FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU

F 2826

Bernhard von Houwald, Patrick Wortner,
Johannes Kreißig, Hans Peters

Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden

Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung

Fraunhofer IRB Verlag

F 2826

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2012

ISBN 978-3-8167-8769-3

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/bauforschung

Bitte beachten:

Fehlende Seiten sind **Leerseiten**,
die bei Erstellung
der PDF-Datei für den Download nicht
berücksichtigt wurden

Fraunhofer IRB Verlag

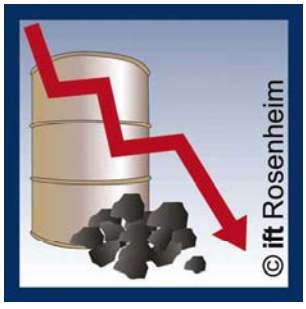
Forschung & Entwicklung

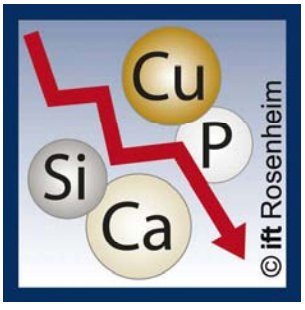
Das Institut für
Fenster und Fassaden,
Türen und Tore,
Glas und Baustoffe

Abschlussbericht

EPDs für transparente Bauelemente

Oktober 2011





© ift Rosenheim

Abschlussbericht
EPDs für transparente Bauelemente

Thema	Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden
Kurztitel	EPDs für transparente Bauelemente
Gefördert durch	Der Forschungsbericht wurde mit den Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert. Aktenzeichen: SF-10.08.18.7-09.21/II 3-F20-09-1-067 Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.
Forschungsstelle 1	**ift** gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
Projektleitung	Dipl.-Ing. (FH) Bernhard von Houwald,
Projektbearbeitung	Dipl.-Ing. (FH) Bernhard von Houwald, Dipl.-Ing. (FH) Patrick Wortner
Forschungsstelle 2	PE INTERNATIONAL GmbH Dipl.-Ing. Johannes Kreißig
Forschungsstelle 3	Institut Bauen und Umwelt e.V. Dipl.-Ing. Hans Peters

Rosenheim, Oktober 2011

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Kurzfassung		**1**
Abstract		**3**
1	**Ausgangssituation**	**5**
2	**Motivation**	**7**
3	**Projektziele und Nutzen**	**9**
4	**Forschungsarbeit**	**11**
5	**Konzept**	**13**
6	**Allgemeine Grundlagen**	**17**
6.1	Begriffe	17
6.2	Produktkategorie-Regeln (PCR)	18
6.3	Umweltproduktdeklarationen (EPD)	20
6.4	Ökobilanz (LCA)	23
6.4.1	Allgemeiner Aufbau nach DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044	23
6.4.2	Spezifischer Aufbau von Ökobilanzen für EPDs	25
7	**Erstellung von Referenz-Szenarien auf Grundlage des Lebenszyklus**	**33**
7.1	Herstellungsphase	35
7.1.1	Holzfenster	35
7.1.2	Kunststofffenster	36
7.1.3	Aluminiumfenster	38
7.2	Baustadium	40
7.2.1	Holzfenster	42
7.2.2	Kunststofffenster	43
7.2.3	Aluminiumfenster	43
7.3	Nutzungsstadium	43
7.3.1	Holzfenster	47
7.3.2	Kunststofffenster	53
7.3.3	Aluminiumfenster	55

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

7.4 Nachnutzungsstadium 56
7.5 Recyclingpotenzial 62
7.5.1 Holzfenster 64
7.5.2 Kunststofffenster 65
7.5.3 Aluminiumfenster 67
8 Allgemeine Informationen zur Erstellung von Produktkategorie-Regeln (PCR) 69
9 Erstellung der Produktkategorie-Regeln (PCR) 73
9.1 Allgemeines Vorgehen bei der Erstellung der PCR 73
9.2 PCR – Fenster und Türen 74
9.3 PCR – Flachglas im Bauwesen 77
10 Datenerfassung 79
10.1 Systematik 80
10.2 Datenerfassung für Sensitivitätsanalysen 82
10.3 Datenerfassung Aluminiumfenster 84
10.4 Datenerfassung Holzfenster 85
10.5 Datenerfassung Kunststofffenster 85
10.6 Datenerfassung Flachglas 85
11 Sensitivitätsanalysen 87
11.1 Systematik 87
11.2 Allgemeine Sensitivitätsanalysen 89
11.3 Sensitivitätsanalysen Aluminiumfenster 97
11.4 Sensitivitätsanalysen Holzfenster 101
11.5 Sensitivitätsanalyse Flachglas 108
12 Erstellung der Umweltproduktdeklarationen für Fenster 111
12.1 Ökobilanzierung 111
12.1.1 Ziel der Untersuchung 111
12.1.2 Deklarierte Einheit 111
12.1.3 Produktbeschreibung 112

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

12.1.4 Anwendungsbereich 116
12.1.5 Systemgrenzen 116
12.1.6 Abschneidekriterien 117
12.1.7 Betrachtungszeitraum 117
12.1.8 Hintergrunddaten 118
12.1.9 Datenqualität 118
12.1.10 Transporte 121
12.1.11 Zuordnung von Werksdaten zu den deklarierten Produkten 121
12.1.12 Allokation von Koppelprodukten 121
12.1.13 Allokation bei Multi-Input-Prozessen 122
12.1.14 Allokation bei open und closed loop Recycling auf der Inputseite 122
12.1.15 Hinweise zur Nutzungsphase 122
12.1.16 Wahl des Entsorgungsverfahrens 125
12.1.17 Allokation beim End-of-Life-Recycling 126
12.1.18 Allokation bei der thermischen Verwertung 127

12.2 Sachbilanz 127
12.2.1 Quantitative und qualitative Beschreibung der Einheitsprozesse 127
12.2.2 Datenerhebung und -verarbeitung 128
12.2.3 Indikatoren der Sachbilanz – Holzfenster 131
12.2.4 Indikatoren der Sachbilanz – Kunststofffenster 137
12.2.5 Indikatoren der Sachbilanz – Aluminiumfenster 143

12.3 Wirkungsabschätzung 150
12.3.1 Indikatoren der Wirkungsabschätzung 150
12.3.2 Wirkungsabschätzung Holzfenster 150
12.3.3 Wirkungsabschätzung Kunststofffenster 152
12.3.4 Wirkungsabschätzung Aluminiumfenster 153

12.4 Interpretation 155

13 Erstellung der Umweltproduktdeklarationen für Glas 159

13.1 Ökobilanzierung 159
13.1.1 Ziel der Untersuchung 159
13.1.2 Deklarierte Einheit 159
13.1.3 Produktbeschreibung 160
13.1.4 Anwendungsbereich 161

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

13.1.5 Systemgrenzen 161
13.1.6 Abschneidekriterien 162
13.1.7 Betrachtungszeitraum 162
13.1.8 Hintergrunddaten 162
13.1.9 Datenqualität 164
13.1.10 Transporte 164
13.1.11 Zuordnung von Werksdaten zu deklarierten Produkten 166
13.1.12 Allokation von Kuppelprodukten 166
13.1.13 Allokation bei Multi-Input-Prozessen 166
13.1.14 Allokation bei open und closed loop Recycling auf der Inputseite 166
13.1.15 Hinweise zur Nutzungsphase 166
13.1.16 Wahl des Entsorgungsverfahrens 167
13.1.17 Allokation beim End-of-Life Recycling 167
13.1.18 Allokation bei der thermischen Verwertung 168
13.1.19 Sensitivitätsanalyse Transporte 168
13.2 Sachbilanz 169
13.2.1 Datenerhebung und -verarbeitung 169
13.2.2 Datenerhebung und -verarbeitung 183
13.2.3 Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas 185
13.2.4 Indikatoren der Sachbilanz – Mehrscheibenisolierglas 194
13.3 Wirkungsabschätzung 201
13.3.1 Indikatoren der Wirkungsabschätzung 201
13.3.2 Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas 201
13.3.3 2-Scheiben-Isolierglas und 3-Scheiben-Isolierglas 205
13.4 Interpretation 209
13.4.1 Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas 209
13.4.2 2-Scheiben-Isolierglas und 3-Scheiben-Isolierglas 212
14 Zusammenfassung 216
15 Danksagung 218
16 Literaturverzeichnis 219
17 Anlagen 227

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Kurzfassung

Auch in der Baubranche ist der Begriff Nachhaltigkeit in aller Munde. Um dem Ziel einer nachhaltigen Bauwirtschaft näherzukommen, etablieren sich immer mehr Gebäudezertifizierungssysteme. Dabei wird das nachhaltige Bauen in Deutschland maßgeblich durch zwei treibende Kräfte gefördert:

1. Die neue europäische Bauproduktenverordnung, die 2011 eingeführt wurde und nach einer 2-jährigen Koexistenzperiode verbindlich wird. Diese beinhaltet als siebte wesentliche neue Eigenschaft die nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen. Dabei wird beschrieben, dass das Bauwerk und seine Baustoffe nach dem Abriss recycelt werden können und für das Bauwerk umweltfreundliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe verwendet werden müssen.
2. Die Einführung des Leitfadens „Nachhaltiges Bauen“ durch das Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Stadtentwicklung. Dieser sieht eine Zertifizierung aller neuen Gebäude des Bundes durch das „Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen“ (BNB) vor.

Die Deklaration von Bauprodukten durch eine Umweltproduktdeklaration (EPD) spielt eine wichtige Rolle im gesamten Bewertungsprozess des nachhaltigen Bauens. Die Informationen der EPDs werden zukünftig als Nachweis für die Bauproduktenverordnung dienen und liefern auch die notwendigen Daten für die Gebäudezertifizierung.

Für die Erstellung der Umweltproduktdeklarationen werden sogenannte Product Category Rules (PCR) benötigt, die die allgemeinen Erstellungsregeln von EPDs festlegen. In den Regelwerken werden Berechnungs- und Bewertungsverfahren dargestellt, um die Wirkungen von Bauprodukten über den Lebenszyklus zu analysieren und zu beschreiben. Inhaltliche Basis der EPDs ist eine Ökobilanz. Die Ergebnisse der Ökobilanz (Umweltwirkungen des Bauproduktes) werden quantitativ dargestellt, aber nicht vergleichend bewertet oder klassifiziert.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden zunächst eine PCR Fenster und Türen und eine PCR Flachglas im Bauwesen unter Einbindung der jeweiligen Branchen erarbeitet. Zusätzlich wurden für die Lebenszyklusphasen des Baustadiums, des Nutzungsstadiums, der Nachnutzung und dem Recycling repräsentative Szenarien erarbeitet. Basis der Szenarien waren umfangreiche Re-

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

cherchearbeiten bezüglich der wissenschaftlichen Begründung von Quellen für die definierten Szenarien. Die PCR-Dokumente wurden vom IBU Sachverständigenausschuss geprüft und freigegeben.

In weiterer Folge wurden zahlreiche Sensitivitätsanalysen zur Parameterauswahl der deklarierten Einheit in den EPDs durchgeführt.

Die für die Ökobilanzierung notwendigen Industriedaten wurden sowohl direkt in produzierenden Unternehmen ermittelt, als auch über die am Projekt beteiligten Verbände und deren Mitgliedsunternehmen angefragt. Auch auf bestehende (Markt-)Studien aus Forschung und Industrie wurde zurückgegriffen.

Mittels der erfassten Daten wurden durch den Ökobilanzierungsexperten PE International Ökobilanzen berechnet auf Basis derer folgende Muster-EPDs für die Branche erarbeitet werden konnten:

- Muster-EPD Holzfenster
- Muster-EPD Aluminiumfenster
- Muster-EPD Kunststofffenster
- Muster-EPD Flachglasglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas
- Muster-EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas

Die EPDs wurden durch einen Prüfer des IBU auf sachliche Richtigkeit geprüft.

Mit Abschluss des Projektes stehen nun der Fenster- und Glasbranche vereinfachte Muster-EPDs zur Verfügung, so dass gerade kleine und mittelständische Unternehmen, die sich die zeit- und kostenintensive Erstellung eigener Umweltproduktdeklarationen nicht leisten können, keinen Wettbewerbsnachteil auf dem Markt haben.

Abstract

Sustainability is a term that is being talked about in the construction industry, too. A constantly increasing number of building certification systems are being established with the objective of coming closer to sustainable constructions. In the process, there are two driving forces that are promoting sustainable construction in Germany decisively:

1. The new European Construction Products Directive that was introduced in 2011 and will become mandatory after a 2-year period of coexistence. In this directive, the sustainable use of natural resources as the seventh critical characteristic has been included. This stipulates that it should be possible to recycle structures and their construction materials after they were demolished and that raw materials and secondary construction materials used for the structure must be environment-friendly.
2. The other is the introduction of the Guideline for Sustainable Building by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs. This guideline provides for certification of all new buildings in the Federal Republic of Germany by the Assessment System for Sustainable Building (BNB, *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen*).

The declaration of building products in the context of an Environmental Product Declaration (EPD) plays an important role in the entire assessment process of sustainable building. The information furnished in the EPDs will serve as verification for the Construction Products Directive in future and also provide the data required for the building certification.

For the preparation of Environmental Product Declarations so called Product Category Rules (PCR) are needed which determine the general rules for the creation of EPDs. Calculation and assessment methods are presented in the rules and regulations in order to analyse and describe the effect of construction products during the life cycle.

The contents of the EPDs are based on a life cycle assessment. The results of the life cycle assessment (environmental impact of the construction product) are presented quantitatively but not assessed or classified in any comparative way.

To begin with, a PCR window and door and PCR flat glass have been developed for construction with the involvement of the respective industry within the scope of the research project. In addition, representative scenarios have been worked out for the life cycle phases during various stages including the construction stage, the utilisation stage, reuse and the recycling stage. The scenarios were based on the outcome of extensive research work regarding the scientific justification of sources for the specific scenarios. The PCR documents were validated and released by the technical experts' committee of the IBU.

Subsequently, a large number of sensitivity analyses have been conducted for selecting the parameters of the units declared in the EPDs.
The industrial data required for the life cycle assessment have been obtained both directly from the manufacturing companies and also enquired from associations involved in the project and their member companies. Information was also gathered from existing (market) analyses available from research projects and the industry.

With the help of the data acquired, life cycle assessments were calculated by the ecological balance experts, PE International, based on which the following sample EPDs for the industry could be formulated:

- Sample EPD for wooden windows
- Sample EPD for aluminium windows
- Sample EPD for plastic windows
- Sample EPD for flat glass, single-layer safety glass and laminated safety glass
- Sample EPD for 2-layer and 3-layer insulated glazing

The EPDs were checked for technical correctness by an IBU auditor.
Now, with the completion of the project, there are simplified sample EPDs available to the windows and glass industry, so that the small and medium-sized companies, in particular, who cannot afford the time and costs associated with the preparation of their own Environmental Product Declarations, do not suffer from any competitive disadvantage in the market.

