cut –Off Typ I bekommt das Produkt, welches das ursächliche Ziel des Prozesses ist alle Umweltbelastungen zugeordnet. Recycling wird nur bei geschlossenem Kreislauf, d.h. bei gleichen Eigenschaften von Primär- und Sekundärmaterial, z.B. direkte Rückführung von Produktionsabfällen in die Produktion berücksichtigt. Für die stoffliche oder thermische Verwertung von Baustoffabfällen gibt es keine Gutschrift. Die Verbrennung von Altholz ist daher z.B. Abfallbeseitigung, alle Belastungen werden dem Baustoff angelastet.

⁷ wobei sich aus unserer Sicht die Frage stellt, ob es überhaupt Fälle gibt, wo dies zutrifft

Cut-Off-Methode Typ II: Diese Abwandlung der Cut-Off-Methode vergibt je nach Menge des im Produkt enthaltenen Sekundärrohstoffes Gutschriften auf der Input-Seite. Da eine genaue Angabe des Rezyklatanteils in bestimmten Produkten nicht möglich ist, wird dabei oftmals ein Durchschnittsmix angenommen (z.B. 32 % Sekundäranteil in Aluminium). Nachteilig an dieser Methode ist, dass die tatsächlichen Recyclingquoten für Baustoffe, welche in wachsenden Märkten deutlich höher liegen können (z.B. für 90 % bei Aluminium) nicht abgebildet werden.

Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis für die Anwendung der Cut-Off-Methode (Typ I) auf Schnittholz.

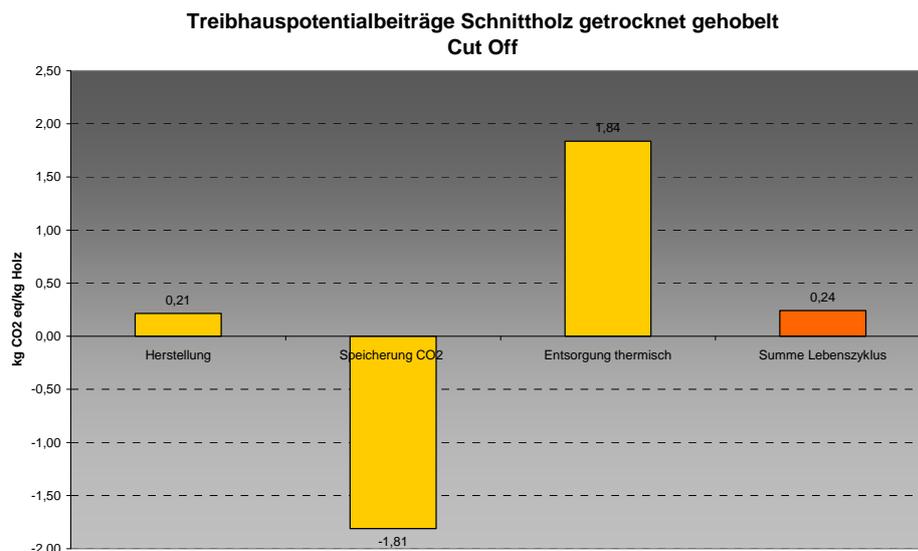


Abbildung 2: Treibhauspotential von getrocknetem, gehobeltem Schnittholz nach dem Cut-Off-Modell Typ 1, Einzelbeiträge und Gesamtbetrag (dunkler Balken)