1 Ausgangssituation

Der Begriff Nachhaltigkeit stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft und ist erstmals 1713 in einer Publikation von Hans Carl von Carlowitz aufgetaucht, in der beschrieben ist, dass nicht mehr Bäume geschlagen werden sollen, als nachwachsen können. Auf politischer Ebene wurde der Begriff Nachhaltigkeit erstmals durch die UN-Klimakonferenz 1992 in Rio geprägt. Ziel war es, Grundlagen für eine weltweit nachhaltige Entwicklung zu schaffen [3].

Auch auf Gebäudeebene findet die Nachhaltigkeitsbetrachtung Anwendung. Hier werden Qualitäten wie die Ökologie, Ökonomie und soziokulturelle sowie technische Qualitäten (siehe Abbildung 1) über den gesamten Lebenszyklus, also von der Wiege bis zur Bahre (cradle to grave) betrachtet. Vom gesamten Lebenszyklus wird gesprochen, falls die Phasen Herstellung, Baustadium, Nutzung und Nachnutzung bzw. End-of-Life betrachtet werden.

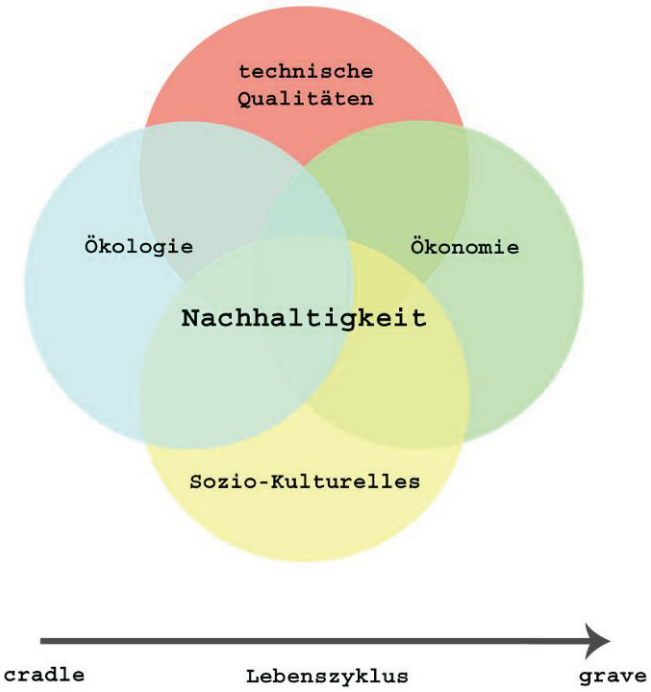


Abbildung 1 Säulen der Nachhaltigkeit

In Deutschland wurde der Gedanke des nachhaltigen Bauens schon in den 90er Jahren vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) verfolgt. Entstanden ist dabei der Leitfaden Nachhaltiges Bauen, in dem eine Anleitung zur nachhaltigen Bewertung von Gebäuden unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus beschrieben ist. Mit dem Leitfaden sollen „ganzheitliche Grundsätze zum nachhaltigen Planen und Bauen, Betreiben und Unterhalten, sowie zur Nutzung von Liegenschaften und Gebäuden umgesetzt werden“ ([4], S.1).

Verbunden mit einer steigenden Nachfrage an Wohn- und Nichtwohngebäuden (laut Statistischem Bundesamt März 2010) steht die Reduzierung des

Energie-, Flächen- und Ressourcenverbrauchs dieser immer mehr im Vordergrund.

Der Flächenverbrauch für die Umwandlung von Freiflächen in Siedlungs- und Verkehrsfläche liegt in Deutschland mit leicht abnehmender Tendenz bei etwa 100 ha/d. Bis 2030 soll der Flächenverbrauch auf 30 ha/d reduziert werden [5].

Aber nicht nur der Flächenverbrauch, sondern auch der Energieverbrauch soll reduziert werden. Auf Gebäudeebene werden die Anforderungen bezüglich des energetischen Bauens Uf. mittels gesetzlicher Vorgaben durch die EnEV gestellt und durch deren geplante Verschärfung im Jahr 2012 angehoben. Resultat dieser gesetzlichen Forderungen sind immer energiesparendere Gebäude (siehe Abbildung 2).

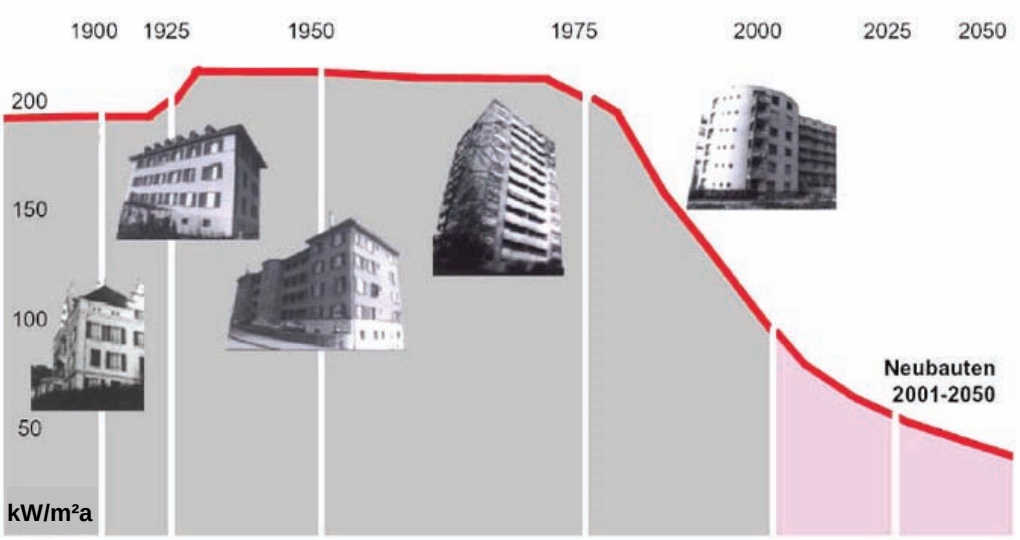


Abbildung 2 Energieverbrauch von Gebäuden nach Baujahr [16]

Im Zusammenhang mit der Nachhaltigkeitsbetrachtung kommt außerdem den eingesetzten Baustoffen eine große Bedeutung zu. Insgesamt werden jährlich etwa 850 Millionen Tonnen Sand, Kies und Naturstein für Hoch- und Tiefbau in Deutschland verwendet [6].

Um die Rohstoffe zu schonen, kommen bei Neubauten und Gebäudesanierungen vermehrt ressourcenschonende Baustoffe, wie beispielsweise RC-Beton (Beton mit 30% Recyclinganteil aus Abrissgebäuden) [1], Porenbeton (80% Luft, 20% Feststoffanteil) [2] oder auch immer mehr Holzwerkstoffe zum Einsatz.

Um diese Aspekte bzw. Qualitäten der Nachhaltigkeit auf Gebäudeebene bewerten zu können, werden Informationen und Daten der verwendeten Bauprodukte benötigt. Diese werden in Form von sogenannten Umweltproduktdeklarationen (EPDs) bereitgestellt. Basis dieser EPDs sind umfangreiche Ökobilanzen, die die Umweltwirkungen der Produkte systematisch über den gesamten Lebenszyklus darstellen. Grundlage für Umweltproduktdeklarationen sind sogenannte Produktkategorie-Regeln (PCR). Aktuell sind für verschiedene Bauprodukte und Baustoffe Umweltproduktdeklarationen (EPDs) verfügbar. Für Produktsysteme wie Fenster und Türen bzw. für Flachgläser im Bauwesen wurden im deutschen Raum bisher noch keine repräsentativen EPDs erstellt.

2 Motivation

Für das nachhaltige Bauen ergehen von verschiedensten Seiten Forderungen. So verlangt unsere Gesellschaft einen schonenden Umgang mit Ressourcen, um auch für künftige Generationen vorzusorgen. Die Umwelt, die mit vermehrten durch den Mensch verursachten Einwirkungen zu kämpfen hat, muss geschont werden. Leider ist dies selten der Fall. So geht beispielsweise allein in China alle sieben Tage ein neues Kohlekraftwerk ans Netz [19], welches wesentlich zur Produktion klimarelevanter Gase beiträgt. Als Folge hat dies vor allem eine Erwärmung des Weltklimas und dadurch entstehende weitreichende Umweltfolgen, wie Hochwasser, orkanartige Stürme, Abschmelzung von Gletschereis u. v. m.

Aber nicht nur Umwelt und Gesellschaft, sondern auch die Politik fordern einen nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen und ein damit verbundenes nachhaltiges Bauen. Dies wird beispielsweise durch die Einführung der siebten wesentlichen Eigenschaft *„Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“* in der neuen Bauproduktenverordnung (BauPVo) aufgegriffen. Hier ist beschrieben, dass zukünftig das Gebäude und deren Baustoffe recyclebar sind, das Bauwerk dauerhaft sein und aus umweltfreundlichen Sekundärbaustoffen bestehen muss. Die Forderungen die in der neuen BauPVo beschrieben sind, erfahren üblicherweise die Umsetzung in den jeweiligen Produktnormen. Im Falle der Bauprodukte bedeutet dies, entsprechende Nachweise erbringen zu müssen. Ein Mittel hierfür werden die Umweltproduktdeklarationen sein, wie auch im Artikel 56 beschrieben.

Durch nachhaltiges Bauen entstehen auch direkte Vorteile für den Immobilienmarkt. So ergeben sich eine Wertsteigerung der Immobilie und ein damit verbundener steigender Wiederverkaufswert. Weiterhin kann das Umweltimage des Gebäudes gesteigert werden. Nachhaltiges Bauen führt außerdem zu geringeren Lebenszykluskosten, da bei „nachhaltigen“ Gebäuden i.d. R. Wasser und Energie eingespart werden können. Aber auch für die Benutzer der Gebäude entstehen positive Wirkungen. Vor allem weil bei nachhaltig gebauten Gebäuden verschiedenste Kriterien untersucht werden, die Uf. auch zur Steigerung des Wohlbefindens beitragen, wie beispielsweise die Behaglichkeit oder die Innenraumlufthygiene.

Auf Bauproduktenebene können wie beschrieben Umweltproduktdeklarationen zur positiven Nachhaltigkeitsbewertung beitragen. Für Hersteller von Fenstern und Türen, sowie für Hersteller von Flachglas im Bauwesen sind noch keine hinreichenden Grundlagen für die Erstellung von EPDs vorhanden. Aus diesem Grund gehen Fenster, Türen und Flachgläser im Bauwesen bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden bisher nur mit grob gemittelten bzw. generischen Daten ein.

Vor allem kleinere Betriebe sind mit der Erstellung von Umweltproduktdeklarationen überfordert, da die Erarbeitung von PCR und EPDs für Bauprodukte einen hohen Zeit- und Kostenaufwand darstellt.

Um repräsentativere Daten der Fenster und Flachgläser im Bauwesen für die Gebäudebewertung bereitstellen zu können, wurden in dem Forschungsvorhaben „EPDs für transparente Bauelemente“ die Grundlagen hierfür geschaffen, die im Folgenden beschrieben werden.

3 Projektziele und Nutzen

Basierend auf den Forderungen von Gesellschaft, Umwelt, Politik und der Nachfrage am Markt wurden im Rahmen des Projekts *„Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas - für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“* im ersten Schritt Produktkategorie-Regeln für Fenster und Türen bzw. Flachgläser im Bauwesen erstellt. Grundlagen dafür sind EN ISO 14040:2006 *„Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen“* und EN ISO 14044:2006 *„Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen“*. Weiterhin dienen prEN 15804:2008 *„Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Regeln für Produktkategorien“* und DIN ISO 14025 *„Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren“* als Grundlage.

Bisherige Umweltproduktdeklarationen decken nur einen Teil des Lebenszyklus ab. In den meisten Fällen ist dies „cradle to gate“, also „von der Wiege bis zum Werkstor“. Für diese Herstellungsphase können auf Produktebene konkrete Zahlenwerte angegeben werden. Alles, was darüber hinausgeht, muss jedoch über Szenarien dargestellt werden, da auf Produktebene nicht bekannt ist, was mit dem Produkt in der Nutzung und Nachnutzung passiert. Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, den gesamten Lebenszyklus „cradle to grave“ – also „von der Wiege bis zur Bahre“ – abzubilden und entsprechende Szenarien zu erarbeiten.

Darüber hinaus sollten mit den PCR einheitliche Regeln geschaffen werden, anhand derer Hersteller sich weitere Muster-Umweltproduktdeklarationen oder aber auch spezifische Umweltproduktdeklarationen erstellen lassen können.

Die im Forschungsvorhaben erstellten Umweltproduktdeklarationen sollen zur Gebäudezertifizierung verwendet werden. So können Architekten und Bauplaner direkt auf die Dokumente zurückgreifen und entsprechende Daten für eine Gebäudezertifizierung entnehmen. Zusätzlich dienen die EPDs als Informationsquelle für Bewohner, Besitzer und Interessierte der Gebäude.

Auf diesen Grundlagen aufbauend können bei Bedarf Konzepte und Berechnungstools für die Erstellung von EPDs für transparente Bauelemente erarbeitet werden, was allerdings nicht Inhalt des Forschungsprojekts war.

4 Forschungsarbeit

Die Bearbeitung des Forschungsprojekts lief in enger Zusammenarbeit der Forschungsstellen Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), PE International GmbH und dem **ift** Rosenheim. Dabei lagen die Aufgabenschwerpunkte des **ift** Rosenheim auf der Projektkoordination sowie dem Einbringen von brachenspezifischem Know-how. Die PE INTERNATIONAL GmbH hatte zur Aufgabe die notwendigen Ökobilanzen für die EPDs zu erstellen. Das Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) gab die allgemeinen Regeln für die Erstellung der PCR und EPDs vor. Die PCR-Dokumente wurden durch einen unabhängigen IBU-Sachverständigenausschuss validiert bzw. freigegeben und die EPDs durch einen unabhängigen IBU-Prüfer geprüft. Die inhaltliche Zuarbeit erfolgte durch die am Projekt beteiligten Verbände. Diese waren der Bundesverband Flachglas e.V., der Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V. (FV S+B), der Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V. QKE) und der Verband Fenster + Fassade e.V.

5 Konzept

Basis des Forschungsvorhabens war in erster Linie der *„Leitfaden Nachhaltiges Bauen“* des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung und die vom Umweltbundesamt geförderte Studie für die Diskussion um Inhalte, Methodik und Verfahrensweisen für quantitative, ökobilanzierte Typ III Produktdeklarationen (Typ III EPDs).

Das IBU hat bereits einige PCR-Dokumente, z. B. für Holzwerkstoffe oder Faserzement veröffentlicht [7]. Außerdem sind PCR-Dokumente für Holzfenster für den schwedischen Markt [8] und vom europäischen Aluminium Verband (EAA) für Aluminiumprofile erstellt worden. Diese Dokumente wurden als Grundlage für die PCR Fenster und Türen bzw. PCR Flachglas im Bauwesen herangezogen. Zusätzlich wurde der allgemeine Leitfaden des IBU e.V. *„Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der IBU e.V. Deklarationen (Typ III)“* herangezogen [9].

Für Beschläge wurde in Zusammenarbeit des Fachverbandes Schloss- und Beschlagsindustrie e.V. und des Instituts Bauen und Umwelt e.V. bereits im Vorfeld des Projektes ein eigenes PCR-Dokument erarbeitet. Dieses wurde im Verlauf in das Projekt eingebunden, um es für die Erstellung der EPDs für transparente Bauelemente nutzen zu können. Im Forschungsvorhaben wurde außerdem auf die Daten für Beschläge des Projektes durch den FV S+B zurückgegriffen.

Zusätzlich wurden auf die Ergebnisse des Forschungsprojekts *„Harmonisierung von Basisdaten“* (Methodenbericht) und der Studie *„Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden“*, in der Fenster und Fassaden bereits betrachtet und untersucht wurden [10], zurückgegriffen.

Der für die Beantragung dieses Projektes erarbeitete Arbeitsplan (siehe hierzu Abbildung 3) mit den definierten Arbeitspunkten (WP) wurde zur Projektabarbeitung eingehalten. Darüber hinaus gelten für die Erstellung von PCR und EPDs folgende einschlägige Normen:

- *ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – principles and framework*
- *EN 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – requirements and guidelines*

- *prEN 15804:2008 Sustainability of construction works – Environmental product declarations – core rules for the product category of construction products*
- *ISO 14025 Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – principles and procedures*

Zur Erstellung von Umweltproduktdeklarationen ist allgemein eine festgelegte Methodik bzw. Herangehensweise gemäß Arbeitsplan vorgegeben.

Im Ersten Schritt wurde definiert, welcher Teil des **Lebenszyklus** (WP1, WP2) betrachtet wird, also entweder nur eine Phase (mindestens jedoch die Herstellungsphase) oder aber der gesamte Lebenszyklus. Anschließend konnten **PCR** (WP2) als Basisdokumente erstellt werden. Diese beinhalten die allgemeinen Regeln für die Erstellung der EPDs. Anschließend wurden die Dokumente von einem unabhängigen und sachverständigen Expertenkreis geprüft und freigegeben (WP4). Um besser über die Gültigkeit der zu deklarierenden Produkte und die Systemgrenzen entscheiden zu können, wurden **Sensitivitätsanalysen** (WP5) als wissenschaftliche Methode durchgeführt. Diese dienen zur Entscheidungsfindung.

Für die Ökobilanz mussten herstellerspezifische Daten wie beispielsweise Energieverbrauch, Wasserverbrauch, aber auch anfallende Abfälle über eine **Datenerfassung** (WP3a) bzw. Fragenkataloge erfasst werden. Da es nahezu unmöglich ist, auch rohstoff- bzw. werkstoffbezogene Daten mit zu erfassen (sehr hoher Zeitaufwand), wurden generische Daten verwendet.

Anhand dieser Daten wurde anschließend eine **Ökobilanz** (WP3a, WP3b) berechnet, mit der sich die wesentlichen Umweltwirkungen (z. B. Treibhauspotenzial oder Primärenergieverbrauch) der Produkte darstellen lässt. Mit der Erstellung der Ökobilanz wurde auch ein Ökobilanzbericht (Hintergrundbericht) erstellt.

Anschließend konnten die **EPDs** (WP6) erstellt werden (siehe Abbildung 3). Alle EPDs wurden nach Erstellung von einem unabhängigen Prüfer geprüft (WP7).

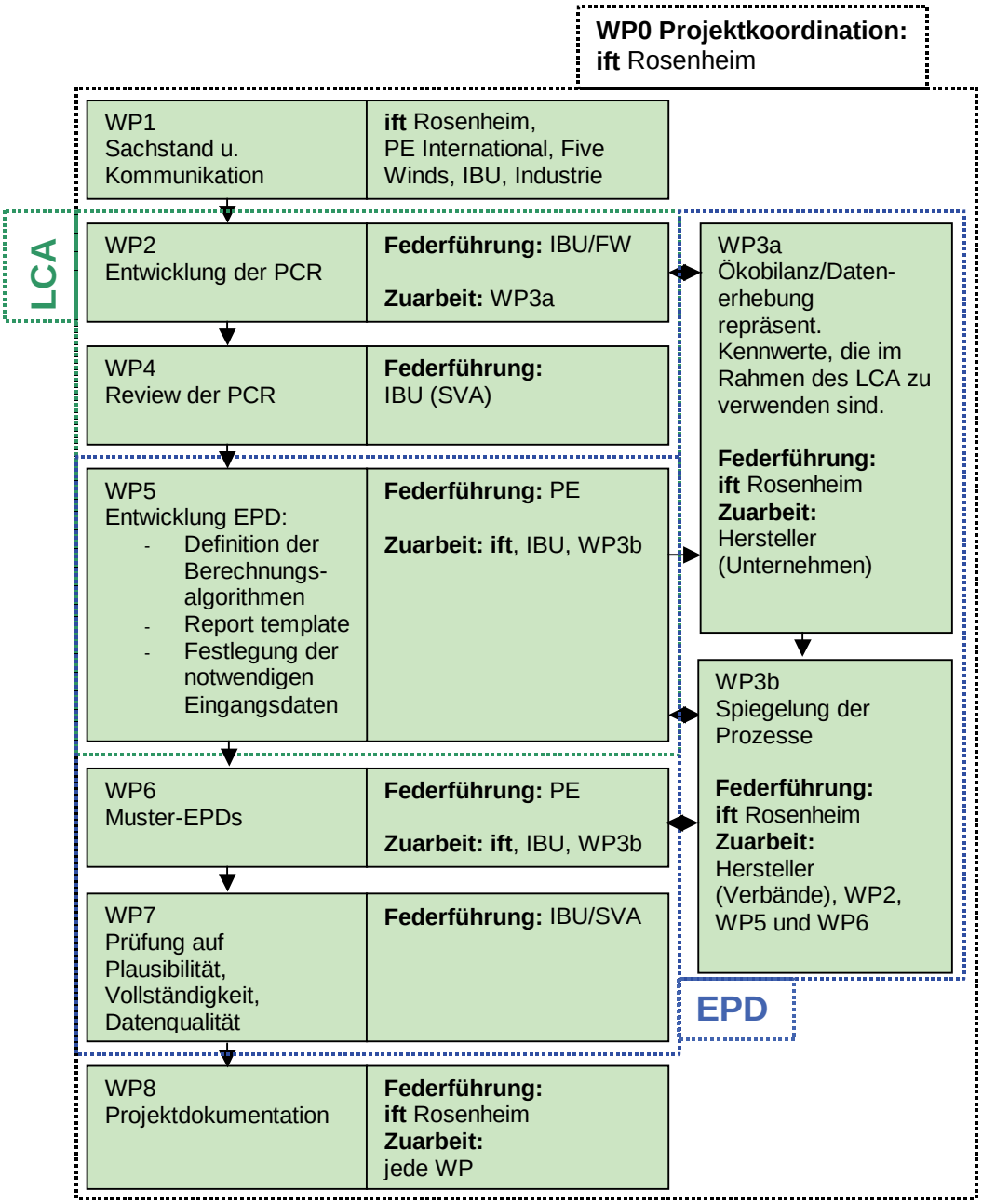


Abbildung 3 Projektvorgehen

Im Rahmen dieses Projekts wurden für folgende Produkte PCR und Muster-EPDs erarbeitet:

- Muster-EPD Flachglas im Bauwesen (Float, ESG, VSG, MIG)
- Muster-EPD Kunststofffenster (PVC)
- Muster-EPD Holzfenster
- Muster-EPD Metallfenster (Aluminium)

6 Allgemeine Grundlagen

6.1 Begriffe

Programmhalter
Ein Programmhalter legt die allgemeinen Regeln zur Erstellung von Umweltproduktdeklarationen (EPD) und Produktkategorie-Regeln (PCR) fest.

Umweltproduktdeklaration (EPD)
Quantitative Darstellung der Umweltwirkungen eines oder mehrerer Produkte ohne Bewertung.

Produktkategorie-Regeln (PCR)
Produktkategorie-Regeln stellen die allgemeinen Grundlagen einer Umweltproduktdeklaration dar und legen die benötigten bzw. erforderlichen Angaben fest.

Funktionelle Einheit
Die funktionelle Einheit legt fest, auf welche repräsentative Einheit sich die Ökobilanz bezieht. D. h. es muss eine konkrete Bezugsgröße festgelegt werden, für die Daten erfasst werden können. Für Fenster wurde diese beispielsweise gemäß EN 14351-1 mit 1,23 m x 1,48 m festgelegt.

Deklarierte Einheit
Die deklarierte Einheit bezieht sich auf die funktionelle Einheit. Sie basiert auf den SI- oder daraus ableitbare Einheiten. Also beispielsweise 1 m², 1 m, 1 kg.

Ökobilanz
Die Ökobilanz ist eine genormte Methode nach DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 zur Darstellung der Umweltwirkungen von Produkten oder Dienstleistungen.

Cradle to gate
Cradle to gate bezeichnet ausschließlich die Herstellungsphase eines Produktes, also von der Wiege bis zum Werkstor.

Cradle to grave
Cradle to grave bezeichnet neben der Herstellungsphase auch die Nutzungs- sowie Nachnutzungsphase des Produktes, also von der Wiege bis zur Bahre.

Umweltwirkungen
Umweltwirkungen quantifizieren Stoffe, die negative Effekte auf Flora und/oder Fauna haben können. Bezogen wird dies immer auf einen Referenzwert, wie beispielsweise Treibhauspotenzial CO_2 oder Eutrophierungspotenzial PO_4.

6.2 Produktkategorie-Regeln (PCR)

Grundlage der Umweltproduktdeklarationen sind Produktkategorie-Regeln (PCR = Product Category Rules). Diese beschreiben Regeln für den allgemeinen Aufbau der EPDs. Darüber hinaus wird in den PCR festgelegt, welches Produkt bzw. welche Produkte deklarierte werden. Hier wird nicht spezifiziert. D. h. es werden keine konkreten Produkte mit bestimmten Eigenschaften betrachtet, sondern es wird immer Bezug auf eine Produktgruppe genommen, also beispielsweise Fenster, Türen oder Beschläge.

Alle PCR basieren sowohl auf der ISO 14025 als auch auf den allgemeinen Leitfaden des Programmhalters. Weiterhin sind die Dokumente im Forschungsvorhaben entsprechend der prEN 15804 erstellt worden.

Ein Programmhalter kann zusätzlich zu den Anforderungen der ISO 14025 zusätzliche Anforderungen an die Dokumente stellen. Der Aufbau mit den einzelnen Modulen nach IBU-Leitfaden ist in Abbildung 4 dargestellt.

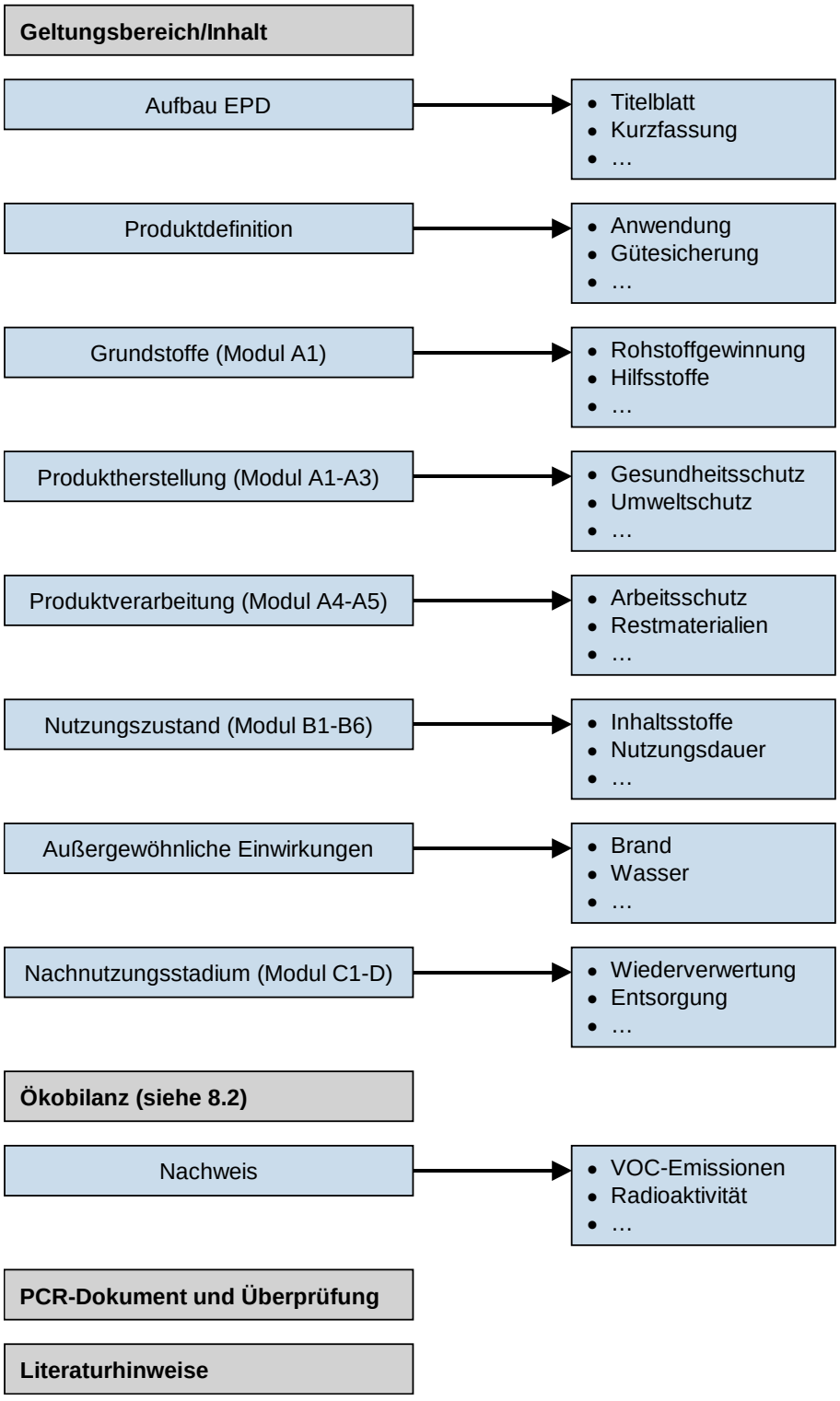


Abbildung 4 Modulaufbau von EPDs gemäß IBULeitfaden

6.3 Umweltproduktdeklarationen (EPD)

Umweltproduktdeklarationen (EPD = Environmental Product Declaration) werden ebenfalls in der DIN ISO 14025 und der prEN 15804 beschrieben. Die Dokumente dienen nicht nur als Basis zur Bewertung von Gebäuden nach verschiedenen Zertifizierungssystemen wie beispielsweise nach BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen) oder BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), sondern auch als Information für Planer, Architekten, Bauherren, Bewohner oder Gebäudenutzer.