Diskussion

- In Österreich ist die Verbrennung von Baustoffen organischen Ursprungs verpflichtend, eine Verwertung der frei gesetzten Wärme in den meisten bestehenden Müllverbrennungsanlagen üblich (sowohl KWK als auch Wärmeerzeugung allein). Diese verwertbare Nutzenergie ist im Cut-Off-Modell ökologisch gratis für die Bezieher von Wärme und Strom, da die gesamten Lasten dem Baustoff aufgelastet werde.
- Die derzeit verbauten Baustoffe organischen Ursprungs werden erst in einigen Jahrzehnten als Altstoffe/Abfälle anfallen, eine flächendeckende hocheffiziente thermische Entsorgung und Verwertung ist dann mit hoher Wahrscheinlichkeit Realität.
- In anderen Wirkungskategorien (z.B. bei der Versäuerung) ist der Effekt beim Beispiel Holz weniger deutlich sichtbar, da eine hocheffiziente Verbrennung mit Rauchgasreinigung in der Müllverbrennungsanlage verhältnismäßig uneffizienten üblichen Feuerungen in der Herstellung gegenüberstehen (z.B. Versäuerung)
- Gemäß ISO 14041 sind Allokationsmethoden nach Möglichkeit zu vermeiden.
- Bei der ökologischen Analyse von Einzelprozessen, wie z. B. der Holzstofferzeugung, macht die sogenannte Cut-Off-Methode, die kein Vor- oder Nachleben berücksichtigt, ausreichend klare Aussagen. Bei der ökologischen Analyse ganzer Lebenszyklen muss jedoch eine Allokationsmethode angewandt werden, welche die Umweltbelastungen von

Produktherstellung und -verbleib „gerecht“ auf die einzelnen Zyklen verteilt. Das ist mit der Cut-Off-Methode nicht möglich. [Springer 1998]

- Die Cut-Off-Methode entspricht in der Modellierung von thermisch verwertbaren Baustoffen nicht dem Kriterium der Zuordnung von Belastungen auf den Nutznießer: Emissionen während der thermischen Verwertung werden nicht der dabei erzeugten Energie (Wärme und Strom) zugeordnet. Gemäß Verursacherprinzip sollten jene allerdings der erzeugten Energie zugeordnet werden. Einzig spezielle Emissionen oder deren Verteilung, die aus der für den Baustoff notwendigen Zusammensetzung resultieren (z.B. Biozide in Bauholz), sollten dem Baustoff zugeordnet werden.

Strikte Ko-Produkt-Allokation (Strict Co-product allocation SC-PA)

In diesem Modell werden die Belastungen der Verbrennung ökonomisch auf Baustoff und gelieferte Energie aufgeteilt (Werner 2002).

Beispiel Altholz: Abfallverbrennung als bifunktionaler Prozess. Je höher die Entsorgungskosten von Abfallholz im Vergleich zu den Energiekosten der gelieferten Energie, umso höher werden die Belastungen aus der thermischen Entsorgung dem Baustoff Holz zugeordnet. Es wurden die folgenden Annahmen für die Berechnung der Belastungen Baustoff getroffen:

| | Kosten Entsorgung | Heizwert | Preis Wärme | Allokationsfaktor Verbrennung |
|------------------------------|----------------------|----------|-------------|----------------------------------|
| Allokation | Euro/kg | kWh/kg | Euro/kWh | % |
| Schnittholz | 0.045 | 4.9 | 0.2352 | 16.1% |
| Holzwerkstoffe | 0.07 | 4.9 | 0.2352 | 22.9% |
| Kosten Energie | 0.06 | Euro/kWh | | |
| Wirkungsgrad Referenzheizung | 0.9 | | | |
| Wirkungsgrad Holzheizung | 0.8 | | | |

Tabelle 13: Annahmen für die Berechnung der anteiligen Belastungen der Baustoffe

Diskussion:

- Das Modell stellt ein konsistentes Modell dar, das ohne „virtuelle“ Belastungen auskommt.
- Von Nachteil sind vor allem die Schwankungen der Entsorgungskosten je nach Region und Staat wie auch in zeitlichem Rahmen
- Das Modell funktioniert dann nicht mehr, wenn für angeliefertes Abfallholz gezahlt werden muss, was bei starken Energiepreissteigerungen aber in absehbarer Zukunft denkbar wäre.

Substitutionsmethode

Substitutionsmethode für Materialflüsse (Werner 2002): Die herkömmliche Substitutionsmethode behandelt Recycling innerhalb eines geschlossenen Kreislaufs. Besteht ein offener Materialkreislauf, d.h. die Eigenschaften des Ausgangsmaterials werden durch das Recycling verändert, z.B. durch Verunreinigungen, so ist die wertbereinigte Substitutionsmethode anzuwenden.