Als Basis für alle EPDs muss eine entsprechende Produktkategorie-Regel Anwendung finden. Die Module der EPDs sind identisch mit denen der entsprechenden PCR. In den Umweltproduktdeklarationen werden die Module lediglich konkret beschrieben, quantifiziert und ausgefüllt. Zusätzlich werden die Umweltwirkungen eines Produktes über eine Ökobilanz dargestellt, welche im Folgenden beschrieben wird.

Spezifische EPD/Firmen-EPD

prEN 15804 beschreibt zur spezifischen EPD folgendes:

“An EPD describing a specific product shall be calculated using specific data for at least the processes the producer of the specific product has influence over. Generic data may be used for the processes the producer cannot influence e.g. processes dealing with the production of input commodities, e.g. raw material extraction or electricity generation, often referred to as upstream data…”

D. h. es handelt sich immer um eine spezifische EPD, sobald ein Hersteller für die Produkte seines Unternehmens/seiner Firma spezifische Daten für die Prozesse erfasst, auf die er auch Einfluss hat.

Firmen-EPD

Die Firmen-EPD beschreibt weiterhin einen Teil bzw. die Gesamtheit der im Unternehmen gefertigten Produkte. Die Daten werden jedoch nicht für jeden Einzelprozess individuell aufgenommen (meist nicht möglich, da Messeinrichtungen fehlen), sondern die Daten werden insgesamt erfasst und auf das Produkt/die Produkte heruntergerechnet.

Durchschnitts-EPD

Normativ ist eine Durchschnitts-EPD nicht konkret definiert, sondern es wird lediglich auf die Daten für die Ökobilanz eingegangen. In prEN 15804 heißt es:

„An EPD describing an average product shall be calculated using representative average data of the products declared by the EPD“.

Um dies genauer zu spezifizieren, wurde im Forschungsvorhaben folgende Definition erarbeitet:

Eine Durchschnitts-EPD beschreibt die durchschnittlichen Umweltwirkungen von Produkten für einen bestimmten Geltungsbereich. Dieser Geltungsbereich beinhaltet dabei sowohl geographische als auch zeitliche Grenzen.

Um also einen repräsentativen Durchschnitt zu erhalten, muss folgendes definiert werden:

- Geltungsbereich (Produktaufbau, Fertigungsverfahren, …),
- geografische Grenzen (Länder, Regionen, Unternehmen, …),
- zeitliche Grenzen (Bezugsjahr).

Im Rahmen des definierten Geltungsbereichs ist eine sinnvolle Ober- und Untergrenze zu wählen. Die Ober- und Untergrenze muss alle deklarierten Produkte einschließen bzw. muss für diese gültig sein. Für die deklarierten Produkte gilt es, Energie- und Stoffflüsse zu sammeln. Anhand der gesammelten Daten kann eine Durchschnittsbildung erfolgen.

Falls keine gesicherte Obergrenze definiert werden kann, muss ein sinnvoller Sicherheitszuschlag als worst case beaufschlagt werden. Anhand der „worst case“-Betrachtung wird sichergestellt, dass auch Produkte unterhalb der definierten Obergrenze mit inbegriffen sind.

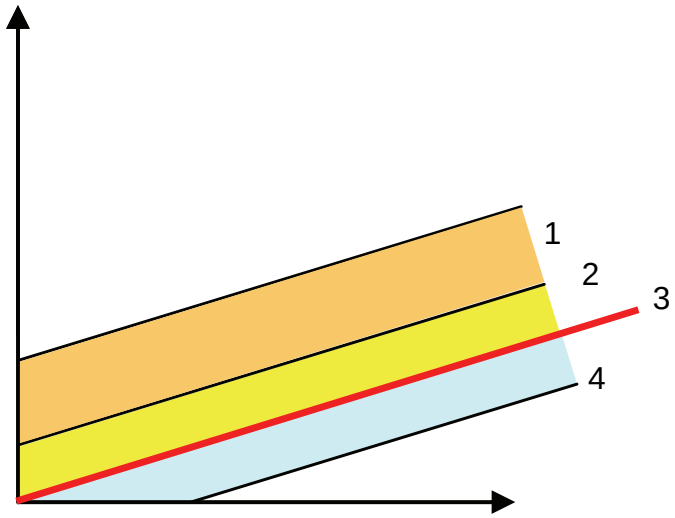


Abbildung 5 Grenzen zur Durchschnittsbildung

Nr.	Beschreibung
1	Sicherheitsaufschlag
2	Obergrenze
3	Durchschnittslinie
4	Untergrenze

Muster-EPD

Eine Muster-EPD gilt nicht für einen Durchschnitt an Produkten (Durchschnitts-EPD), sondern nur für einen bestimmten Produktbereich, der anhand von Rahmenbedingungen festgelegt wird. Die Rahmenbedingungen können sowohl konstruktions-, als auch materialbedingt gewählt werden. Zusätzlich gelten die allgemeinen Systemgrenzen bezüglich zeitlicher und geografischer Abgrenzung.

6.4 Ökobilanz (LCA)

Der Hauptbestandteil einer EPD ist die Ökobilanz (LCA = Life Cycle Assessment), die über den betrachteten Lebenszyklus der EPD die Umweltwirkungen des deklarierten Produktes darstellt. Die Ökobilanz ist gemäß den Normen DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 definiert.

6.4.1 Allgemeiner Aufbau nach DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044

Eine Ökobilanz beschreibt die Umweltwirkungen von Produkten und/oder Systemen wie auch von Dienstleistungen über den gesamten Lebenszyklus (von der Wiege bis zur Bahre) und analysiert diese. Der Rahmen einer Ökobilanz gemäß Normen ist in folgender Abbildung dargestellt:

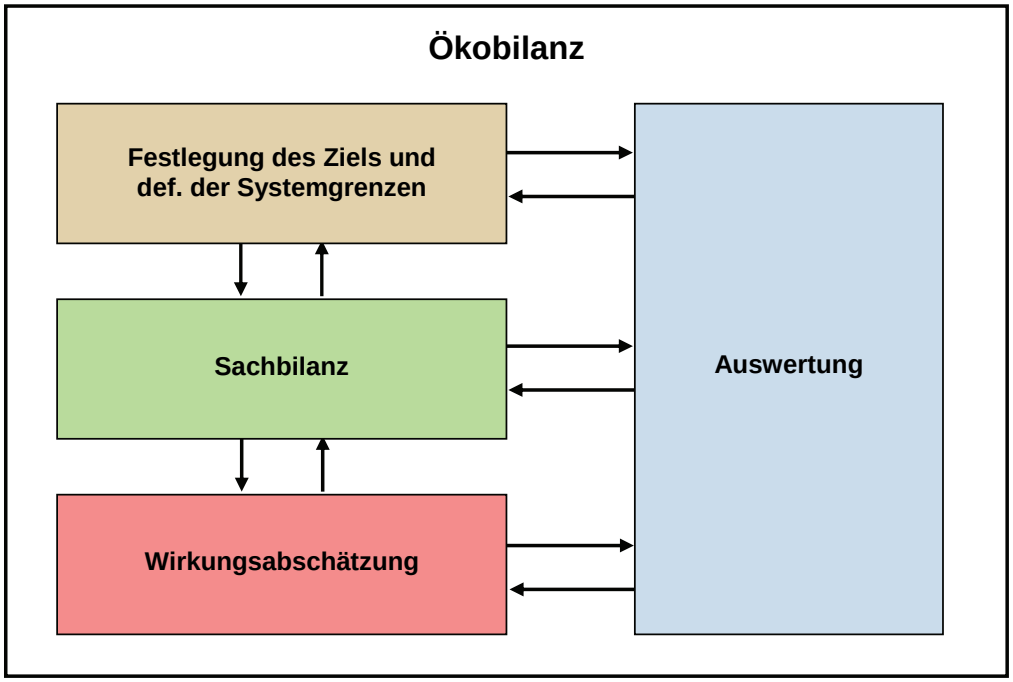


Abbildung 6 Rahmen einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 [52]

Dabei werden generell vier Phasen einer Ökobilanz definiert:

Im ersten Schritt wird ein **Ziel** festgelegt und eine **Systemgrenze** für den Untersuchungsrahmen definiert. Hier wird definiert, welche Produkte oder Dienst-

leistungen in der Studie betrachtet werden. Weiterhin wird festgelegt, ob bestimmte Teile des Systems aufgrund von fehlenden Daten oder zu hohem Aufwand ausgeschlossen werden.

Die **Sachbilanz** umfasst die Datenerhebung und die Berechungsgrundlagen der deklarierten Produkte innerhalb der Systemgrenzen. Bei der Datenerhebung werden beispielsweise Allokationen von Abfällen, Energie- und Rohstoffinputs, Emissionen und viele weitere Stoff- und Energieflüsse betrachtet. Anschließend werden durch Berechnungsverfahren Ergebnisse für die einzelnen Unweltwirkungen ermittelt.

In der **Wirkungsabschätzung** werden die Ergebnisse der Sachbilanz zur Beurteilung der Umweltwirkungen verwendet. Typische Umweltwirkungen sind beispielsweise der Primärenergieverbrauch, das Treibhauspotenzial oder die Humantoxizität.

Bestandteile der Wirkungsabschätzung gemäß DIN EN ISO 14040 sind:

- Auswahl von Wirkungskategorien und Indikatoren,
- Zuordnung der Sachbilanzergebnisse,
- Berechnung der Wirkungsindikatorwerte.

In der **Auswertung** werden Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung mit Erläuterungen, Einschränkungen und einer Schlussfolgerung zusammengefasst.

Über den gesamten Lebensweg der Produkte werden in einer Ökobilanz die Stadien Rohstoffgewinnung, Herstellung/Produktion, Nutzung und Nachnutzung inklusive Transport und Energieverbrauch betrachtet (siehe Abbildung 7)

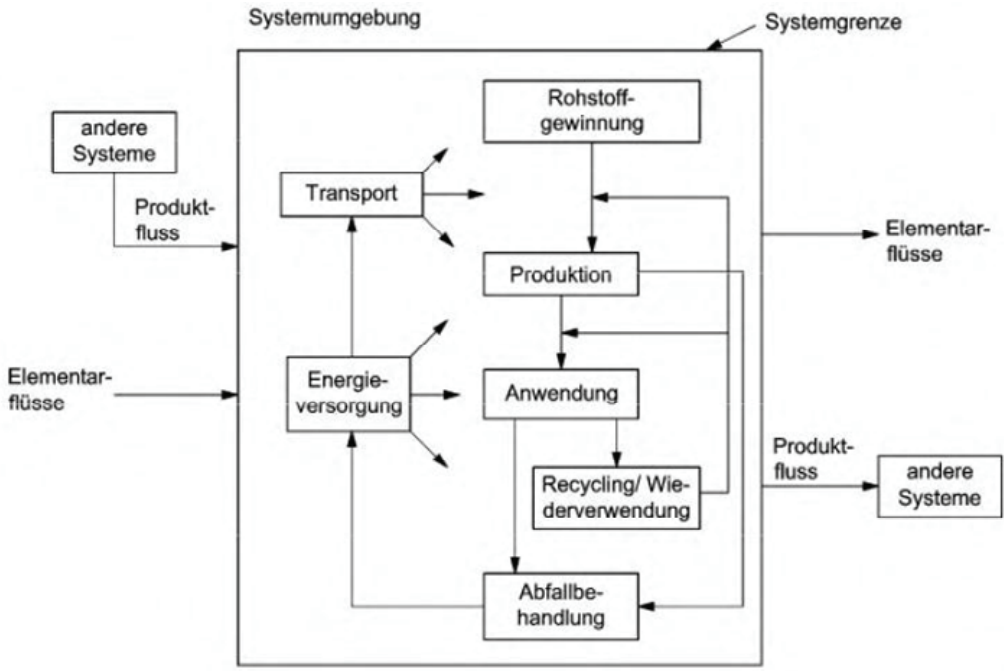


Abbildung 7 Beispiel eines Produktsystems für eine Ökobilanz [52]

Die Ökobilanz ist Bestandteil einer Umweltproduktdeklaration, deshalb gilt es, diese im Rahmen des Projektes für Fenster und Türen bzw. für Flachgläser im Bauwesen zu erstellen. Die Vorgehensweise dazu wird im nächsten Kapitel beschrieben.

6.4.2 Spezifischer Aufbau von Ökobilanzen für EPDs

Ergänzend zum allgemeinen Aufbau werden von der prEN 15804 spezifische Anforderungen für Ökobilanzen bei Umweltproduktdeklarationen gefordert. Der Aufbau von Ökobilanzen für EPDs ist im Folgenden dargestellt:

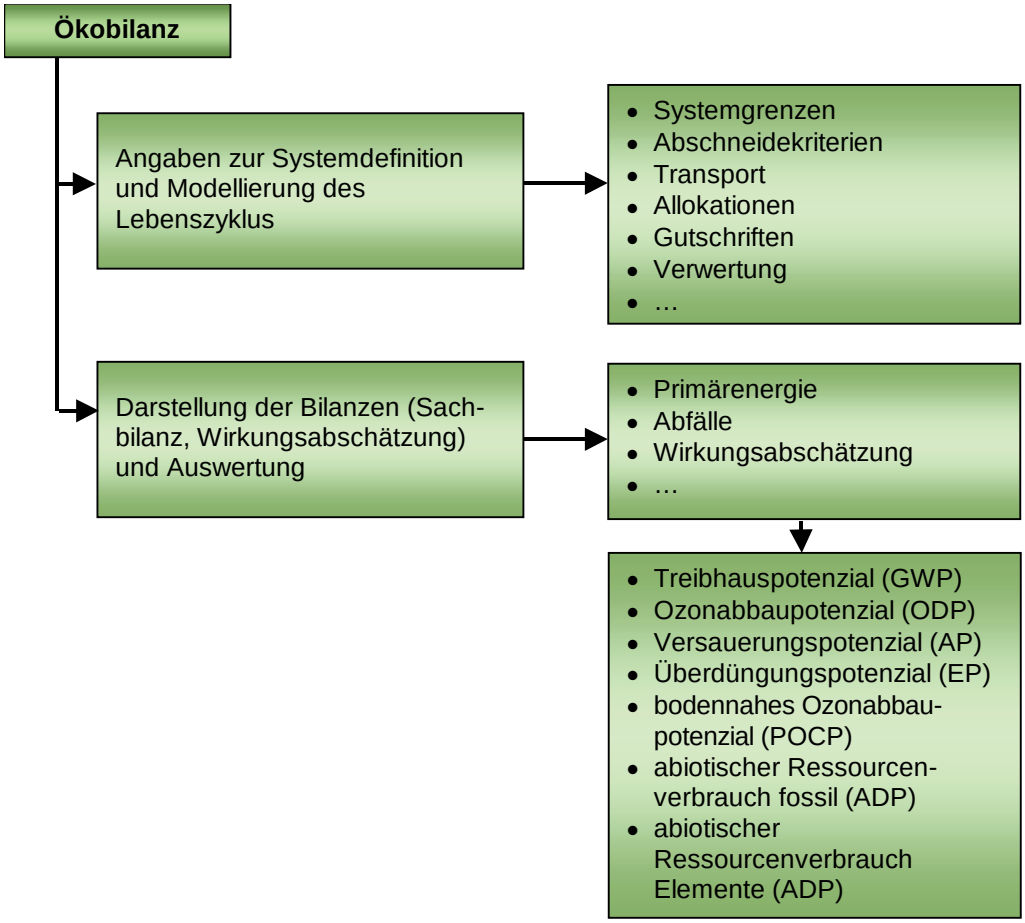


Abbildung 8 Module einer Ökobilanz für Umweltproduktdeklarationen

Für Umweltproduktdeklarationen werden also nach prEN 15804 die Umweltwirkungen, wie in Folge beschrieben und dargestellt, gefordert.

Treibhauspotenzial

Durch den Treibhauseffekt ist die mittlere Oberflächentemperatur der Erde rund 33 Kelvin höher als ohne diesen Effekt. Langwellige, von der Sonne ausgehende Wärmestrahlung trifft dabei auf die Erdoberfläche und wird von dieser als kurzwellige Strahlung reflektiert. Durch die Atmosphäre wird ein Teil dieser Wärmestrahlung erneut reflektiert und verlässt diese nicht. Dadurch kommt es zu einem Temperaturanstieg. Dazu tragen vor allem die Spurengase Kohlendioxid und Wasserdampf bei. Weitere klimarelevante Gase sind beispielsweise Methan, Ozon oder auch synthetische Chemikalien, die persistent sind und ebenfalls zum Treibhauseffekt beitragen.

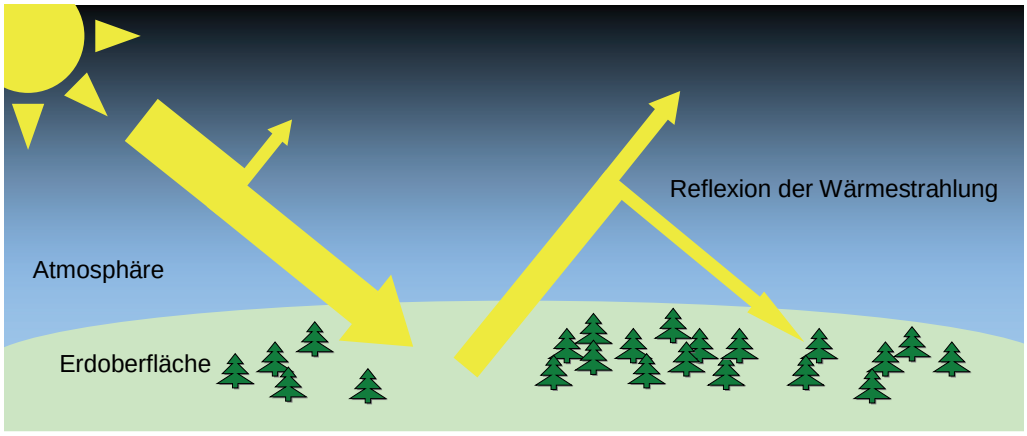


Abbildung 9 Treibhauseffekt

Neben dem natürlichen Treibhauseffekt tragen verschiedene Faktoren zum anthropogenen, also durch den Menschen verursachten Treibhauseffekt bei. Diese Faktoren sind beispielsweise Verbrennung verschiedener Energieträger, Viehzucht, Herstellung bestimmter Produkte ohne Abgasreinigung usw.

Als Wirkungsindikator gilt die Verstärkung der Infrarotstrahlung (W/m^2), also der Strahlung im Bereich von 10 bis 15 µm. Dadurch kommt es zu einer Erhöhung der Temperatur im erdnahen Raum; auch globale Erwärmung genannt. Dies führt in weiterer Folge zu längeren Trockenperioden, Korallensterben, oder auch Abschmelzen der Gletscher als mögliche Wirkungsendpunkte. Durch das Treibhauspotenzial können die relevanten Emissionen bzw. Spurengase abgewogen und gewichtet aufaddiert werden. Die Gewichtung erfolgt bezogen auf 1 kg Kohlendioxid. So entspricht Methan beispielsweise 25 kg Kohlendioxid. Da die Lebensdauer der einzelnen treibhausrelevanten Gase unterschiedlich ist, wird der Zeithorizont auf 100 Jahre gesetzt. Methan hat eine mittlere Lebensdauer von 12 Jahren. So lang kann dieses in der Atmosphäre verbleiben und Schäden anrichten.

In die Ökobilanz geht kein Kohlendioxid aus probiotischen bzw. biologischen Quellen mit ein, da dieser Beitrag erst vor relativ kurzer Zeit aus der Atmosphäre entnommen wurde und bei der Verbrennung oder beim aeroben Abbau nach relativ kurzer Zeit wieder in diese zurückgegeben wird.

Charakterisierung:

Die Gesamtmenge pro funktionelle Einheit ergibt sich durch Aufsummierung der einzelnen CO_2-Äquivalente, die durch Multiplikation der Treibhausgasfracht (m_i pro funktionelle Einheit) aus der Sachbilanz mit dem jeweiligen GWP berechnet werden:

$$GWP = \sum_i (m_i \text{ x } GWP_i) \text{ in kg } CO_2 \text{ Äquivalent}$$

Dabei entspricht GWP_i dem Treibhauspotenzial der einzelnen klimarelevanten Gase und m_i der Fracht der an dem Treibhauseffekt beteiligten Gase pro funktionelle Einheit.

Abiotischer Ressourcenverbrauch

Bei den abiotischen Ressourcen handelt es sich um Ressourcen, die nicht organisch sind; also beispielsweise Wasser, Luft, verschiedene mineralische Rohstoffe und Erze oder auch fossile Brennstoffe. Es wird auch meist unterschieden zwischen der Verknappung von Ressourcen und Verknappung von Elementen. Elemente sind beispielsweise Kupfer, Silizium oder auch Calcium.

Der Wirkungsindikator ist die Verknappung von Rohstoffen. Dies gilt für alle genannten Ressourcen. So kann beispielsweise eine Verknappung von Wasser in bestimmten Gebieten zu einer Austrocknung der Böden führen.
Charakterisierung:

Die Verknappung abiotischer Ressourcen ist die Summe des Verbrauchs bezogen auf die funktionelle Einheit dividiert durch die statistische Reichweite der einzelnen Ressourcen.

Die statistische Reichweite berechnet sich dabei folgendermaßen:

$$\text{statistische Reichweite} = \frac{Weltreserven}{Weltjahresverbrauch} \text{ in Jahren}$$

Hierbei werden die zahlreichen statistischen Werte verwendet, wie beispielsweise von BP [11] oder dem USGS [12]. Allerdings sind die statistischen Werte nur Schätzungen, da nicht zwangsläufig alle Reserven der Rohstoffe bekannt sind.

Um nun die Verknappung abiotischer Ressourcen berechnen zu können, wird folgende Formel verwendet:

$$\text{Verknappung abiotischer Ressourcen}_i = \frac{\sum_i Verbrauch_i}{statistische \ \text{Re}ichweite_i} \ \text{in} \ \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

Dabei beschreibt die statistische Reichweite die Zeit bis zum völligen Abbau der Ressourcen, wie oben beschrieben.

Versauerungspotenzial:

Die Versauerung kann vor allem direkte Wirkungen auf Gewässer, Wälder und Böden haben. Dazu trägt beispielsweise saurer Regen bei, der einen geringen pH-Wert hat und somit Flora und Fauna angreift. Zur Versauerung tragen beispielsweise ungereinigte Abgase aus Industrieanlagen oder Dünger in der Landwirtschaft bei. Diese sind u.a. Schwefeldioxid, Ammoniak, Photooxidantien oder Stickoxide. Als Wirkungsindikator gilt die Freisetzung von Protonen (H^+_{aq}) zur Berechnung von Versauerungsäquivalenten. Sehr schwache Säuren (inkl. organische Säuren) werden hierbei nicht mit berücksichtigt.

Charakterisierung:

Berechnet wird das Versauerungspotenzial anhand folgender Gleichung:

$$\text{Versauerungspotenzial} = \sum_i (m_i \ \text{x} \ AP_i) \ \text{in kg} \ SO_2 \ \text{Äquivalent}$$

Dabei entspricht AP_i dem Versauerungspotenzial der einzelnen Stoffe und m_i der Fracht der an der Versauerung beteiligten Stoffe pro funktionelle Einheit.

Ozonabbaupotenzial:

Die Ozonschicht befindet sich in einer Höhe von 15 bis 50 km und ist damit vor allem Bestandteil der Stratosphäre. Sie hindert kurzwellige Strahlung (290 bis 300 nm) daran, auf die Erdoberfläche zu gelangen. Zur Bildung, aber auch zur Zersetzung trägt energiereiche UV-Strahlung bei.

Durch bestimmte Verbindungen wie beispielsweise Methylchlorid oder einige Halone, kann es zum Ozonabbau bzw. zu einer Abnahme der Ozonkonzentration kommen. Dieser Effekt wird umgangssprachlich auch als „Ozonloch"-Bildung bezeichnet. Dazu tragen vor allem heterogene, katalysierte Reaktionen an stark sauren Aerosolpartikeln bei extrem niedrigen Temperaturen bei.

Somit tritt ein Ozonabbau vor allem in der Antarktisregion der Südhalbkugel auf. Die meisten der ozonschädigenden Verbindungen sind heutzutage jedoch verboten. Dennoch werden sie in der Ökobilanz berücksichtigt, da sie zum Teil eine sehr hohe Lebensdauer besitzen und so für lange Zeiträume negative Wirkungen haben.

Als Wirkungsindikator gilt die Bildung von Chlor- und Bromatomen durch Photolyse flüchtiger persistenter Verbindungen in der Stratosphäre. Der Wirkungsindikator ist sowohl zeitlich, als auch räumlich begrenzt. Durch das Ozonabbaupotenzial können die ozonschädlichen Aktivitäten der Verbindungen quantifiziert werden.

Charakterisierung:

Die Charakterisierung des Ozonabbaupotenzials ist analog zum Treibhauspotenzial:

$$\mathrm{ODP} = \sum_i (m_i \text{ x } \mathrm{ODP_i}) \text{ in kg CFC-11 Äquivalent}$$

Dabei entspricht ODP_i dem Ozonabbaupotenzial der einzelnen Gase und m_i der Fracht der an der Ozonbildung beteiligten Gase pro funktionelle Einheit.

Eutrophierungspotenzial:

Eutrophierung ist eine Überdüngung durch Nährstoffe. Eine Eutrophierung z. B. durch Nitrat oder Phosphat führt zum vermehrten Pflanzenwachstum. Dies hat vor allem in Seen negative Auswirkungen, da durch ein vermehrtes Algenwachstum auch vermehrt Biomasse entsteht. Die Biomasse, die abstirbt, sedimentiert zu Boden. Durch den Abbau der Biomasse, der einen hohen Sauerstoffverbrauch zur Folge hat, entstehen anaerobe Bereiche. Durch anaerobe Bakterien werden anschließend bei der Zersetzung der Biomasse giftige Stoffe, wie Schwefelwasserstoff, Ammoniak oder Methan gebildet. Somit kommt es zum Umkippen der Seen und als Folge zum Sterben der Lebewesen in diesen Gewässern [13].

Der Eintrag in Gewässer kann sowohl über Wasser (Grundwasser), als auch über Luftwege erfolgen. Bei landwirtschaftlichen Gebieten, die stark gedüngt werden, gelangen die Dünger in das Grundwasser und damit in Seen und Flüsse. Es gibt aber auch Luftemissionen, die Auswirkungen auf ein Ökosystem haben können. Hauptsächlich tragen Phosphate und Nitrate zur Eutrophierung bei.

Der Wirkungsindikator ist die Eutrophierung von Gewässern durch Nährstoffe. Dabei ist ein Nährstoffverhältnis von Kohlenstoff:Stickstoff:Phosphat von 100:5:1 [14] optimal. Sollte dieses Verhältnis aufgrund eines übermäßigen Eintrages gestört werden, so ist mit Problemen in den Gewässern zu rechnen. Weiterhin wird – wie bereits beschrieben – die Anreicherung von Emissionen in Luft als Wirkungsindikator berechnet.

Charakterisierung:

Anhand der folgenden Gleichung wird das Eutrophierungspotenzial sowohl für terrestrische als auch aquatische Einträge berechnet:

$$EP = \sum_i (m_i \text{ x } EP_i) \text{ in kg } PO_4^{3-} \text{ Äquivalent pro kg}$$

Dabei entspricht EP_i dem Eutrophierungspotenzial der einzelnen Substanzen und m_i der Fracht der an der Eutrophierung beteiligten Substanzen pro funktionelle Einheit.

Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial:

Als photochemischer Smog wird auch der sogenannte Sommersmog bezeichnet. Dazu kommt es durch ein hohes Verkehrsaufkommen oder auch weitere Luftemissionen und einer stabilen Wetterlage mit intensiver Sonneneinstrahlung zur Bildung von photochemischem Smog. So tragen diese Emissionen zur Bildung von bodennahem Ozon bei, welches die Ursache des Sommersmogs ist. Relevante Emissionen sind beispielsweise verschiedene Alkane, Alkene, Alkine, organische Säuren oder Ketone.

Als Wirkungsindikator gilt die Bildung von Photosmog. Diese Bezieht sich auf die Bildung von Ozon. Als Referenz wird das photochemische Oxidantienbildungspotenzial angenommen. Für Ethen ist der Wert 1 zugeordnet. Alle weiteren Stoffe beziehen sich auf Ethen. Neben der CML-Methode gibt es noch weitere Methoden zur Bewertung des Sommersmogs wie beispielsweise nach Derwent oder Labouze, die allerdings für die EPDs irrelevant sind.