Substitutionsmethode für thermische Verwertung (Sub-en): Baustoffe, die vorwiegend aus organischen Materialien bestehen, können neben ihrer Funktion als Baustoff am Lebensende als Brennstoff eine weitere Dienstleistung erbringen. Gemäß (Werner 2002) ist eine weitere Unterscheidung je nach Art der thermischen Verwertung (Kraftwärmekopplung oder nur Wärme- oder Stromerzeugung) zu treffen. Gemäß Modellannahmen, die insbesondere in [Jungmeyer et al 2002 a und b] vertieft werden, wird durch die Nutzung des Baustoffs als Brennstoff die Verbrennung eines anderen konventionellen Energieträgers substituiert. Die durch die Baustoffverbrennung erzeugte Energie ersetzt die derzeit teuerste Energieerzeugung, vorgeschlagen wird die Energieerzeugung mittels Heizöl. Die Belastungen der Abfallverbrennung werden somit dem Baustoff zugeschrieben, die Belastungen der konventionellen (substituierten) Energieerzeugung mittels Heizöl werden dem Baustoff abgezogen. In einer Abwandlung dieser Methode wird nicht der teuerste Energieträger ersetzt, sondern der statistische Energie-Mix, mit dem zum aktuellen bzw. zu einem zukünftigen Zeitpunkt der Alternativprozess betrieben wird.

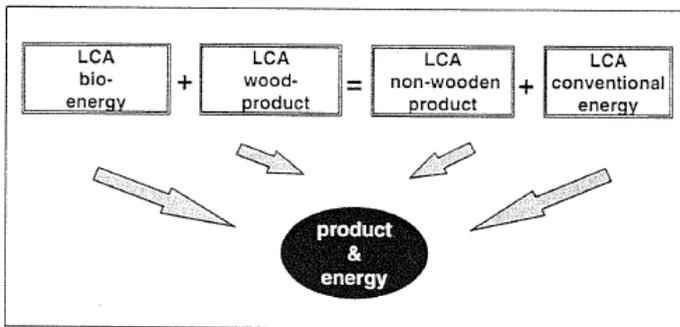


Fig. 3: Comparison of wood-based products with non-wooden products in an LCA by system expansion

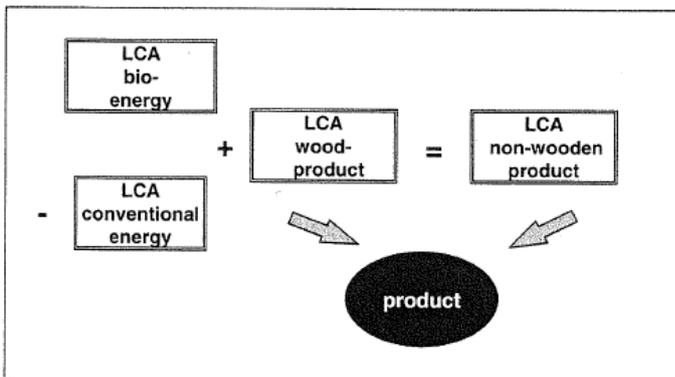


Fig. 4: Comparison of wood-based products with non-wooden products in an LCA by substitution of energy

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Substitutionsmethode

Diese Methode birgt mehrere Schwierigkeiten:

- Die teuerste Form der Energieerzeugung ist nicht diejenige mittels Heizöl, deutlich kostenintensiver ist die Herstellung von Strom aus Windenergie oder die Nutzung ähnlicher Energieträger. Eine derartige Form würde das vorgeschlagene System allerdings ad absurdum führen
- Durch die Berücksichtigung der Belastungen eines Substitutions-Energieträgers werden „virtuelle“ Belastungen eingeführt. Welche ökologischen Belastungen würden nunmehr der erzeugten Nutzenergie aufgelastet? Um in Summe (Wirkbilanz des Baustoffs Holz

und Energieerzeugung durch Verbrennung von Holz) die tatsächlichen Umweltbelastungen abzubilden, müsste der thermische Entsorger seine gelieferte Nutzenergie mit den Umweltwirkungen einer Heizölherzeugung belasten, nur dann würden bei Systemerweiterung (funktionale Einheit Baustoff und Nutzenergie) die tatsächlichen Umweltwirkungen abgebildet.