Charakterisierung:

Anhand der folgenden Gleichung wird das photochemische Oxidantienbildungspotenzial berechnet:

$$POCP = \sum_i (m_i \text{ x } POCP_i) \text{ in kg Ethen Äquivalent pro kg}$$

Dabei entspricht $POCP_i$ dem photochemischen Oxidantienbildungspotenzial der einzelnen Substanzen und m_i der Fracht der an der Smogbildung beteiligten Substanzen pro funktionelle Einheit.

Neben den dargestellten Umweltwirkungen wird auch der Primärenergieverbrauch aus erneuerbaren und nicht erneuerbaren Ressourcen angegeben:

Primärenergieverbrauch erneuerbar:

Als Primärenergie wird die Energie bezeichnet, die direkt aus Ressourcen gewonnen wird. Dabei bezieht sich der erneuerbare Energieverbrauch auf reversible Ressourcen wie beispielsweise Wasser, Wind oder Sonne. Angegeben wird der Primärenergieverbrauch erneuerbar in MJ oder kWh und lässt sich direkt aus den erfassten Daten zum Energieverbrauch ableiten. Dabei wird auch der Energieverbrauch der Vorprodukte und Vorprozesse berücksichtig.

Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar:

Als Primärenergie wird die Energie bezeichnet, die direkt aus Ressourcen gewonnen wird. Dabei bezieht sich der nicht erneuerbare Energieverbrauch auf irreversible Ressourcen wie beispielsweise Kohle, Erdöl oder Erdgas. Angegeben wird der Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar in MJ oder kWh und lässt sich direkt aus den erfassten Daten zum Energieverbrauch ableiten. Dabei wird auch der Energieverbrauch der Vorprodukte und Vorprozesse berücksichtig.

7 Erstellung von Referenz-Szenarien auf Grundlage des Lebenszyklus

prEN 15804 unterscheidet folgende Lebenszyklusphasen eines Bauproduktes (siehe auch Abbildung 10):

1. Herstellungsphase
2. Baustadium
3. Nutzungsstadium
4. Nachnutzungsstadium
5. Recyclingpotenzial

Entsprechend prEN 15804 muss die Herstellungsphase (LC-Phasen: A1-A3) bei der Erstellung einer Ökobilanz zwingend betrachtet werden. Die weiteren Phasen Baustadium, Nutzungsstadium, Nachnutzungsstadium sowie das Recyclingpotenzial sind bei der Erstellung von EPDs nicht zwingend zu betrachten, da diese schwer zu definieren sind.

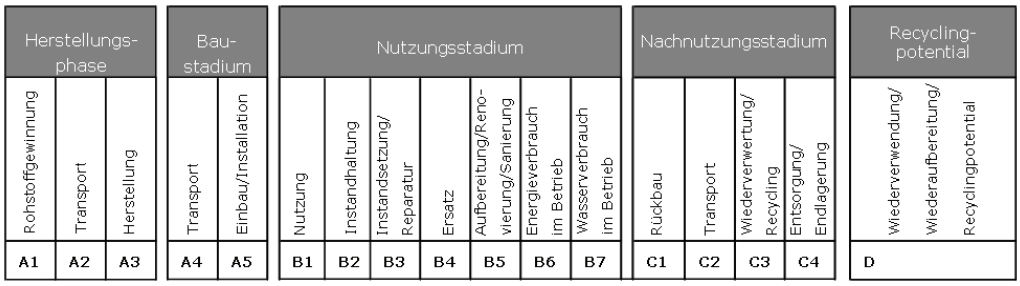


Abbildung 10 Lebenszyklusphasen (LC-Phasen) gemäß prEN 15804 [50]

Die bislang verfügbaren EPDs für Bauprodukte betrachten im Regelfall daher nur die Herstellungsphase A1 bis A3. Bei der Auswahl eines konkreten Produktes für die Verwendung in einem Gebäude kann dies jedoch zu falschen Annahmen führen. Auch wenn sich z. B. zwei Produkte in der Herstellungsphase kaum unterscheiden, so können trotzdem in der Nutzungsphase signifikante Unterschiede im Rahmen der Bilanzierung des Gesamtgebäudes auftreten. Der Auditor hat im Regelfall diese notwendigen, produktspezifischen Informationen nicht vorliegen. Daher ist eine ganzheitliche Bilanzierung schwierig. Zudem besteht die Gefahr, dass unterschiedliche Auditoren unterschiedliche Grundannahmen treffen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes war es daher Ziel, alle Lebenszyklusphasen zu betrachten und in der Ökobilanz zu berücksichtigen.

Bisher gibt es für die Produkte Fenster und Türen keine quantitativen Aussagen im Rahmen der Lebenszyklen Baustadium, Nutzungsstadium, Nachnutzungsstadium und Recyclingpotenzial.

Für eine Darstellung der in der Norm beschriebenen Lebenszyklusphasen wurden im Rahmen des Projektes unterschiedliche Szenarien zusammen mit den am Projekt beteiligten Verbänden erarbeitet. Dabei wurden alle Szenarien durch Branchenumfragen und durch umfangreiche Recherchearbeiten ermittelt. Die beschriebenen Szenarien sind repräsentativ für die Branche und durch valide Quellen belegt.

Die in diesem Projekt definierten Szenarien stellen nicht den Anspruch der Vollständigkeit, sondern sollen vielmehr übliche Szenarien/Möglichkeiten definieren, um dem Auditor, der keine detaillierten Produktkenntnisse besitzt, repräsentative Möglichkeiten für die Bilanzierung der jeweiligen Nutzungsphasen an die Hand geben zu können.

Bei der Prüfung der PCR-Dokumente durch den IBU Sachverständigenausschuss wurden die Szenarien als Anhang der PCR bemängelt. Eine abweichende Form von den Regularien und des *„Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien des IBU e.V. Deklarationen (Typ III)“* des IBU, wurden nicht gewünscht. Aus diesem Grund wurde im Rahmen der Projektgruppe beschlossen, die Szenarien im Forschungsbericht zu beschreiben und in den PCR lediglich hierauf zu verweisen.

Das Recyclingpotenzial wurde als eine eigenständige LC-Phase definiert. Ziel war eine übersichtliche und klare Darstellung der Gutschriften. Grund sind die ständigen Diskussionen über die Zuordnung von Gutschriften aus der thermischen Verwertung. Auch die Norm prEN 15804 beschreibt mittlerweile in der Endfassung das Recyclingpotenzial in Form einer eigenen LC-Phase (LC-Phase D). Somit werden, mit der eigenständigen Darstellung des Recyclingpotenzials im Projekt, auch die Anforderungen der aktuellen europäischen Normung erfüllt.

Im Folgenden werden die einzelnen Lebenszyklusphasen und die jeweils erarbeiteten Szenarien näher erläutert.

Die Berechnung der Umweltwirkungen der einzelnen Szenarien wurden unter Berücksichtigung einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (gemäß der Tabelle *„Nutzungsdauern von Bauteilen“* des Informationsportals Nachhaltiges Bauen – Baustoffe – und Gebäudedaten – „mittlerer Wert“) [27] vorgenommen.

Anmerkung: Die in den folgenden Tabellen **fett** gedruckten Szenarien sind die für die beispielhafte Berechnung der Muster-EPDs verwendeten Szenarien.

7.1 Herstellungsphase

Die LC-Phasen A1 – A3 sind Inhalt der Umweltproduktdeklaration und werden in der EPD durch die Beschreibung der Produktionsabläufe näher behandelt und dargestellt. Eine Annahme von Szenarien ist hier nicht notwendig, da die Produktion für das Produkt spezifisch ist.

7.1.1 Holzfenster

Die Herstellung für 1 m² Holzfenster ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

Grundlage hierfür bildet ein Fenster mit den Außenabmessungen 1,23m x ,48m. Die Zusammensetzung des Fensters basiert auf die vom **ift** Rosenheim und vom VFF erhobenen Daten bei repräsentativen Herstellerfirmen.

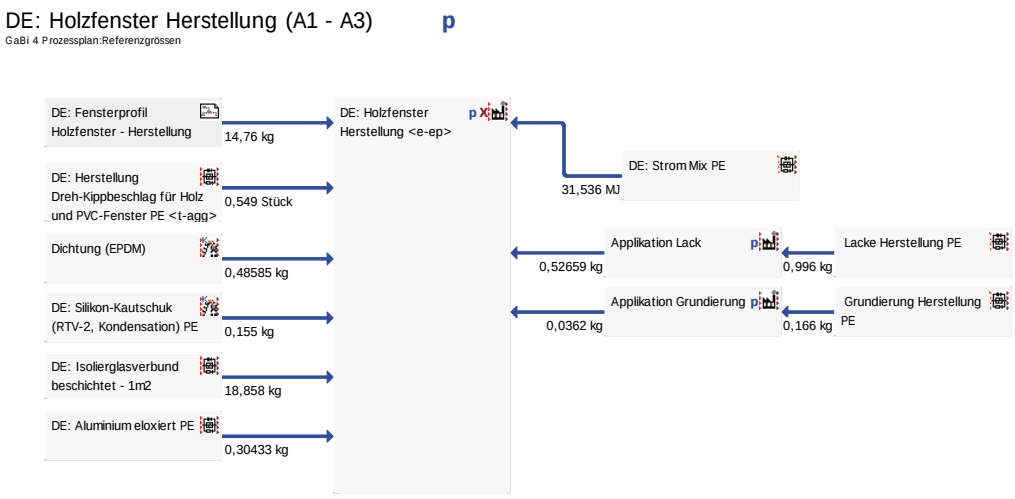


Abbildung 11 Holzfensterherstellung [72]

Tabelle 7-1 Datensätze – Holzfensterherstellung [72]

Material-zusammensetzung	[Einheit / m² Fenster]	Datensatz	Quelle
Holzprofil	14,76 kg		Siehe Kapitel 12.2.2
Aluminium Bauteil	0,30 kg	Aluminiumprofil pulverbeschichtet	[46]
Isolierglasverbund	18,86 kg	DE: Isolierglasver-bund	[45]
Fensterbeschlag	0,55 Stück / 1 kg	DE: Herstellung Dreh-Kippbeschlag	[35]
EPDM-Dichtungen	0,49 kg	DE: Ethylen Propylen Dien Elastomer (EPDM) PE	[34]
Silikon-Dichtung	0,155 kg	DE: Silikon-Kautschuk (RTV-2, Kondensation) PE	[34]
Lack	0,526 kg		
Grundierung	0,036 kg		
Strom	31,5 MJ	DE: Strom-Mix ELCD/PE-GaBi	[34] Bedarf nach [26]
Gesamtgewicht	36,1 kg/m²		

Anzumerken ist, dass die verschiedenen Fenstertypen einen unterschiedlichen Glasanteil aufweisen. Die Ursache hierfür liegt in der jeweils unterschiedlichen Profilausbildung des Rahmens.

7.1.2 Kunststofffenster

A 1 – A 3 Fensterherstellung

Die Herstellung für 1 m² Kunststofffenster ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

Grundlage hierfür bildet ein Fenster mit den Außenabmessungen 1,23m x 1,48m und 70mm Einbautiefe Die Zusammensetzung des Fensters basiert auf Angaben der European PVC Window Profile and related building products Association (EPPA).

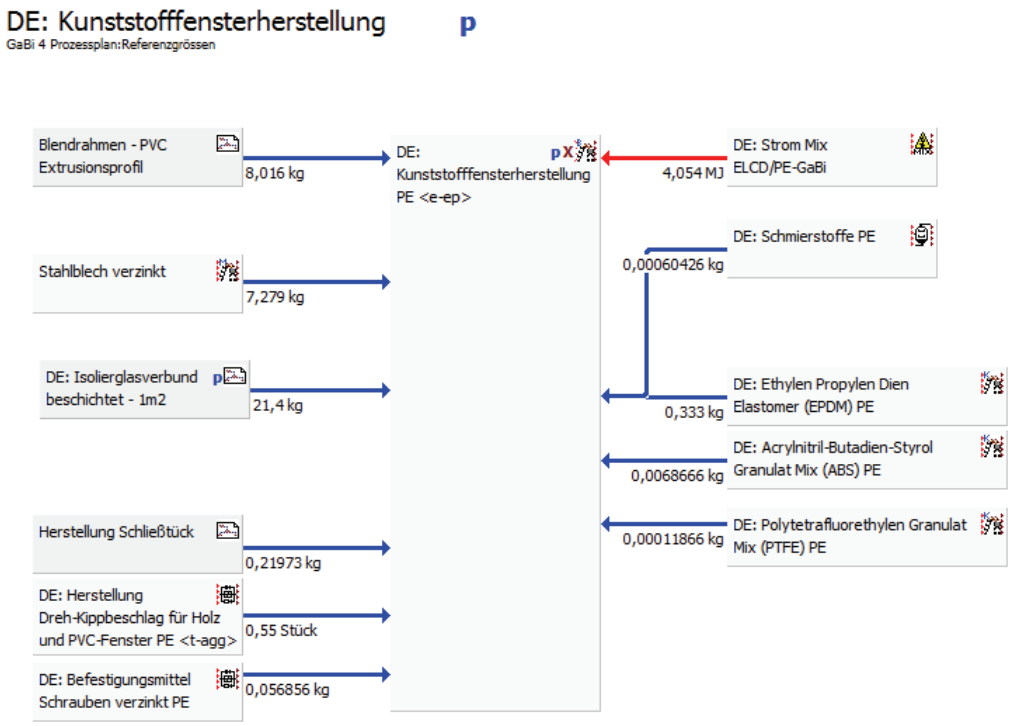


Abbildung 12 Kunststofffensterherstellung [72]

Tabelle 7-2 Datensätze – Kunststofffensterherstellung [72]

Material-zusammensetzung	[Einheit m² Fenster]	Datensatz	Quelle
Blendrahmen PVC-Extrusionsprofil	8,02 kg	EU-15: PVC Extrusionsprofil ELCD/ PlasticsEurope	Siehe Kapitel 12.2.2
Stahlblech verzinkt	7,28 kg	DE: Stahlblech verzinkt	[34]
Isolierglasverbund	21,4 kg	DE: Isolierglasverbund	[45]
Fensterbeschlag	0,55 Stück / 1 kg	DE: Herstellung Dreh-Kippbeschlag	[35]
Dichtungen	0,34 kg	DE: Ethylen Propylen Dien Elastomer (EPDM) PE DE: ABS Granulat Mix PE	[34]
Schrauben	0,057 kg	DE: Befestigungsmittel Schrauben verzinkt	[34]
Schließstück	0,22 kg	DE: Stahl Kaltband, gestanzt	[34]
Schmierstoffe	0,6 g	DE: Schmierstoffe PE	[34]
Strom	4,05 MJ	DE: Strom-Mix ELCD/PE-GaBi	[34] Bedarf nach [26]
Gesamtgewicht	38,3 kg/m²		