- Welche Form der Energieerzeugung wird gewählt: Wird nur thermische oder nur elektrische Energie erzeugt oder beide gemeinsam in einer Kraft-Wärmekopplung? Welcher Wirkungsgrad ist anzusetzen?
- Da die Entsorgung erst in einigen Jahren bis Jahrzehnten anfällt, müsste sowohl für die Wahl des substituierten Energieträgers wie auch für Art und Wirkungsgrad der Energieerzeugung zeitlich extrapoliert werden
- Die Speicherung von CO₂ durch Bauholz und andere Baustoffe aus erneuerbaren Rohstoffen ist nicht berücksichtigt.

Die Belastungen des Substitutionsprozesses bestimmen die Belastungen des Baustoffes wesentlich, wie aus der Darstellung des Treibhauspotentials für eine Reihe von Energieerzeugungsprozessen hervorgeht:

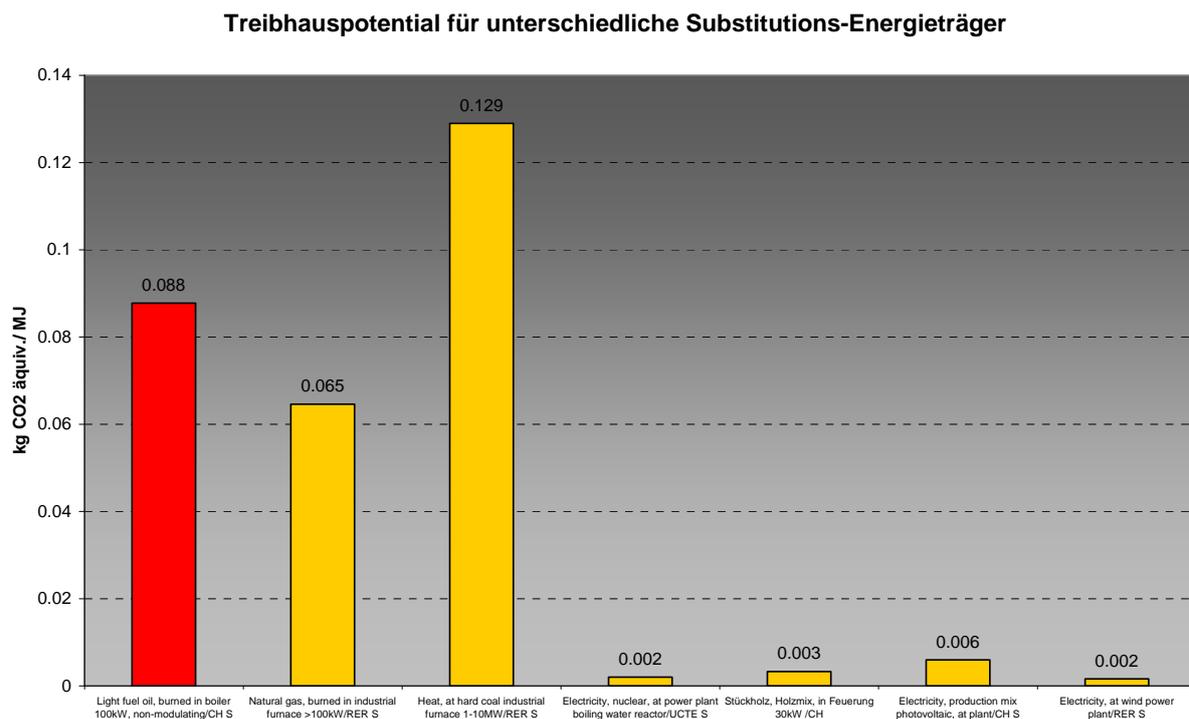


Abbildung 4: Treibhauspotential unterschiedlicher Substitutions-Energieträger

Deutlich realistischere Ergebnisse können durch die folgenden Annahmen erreicht werden:

- Substituiert wird der Energiemix im Jahre 2050
- Anschlag einer Verbesserung des Wirkungsgrades der Energieerzeugung, dadurch kann näherungsweise weiterhin mit den derzeit verfügbaren Technologien und Lebenszyklusdaten gerechnet werden

Die nachfolgende Tabelle stellt den Primärenergiemix sowie das Treibhauspotential von Energieszenarien 2050 zum derzeitigen Mix in Bezug (gemäß IEA und Greenpeace):

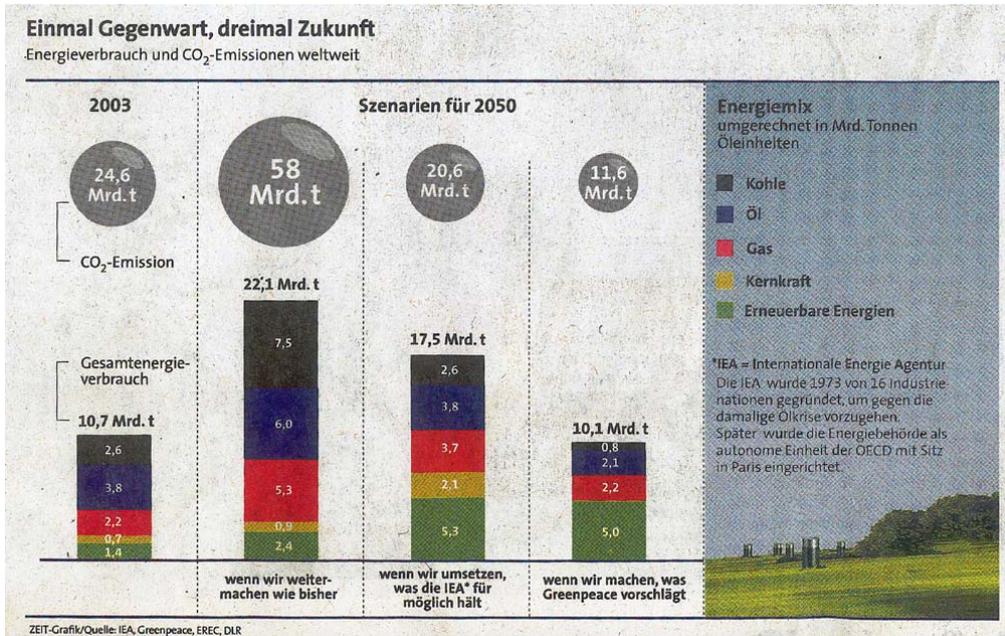


Abbildung 5: Primärenergiemix und Treibhauspotential von Energieszenarien gem. IEA bzw. Greenpeace in Bezug auf den derzeitigen Energiemix [Die Zeit 2007]

Daraus können in guter Näherung die folgenden Substitutionsenergieträger berechnet werden:

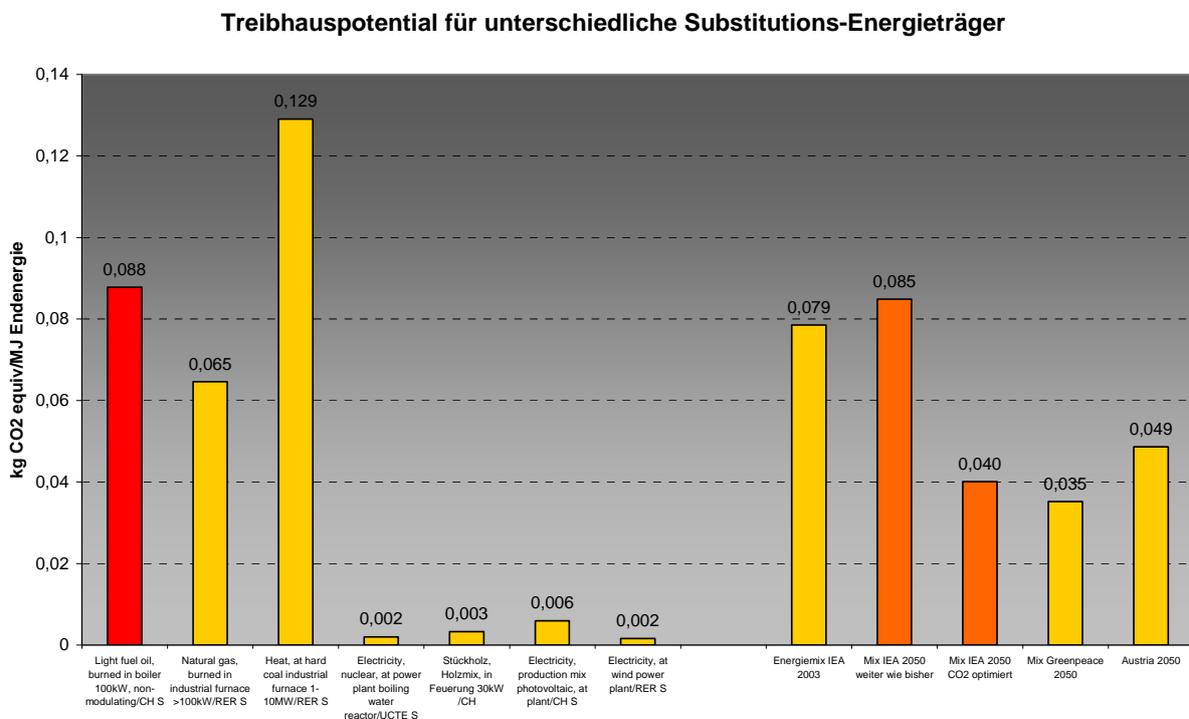


Abbildung 6: Treibhauspotential für unterschiedliche Substitutions-Energieträger

Für das Beispiel Schnittholz getrocknet und gehobelt ergeben sich die folgenden Kennwerte für das Treibhauspotential über den gesamten Lebenszyklus:

Treibhauspotentialbeiträge Schnittholz getrocknet gehobelt
Unterschiedliche Substitutions-Energieträger
 Darstellung einzelne Beiträge (ohne Erneuerung)