7.1.3 Aluminiumfenster

A 1 – A 3 Fensterherstellung

Die Herstellung für 1 m² Aluminiumfenster ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

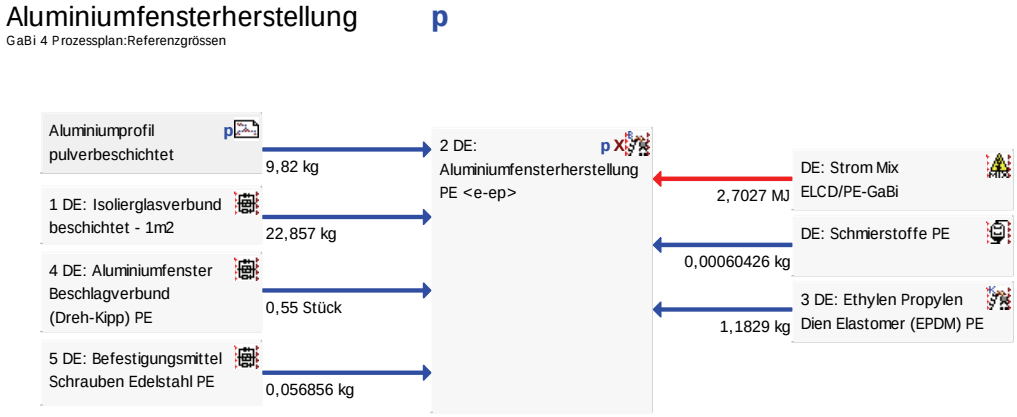


Abbildung 13 Aluminiumfensterherstellung [72]

Tabelle 7-3 Datensätze – Aluminiumfensterherstellung [72]

Material-zusammensetzung	[Einheit / m² Fenster]	Datensatz	Quelle
Aluminiumprofil pulverbeschichtet (Schichtdicke 80µm)	8,6 kg	Aluminiumprofil pulverbeschichtet	[46]
Isolierstege	1,2 kg	DE: Polyamid 6.6 GF Spritzguss Bauteil PE	[34]
Isolierglasverbund	22,9 kg	DE: Isolierglasverbund	[45]
Fensterbeschlag	0,55 Stück / 1,4 kg	DE: Herstellung Dreh-Kippbeschlag	[35]
Dichtungen	1,18 kg	DE: Ethylen Propylen Dien Elastomer (EPDM) PE	[34]
Schmierstoffe	0,6 g	DE: Schmierstoffe PE	[34]
Strom	0,75 kWh	DE: Strom Mix ELCD/PE-GaBi	[34] Bedarf nach [26]
Gesamtgewicht	35,3 kg/m²		

Dabei lässt sich das Aluminiumprofil folgendermaßen spezifizieren:

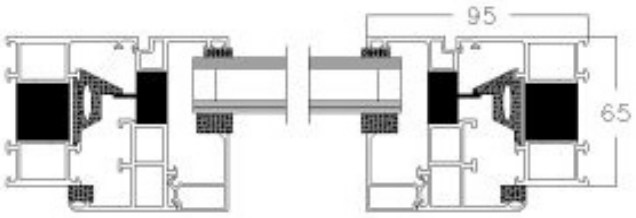


Abbildung 14 Querschnitt Aluminiumprofil [72]

Es handelt sich um ein typisches Profil mit 95 mm Ansichtsbreite für ein Fenster mit folgenden Spezifikationen:

Fensterabmessungen				
	[mm] Fensterbreite			1230
	[mm] Fensterhöhe			1480
Abstände				
	[mm] Abstand vom Außenmaß Anschlagdichtung			29,5
	[mm] Abstand vom Außenmaß Äußere Glasdichtung			93,3
	[mm] Abstand vom Außenmaß Flügelrahmen			26,9
	[mm] Abstand vom Außenmaß Glashalteleiste			74,3
	[mm] Abstand vom Außenmaß Innere Glasdichtung			93,3
	[mm] Abstand Isolierglasverband vom Außenmaß			85,0
	[mm] Abstand vom Außenmaß Mittlere Glasdichtung			29,8
Laufmassen				
	[kg/m] Masse des laufenden Meters Anschlagdichtung			0,040
	[kg/m] Masse des laufenden Meters Äußere Glasdichtung			0,085
	[kg/m] Masse des laufenden Meters Blendrahmen			1,450
	[kg/m] Masse des laufenden Meters Flügelrahmen			1,500
	[kg/m] Masse des laufenden Meters Glashalteleiste			0,400
	[kg/m] Masse des laufenden Meters Innere Glasdichtung			0,090
	[kg/m] Masse des laufenden Meters Mittlere Glasdichtung			0,200
Isolierstege				
	[-] Anteil Isoliertsteg an Blendrahmen			0,140
	[-] Anteil Isoliertsteg an Flügelrahmen			0,135
Massen				
	[kg/Fenster] Isolierglasverbund			41,66
	[kg/Fenster] Blendrahmen Alu			6,76
	[kg/Fenster] Blendrahmen Isoliersteg			1,10
	[kg/Fenster] Flügelrahmen Alu			6,89
	[kg/Fenster] Flügelrahmen Isoliersteg			1,07
	[kg/Fenster] Glasleiste			2,0492
	[kg/Fenster] Anschlagdichtung			0,21208
	[kg/Fenster] Äußere Glasdichtung			0,428995
	[kg/Fenster] Innere Glasdichtung			0,45423
	[kg/Fenster] Mittlere Glasdichtung			1,0602
	Masse Fenster			61,69
	Masse IGV pro m2 Fenster			22,88
	Masse Alu pro m2 Fenster			8,63
	Masse PA6 pro m2 Fenster			1,19
	Masse EPDM pro m2 Fenster			1,18

Abbildung 15 Spezifizierung Aluminiumfensterprofil [72]

7.2 Baustadium

Zum Baustadium (Bauphase LC-Phasen A4 und A5), d. h. zum Transport und zur Installation der Produkte, wurden Szenarien entwickelt. Der Transport umfasst verschiedene Möglichkeiten (Direktvermarktung, lokale Hersteller, Großprojekte) und deren typische durchschnittliche Transportentfernungen. Zur Installation werden Möglichkeiten der Montage (mit und ohne Hilfsmittel) aufgezeigt.

LC-Phase A4 beschreibt den Transport des Bauproduktes vom Werkstor zur Baustelle.

Tabelle 1-4 LC-Szenario A4 – Transport zur Baustelle

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A4.1	Kleinserien Direktvermarktung	7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.2	Kleinserien über lokale Hersteller	7,5 t LKW, voll ausgelastet 50 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.3	**Kleinserien über Händler**	**40 t LKW, voll ausgelastet 150 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück**
A4.4	Großprojekt	40 t LKW, voll ausgelastet (Deutschlandweit) ca. 150 km

Die angenommenen Szenarien bilden die derzeit üblichen Transporte von Fenstern und Türen in Deutschland ab. Die Daten wurden auf Basis von Verbandsinformationen und Schätzungen (Auslastungsgrad) definiert.

LC-Phase A5 beschreibt gängige Szenarien der Elementmontage inkl. der hierfür benötigten Hilfsmittel.

Tabelle 1-5 LC-Szenario A5 – Einbau/Installation

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A5.1	**händisch**	**Annahme Strombedarf 0 kWh / m² Fensterfläche für manuellen Einbau**
A5.2	kleiner Hebewagen	Annahme Strombedarf 1 kWh / m² Fensterfläche für Hebebühne
A5.3	Kran	Annahme Strombedarf 1,5 kWh / m² Fensterfläche für Kran

Der Einbau bzw. die Installation der Fenster sind Bestandteil der Baustellenabwicklung und werden deshalb auf der Gebäudeebene erfasst.

7.2.1 Holzfenster

A 4 – Transport vom Werk zur Baustelle

Anzumerken ist, dass innerhalb dieses Moduls Unterschiede bei den verschiedenen Fenstertypen infolge des unterschiedlichen Flächengewichts auftreten, wenn das gleiche Szenario gewählt wird. Der Dieselbedarf steigt mit zunehmendem Gewicht des Transportguts. (siehe [34])

Tabelle 1-6 LC-Szenario A4 Holzfenster – Transport zur Baustelle

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A4.3	Kleinserien über Händler	40 t LKW, voll ausgelastet 150 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück

1 m² Fenster		A4.1	A4.2	A4.3	A4.4
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	12	15	16	4
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	0	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	0	0
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	2,9E-08	3,6E-08	3,8E-08	9,0E-09
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,9	1,1	1,1	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,5E-09	1,9E-09	2,0E-09	4,7E-10
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0038	0,0047	0,0056	0,0018
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0009	0,0011	0,0013	0,0004
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0004	0,0005	0,0006	0,0002

Abbildung 16 Umweltwirkungen Szenario A4 Holzfenster [72]

A5 Einbau /Installation in das Gebäude (inkl. Hilfsmittel)

Es wird der Strom-Mix für Deutschland mit dem Bezugsjahr 2008 verwendet.

Tabelle 1-7 Szenario A5 Holzfenster – Einbau/Installation

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A5.1	händisch	Das Fenster wird ohne zusätzliche Hebe- und Hilfsmaßnahmen installiert!

Einbau/Installation der Fenster als Bestandteil der Baustellenabwicklung wird auf Gebäudeebene erfasst.

7.2.2 Kunststofffenster

Szenario A4 und A5 sind bei Kunststofffenstern identisch, wie bei Holzfenstern und werden deshalb nicht erneut aufgeführt.

7.2.3 Aluminiumfenster

Szenario A4 und A5 sind bei Aluminiumfenster identisch, wie bei Holzfenstern und werden deshalb nicht erneut aufgeführt.

7.3 Nutzungsstadium

Im Rahmen des Nutzungsstadiums wurden Szenarien bezüglich Reinigungsaufwand, Instandhaltung, Ersatz und Aufbereitung entwickelt. Zu jedem der angegebenen LC-Phasen sind mehrere Möglichkeiten aufgelistet und nach Häufigkeit unterteilt.

LC-Phasen B1 beschreibt Szenarien der Nutzung der Produkte. Im Falle der Fenster und Türen können hierbei mehrere verschiedene Arten von Szenarien bezüglich der Umweltwirkung betrachtet werden.

LC-Phasen B1.1 beschreibt die bauphysikalischen Eigenschaften der eingebauten Fenster, die sich entsprechend auf den Heizwärmebedarf auswirken bzw. diesen beeinflussen.

Tabelle 1-8 LC-Szenario B1.1 – Heizwärmebedarf

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.1.1	Standard	U_W = 1,3; g = 0,6; τ_V = 0,8 über den Zeitraum von 50 Jahren
B1.1.2	**verbesserte Wärmedämmung**	**U_W = 1,0; g = 0,5; τ_V = 0,7 über den Zeitraum von 50 Jahren**
B1.1.3	hochwärmedämmend	U_W = 0,8; g = 0,5; τ_V = 0,7 über den Zeitraum von 50 Jahren
B1.1.4	Sonnenschutzverglasung*	U_W=1,3; g=0,3; τ_V=0,6 über den Zeitraum von 50 Jahre

Grundlage für die Definition dieser Szenarien waren u.a die EnEV 2010, die eindeutige Anforderungen bezüglich des Wärmeschutzes von Gebäuden und der sich daraus ergebenden Anforderungen an die Fenster und Türen beschreibt. Dabei ist zu beachten, dass Sonnenschutzverglasungen in der Regel zur Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes als auch zur Reduzierung bzw. der Vermeidung von Energieaufwendungen zur Klimatisierung eingesetzt werden. Im Rahmen der Betrachtung des reinen Heizwärmebedarfs können diese Effekte nicht berücksichtigt werden.

LC-Phase B1.2 definiert Szenarien bezüglich des Reinigungsaufwands. Die Häufigkeit kann u.a. durch technische Eigenschaften wie z. B. selbstreinigende Gläser oder aber auch durch den Einbauort beeinflusst werden. Häufig haben jedoch die Hersteller der Fenster und Türen keine Informationen über den tatsächlichen Einbauort der Elemente und der dort vorherrschenden Bedingungen, so dass hierfür vier Szenarien entwickelt wurden.

Tabelle 1-9 LC-Szenario B1.2 – Reinigungsaufwand

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.2.1	selten manuell	unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, jährlich
B1.2.2	selten mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage etc. – jährlich
B1.2.3	**häufig manuell**	**unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich**
B1.2.4	häufig mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage etc. – ¼-jährlich

LC-Phase B2 beschreibt die Szenarien bezüglich der Instandhaltung. Üblicherweise definieren Hersteller von Fenstern und Türen dieses Szenario bereits in ihren Produktunterlagen bzw. Begleitdokumenten, indem sie Mindestangaben bezüglich der regelmäßigen Reinigung sowie des Schmierens und Fettens der Beschläge machen. Zusätzlich kann aber das Szenario auch noch durch den Einbauort und die Gebäudenutzung beeinflusst werden, so dass stets eine optimale Abstimmung zwischen Architekt/Planer und Bauproduktenhersteller zu einer optimalen Definition des jeweils zutreffenden Szenarios führt.

Tabelle 1-10 LC-Szenario B2 – Instandhaltung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B2.1	**geringe Beanspruchung (z. B. Wohnungsbau)**	**2-jähriges Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen**
B2.2	normale Beanspruchung (z. B. Büro- bzw. öffentliche Gebäude)	jährliches Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen
B2.3	hohe Beanspruchung (z. B. Schulen und Hotels)	½-jährlich Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen

LC-Phase B3 beschreibt die Instandsetzung/Reparatur. Hierbei wurde definiert, dass bei einer normalen Beanspruchung und einem bestimmungsgemäßen Gebrauch der Fenster und Türen ein einmaliger Austausch von Beschlägen, Dichtungen und der Gläser inkl. der Glasdichtungen bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren durchgeführt werden muss. Bei der Definition der Nutzungsdauer für Fenster und Türen orientierte man sich an den Tabellen für Bauteilnutzungsdauern des BBSR [27] auf welche im *„Leitfaden nachhaltiges Bauen“* [4] des Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung verwiesen werden.

Tabelle 1-11 LC-Szenario B3 – Instandsetzung/Reparatur

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B3.1	normale Beanspruchung	einmalig: Beschläge, Dichtungen, Glas inkl. Glasdichtung ggf. Instandsetzen/Reparieren

LC-Phase B4 beschreibt den Ersatz von Produkten. Bei den Tabellen für Bauteilnutzungsdauern des BBSR [27] definierten Nutzungsdauer von 50 Jahren von Fenstern und Türen ist ein Fensterersatz nicht vorgesehen. Allerdings können Bauteile wie z. B. Beschläge des Fensters ersetzt werden, was jedoch in der zuvor beschriebenen LC-Phase B3 berücksichtigt wurde.