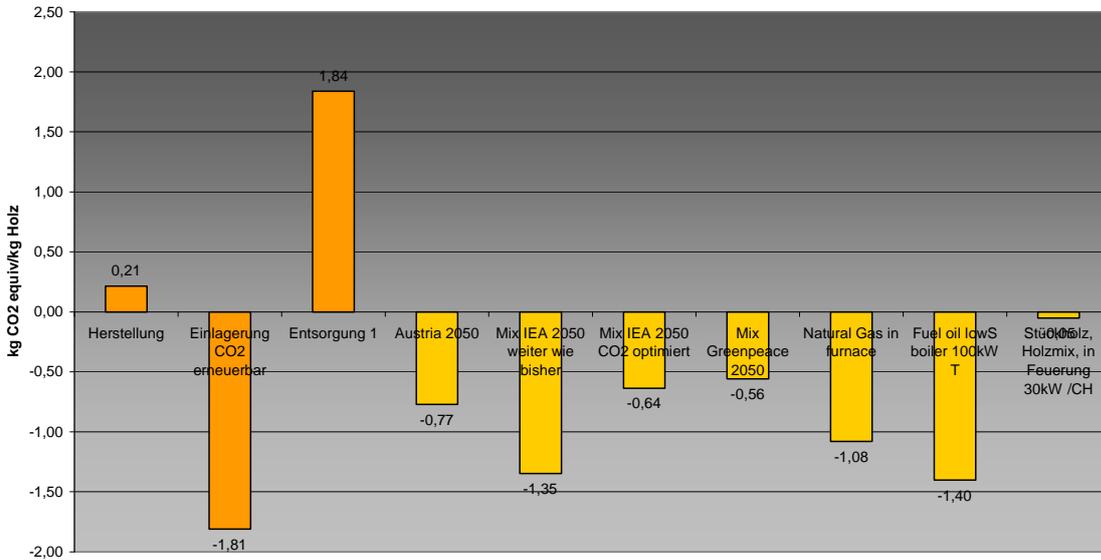
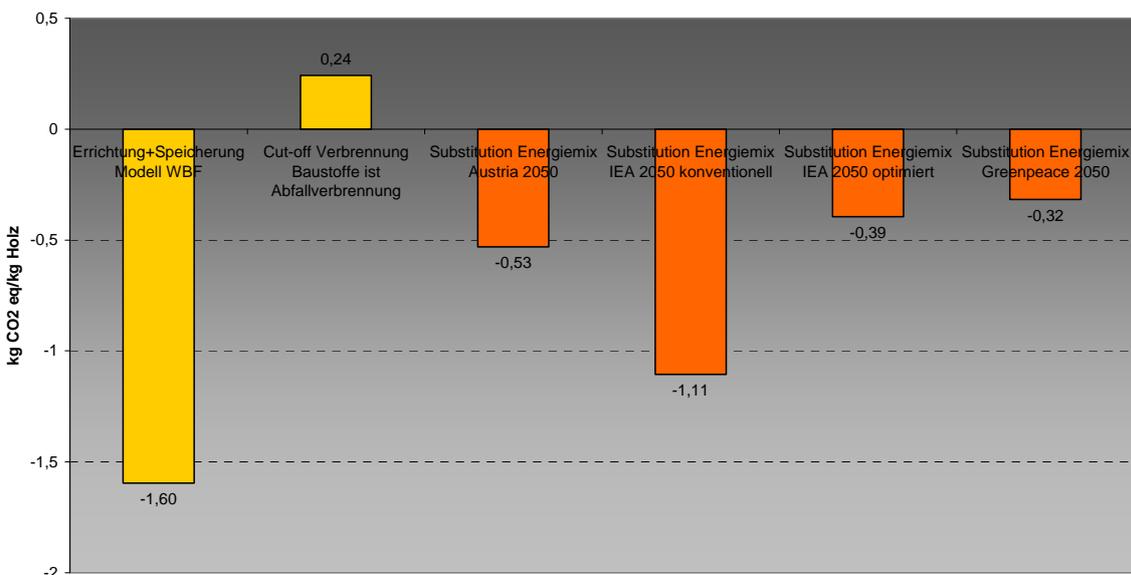


Abbildung 7: Treibhauspotential für getrocknetes, gehobeltes Schnittholz. Einzelbeiträge für Herstellung, CO₂-Speicherung und Entsorgung (orange Balken) sowie für unterschiedliche Substitutions-Energieträger (gelbe Balken)

Summierung über den gesamten Lebenszyklus ergibt die folgenden Beiträge von Schnittholz:

Treibhauspotentialbeiträge Schnittholz getrocknet gehobelt
Substitutionsmodelle



Errichtung + Speicherung (Modell WBF)... derzeit in der Wohnbauförderung zur Berechnung des OI3 angewandtes Modell (Emissionen aus der Entsorgung werden dem Entsorgungsprozess zugeordnet)

Abbildung 8: Treibhauspotential von getrocknetem, gehobeltem Schnittholz, mit unterschiedlichen Modellen berechnet.

Schlussfolgerung:

- Das Substitutionsmodell kann bei Wahl eines je nach Anforderungen (Wohnbauförderung Österreich, europäische Fragestellungen) passenden Energieträgermixszenarios deutlich besser den Anforderungen entsprechen als die vorgeschlagene Substitution der thermischen Nutzung von Heizöl. Diese Wahl ist realitätsnäher als die Wahl des derzeit vermeintlich „teuersten“ Energieträgers
- Der Nachteil der „virtuellen“ Umweltbelastungen bleibt bestehen.
- Die Speicherwirkung des Baustoffes ist nicht berücksichtigt