LC-Phase B5 definiert Szenarien für die Aufarbeitung/Renovierung/Sanierung von Fenstern und Türen. Diese LC-Phase ist im besonderen Maße für Holzfenster und Türen relevant, da diese in regelmäßigen Abständen einer entsprechenden Aufarbeitung unterzogen werden müssen, um eine Dauerhaftigkeit gewährleisten zu können. Für die Definition der Szenarien für Holzfenster und

Türen wurde auf die VFF Richtlinie HO.01 *„Klassifizierung von Beschichtungen für Holzfenster und –Haustüren“* [20] zurückgegriffen.

Tabelle 1-12 LC-Szenario B5 – Aufarbeitung/Renovierung/Sanierung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B5.1	Keine Aufarbeitung	Metall- und Kunststoffrahmen
B5.2	**Deckende Beschichtung Nadelholz (Holzfenster)**	**Harzarm, normale direkte Bewitterung, alle 6 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite**
B5.3	Deckende Beschichtung Laubholz (Holzfenster)	Normale direkte Bewitterung, alle 8 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite
B5.4	Lasierende Beschichtung Nadelholz (Holzfenster)	Harzarm, normale direkte Bewitterung, alle 3 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite
B5.5	Lasierende Beschichtung Laubholz (Holzfenster)	normale direkte Bewitterung, alle 4 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite

LC-Phase B6 definiert Szenarien bezüglich des Energieverbrauchs im Betrieb. Hierbei ist der Energieverbrauch aufgrund von Stromverbrauchern gemeint, die notwendig sind, um die Fenster und Türen zu öffnen bzw. zu schließen. Der Energieverbrauch aufgrund von Wärmeverlusten über z. B. ein Fenster ist hierbei ausgeschlossen, da dieser bereits in LC-Szenario B1.1 definiert ist und u.a. auf Gebäudeebene bei der Bewertung des EnEV-Standards berücksichtigt wird. Folglich gibt es zwei wesentliche Unterscheidungen zwischen den Produkten mit kraftbetätigten Antrieben und Produkten, die handbetätigt sind.

Tabelle 1-13 LC-Szenario B6 – Energieverbrauch im Betrieb

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B6.1	**Handbetätigt**	**Kein Energieverbrauch im Betrieb**
B6.2	Kraftbetätigt	Leistung pro Antrieb: 36 W = pro einmal Öffnen und Schließen 12 Wh; Bei angenommenen 2 mal Öffnen/Schließen pro Tag ergibt das bei den angesetzten 50 Jahren einen Energieverbrauch von 438 kWh

Bei kraftbetätigten Fenstern und Türen wurde der durchschnittliche Energieverbrauch für einen Antrieb für das einmalige Öffnen und Schließen angege-

ben. Ein Gesamtenergieverbrauch kann mit dieser durchschnittlichen Angabe in Abhängigkeit der Nutzung im Gebäude und der angesetzten Gesamtzyklenzahl durch den Gebäudeauditor berechnet werden.

LC-Phase B7 beschreibt den Wasserverbrauch im Betrieb. Da für den Betrieb und die Nutzung von Fenstern und Türen keinerlei Wasser benötigt wird, ist dieses Szenario als nicht relevant eingestuft worden. Eine Bewertung des Wasserverbrauchs für die Reinigung von Fenstern ist in der LC-Phase B3 berücksichtigt.

7.3.1 Holzfenster

B 1.1 Heizwärmebedarf

Tabelle 1-14 LC-Szenario B1.1 Holzfenster – Heizwärmebedarf

Nr.	Nutzungsszenario	Energieverbrauch pro m² Fensterfläche
B1.1.1	Standard	59,1 kWh/m² für 2-fach Verglasung
B1.1.2	**verbesserte Wärmedämmung**	**47,7 kWh/m² Fenster für 3-fach Verglasung**
B1.1.3	hochwärmedämmend	34,5 kWh/m² Fenster für 3-fach Verglasung
B1.1.4	Sonnenschutzverglasung	84,2 kWh/m² Fenster für spezielle Sonnenschutzverglasung

Berechnung des Heizwärmebedarfes nach vereinfachtem Verfahren nach DIN V 4108:

Zur Deckung des Heizwärmebedarfs wird der Datensatz DE: Thermische Energie aus Erdgas verwendet, fixiert auf die angegebenen Energieverbrauchswerte.

***** Sonnenschutzverglasungen werden in der Regel sowohl zur Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes als auch zur Reduzierung bzw. der Vermeidung von Energieaufwendungen zur Klimatisierung eingesetzt. Im Rahmen der Betrachtung des reinen Heizwärmebedarfs können diese Effekte nicht berücksichtigt werden.

1 m² Fenster		B1.1	B1.2	B1.3	B1.4
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	11238	9061	6552	16000
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	5	4	3	8
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	18	15	11	26
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	60	48	35	85
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0120	0,0097	0,0070	0,0171
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	4,7E-05	3,8E-05	2,7E-05	6,6E-05
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	669,7	540,0	390,4	953,5
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,0E-06	8,3E-07	6,0E-07	1,5E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,5218	0,4207	0,3042	0,7429
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0774	0,0624	0,0451	0,1102
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0626	0,0505	0,0365	0,0892

Abbildung 17 Umweltwirkungen Szenario B1 Holzfenster [72]

B 1.2 Reinigungsaufwand

Tabelle 1-15 LC-Szenario B1.2 Holzfenster – Reinigungsaufwand [72]

Nr.	Nutzungsszenario	Modellinformation
B1.2.1	selten manuell	Kein Energieverbrauch Reinigungsmittel - GLO: Nichtionisches Tensid (Ethylenoxidderivate) PE Wasser – DE: Trinkbares Wasser aus Grundwasser Verbrauch: 2,5l Reinigungswasser pro m² Fenster, 1 Reinigung pro Jahr
B1.2.2	selten mit Maschinen	Energiebedarf: 2,5 kWh / 50 Jahre Reinigungsmittel - GLO: Nichtionisches Tensid (Ethylenoxidderivate) PE Wasser – DE: Trinkbares Wasser aus Grundwasser Verbrauch: 10l Reinigungswasser pro m² Fenster, 1 Reinigung pro Jahr
B1.2.3	**häufig manuell**	**Kein Energieverbrauch** **Reinigungsmittel - GLO: Nichtionisches Tensid (Ethylenoxidderivate) PE** **Wasser – DE: Trinkbares Wasser aus Grundwasser** **Verbrauch: 2,5l Reinigungswasser pro m² Fenster, 4 Reinigungen pro Jahr**
B1.2.4	häufig mit Maschinen	Energiebedarf: 2,5 kWh / 50 Jahre Reinigungsmittel - GLO: Nichtionisches Tensid (Ethylenoxidderivate) PE Wasser – DE: Trinkbares Wasser aus Grundwasser Verbrauch: 10l Reinigungswasser pro m² Fenster, 4 Reinigungen pro Jahr

Die Reinigung ist bei den betrachteten Fenstern gleich, da sich diese auf 1m² Fenster bezieht und nicht auf 1m² Glasfläche.

1 m² Fenster		B2.1.1	B2.1.2	B2.1.3	B2.1.4
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	6	31	22	49
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	0	4	2	5
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	133	520	532	2070
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	9	1	10
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0004	0,0005	0,0017	0,0017
Sonderabfälle	[kg]	0,0009	0,0041	0,0037	0,0068
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	7,2E-08	1,3E-07	2,9E-07	3,5E-07
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,2	1,7	0,6	2,2
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,4E-08	2,6E-07	5,8E-08	3,1E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0007	0,0029	0,0026	0,0050
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0003	0,0005	0,0011	0,0013
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0002	0,0004	0,0010	0,0012

Abbildung 18 Umweltwirkungen Szenario B1.2 Holzfenster [72]

B2 Instandhaltung

Schmierölbedarf zum Schmieren der Beschläge und Reinigungsbedarf zum Reinigen der Beschläge

Tabelle 1-16 LC-Szenario B2 Holzfenster – Instandhaltung [72]

Nr.	Nutzungsszenario	Instandhaltungsbedarf während der Nutzung von 50 Jahren
B2.1	**geringe Beanspruchung (z. B. Wohnungsbau)**	**0,0075 kg GLO: Nichtionisches Tensid (Ethylenoxidderivate) PE** **0,125 kg DE: Schmierstoffe PE**
B2.2	normale Beanspruchung (z. B. Büro- bzw. öffentliche Gebäude)	0,015 kg GLO: Nichtionisches Tensid (Ethylenoxidderivate) PE 0,25 kg DE: Schmierstoffe PE
B2.3	hohe Beanspruchung (z. B. Schulen und Hotels)	0,03 kg GLO: Nichtionisches Tensid (Ethylenoxidderivate) PE 0,5 kg DE: Schmierstoffe PE

1 m² Fenster		B2.2.1	B2.2.2	B2.2.3
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	4	7	15
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	1
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0001
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0001	0,0002
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,1E-08	2,2E-08	4,3E-08
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,1	0,1	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,9E-09	3,8E-09	7,5E-09
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0004	0,0007	0,0014
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0001
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0002

Abbildung 19 Umweltwirkungen Szenario B2 Holzfenster [72]

B3 Instandsetzung/Reparatur

Austausch von Komponenten während der Nutzungszeit:

Tabelle 1-17 LC-Szenario B3 Holzfenster – Instandsetzung/Reparatur

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B3.1	normale Beanspruchung (z. B. Büro- bzw. öffentliche Gebäude)	Zusätzlich zur eigentlichen Herstellung: 1 x Lebenszyklus* von: Beschlägen, Dichtungen, Glas inkl. Glasdichtung ggf. Instandsetzen/Reparieren

* End-of-Life der Komponenten, d. h. B_C und B_D ist im C-D Plan ersichtlich

Das Modul B3 der Instandsetzung/Reparatur umfasst den einmaligen Austausch der Beschläge, Dichtungen und des Glases inkl. Glasdichtung.

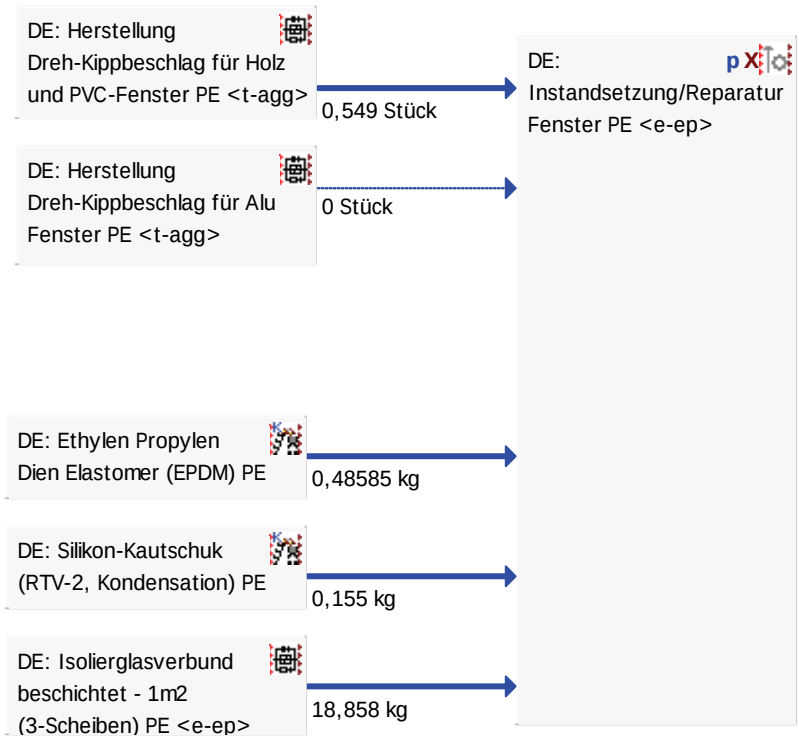


Abbildung 20 Berechnungsgrundlage in GaBi von Szenario B3 Holzfenster [72]

Die Entsorgung der ausgetauschten Komponenten ist dem Modul C-D zugerechnet.

1 m² Fenster		B3.1
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	543
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	24
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0
Wassernutzung	[kg]	93
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	104
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,7979
Sonderabfälle	[kg]	0,0725
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,3E-03
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	39,4
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	2,0E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,1675
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0246
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0124

Abbildung 21 Umweltwirkungen Szenario B3 Holzfenster [72]

B4 Ersatz

Bei der hier angesetzten Nutzungsdauer von 50 Jahren ist kein Fensterersatz vorgesehen.

B5 Aufarbeitung/Renovierung/Sanieren

Für Metall- und Kunststoffrahmen keine Aufarbeitung
Für Holzrahmen erneute Applikation der Lacke nach VFF Merkblatt HO.01 [20] entsprechend der Erneuerungsintervalle.

B5 Aufarbeitung/Renovierung/Sanieren

Tabelle 1-18 LC-Szenario B5 Holzfenster – Aufbereitung/Renovierung/Sanierung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B5.1	Keine Aufarbeitung	Metall- und Kunststoffrahmen
B5.2	**Deckende Beschichtung Nadelholz (Holzfenster)**	**Harzarm, normale direkte Bewitterung, alle 6 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite**
B5.3	Deckende Beschichtung Laubholz (Holzfenster)	Normale direkte Bewitterung, alle 8 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite
B5.4	Lasierende Beschichtung Nadelholz (Holzfenster)	Harzarm, normale direkte Bewitterung, alle 3 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite
B5.5	Lasierende Beschichtung Laubholz (Holzfenster)	normale direkte Bewitterung, alle 4 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite

1 m^2 Fenster		B5.1	B5.2	B5.3	B5.4	B5.5
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	0	272	236	363	303
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	0	5	5	9	7
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	25	22	37	31
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	21	18	20	17
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0	0,0458	0,0398	0,1419	0,1184
Sonderabfälle	[kg]	0	0,0893	0,0775	0,1230	0,1026
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	0	9,3E-05	8,1E-05	1,7E-05	1,4E-05
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0	13,9	12,0	17,6	14,7
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	0	5,2E-07	4,5E-07	5,9E-07	4,9E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0	0,0801	0,0695	0,0379	0,0316
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0	0,0052	0,0045	0,0070	0,0059
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0	0,0417	0,0361	0,0647	0,0540

Abbildung 22 Umweltwirkungen Szenario B5 Holzfenster [72]

B6 Energieverbrauch im Betrieb

Tabelle 1-19 LC-Szenario B6 Holzfenster – Energieverbrauch im Betrieb

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B6.1	**Handbetätigt**	**Kein Energieverbrauch im Betrieb**
B6.2	Kraftbetätigt	pro Antrieb: 0,33 Wh; 1 mal pro Tag auf und zu → 6 kWh/ 50 a

Es wird der Strom-Mix für Deutschland mit dem Bezugsjahr 2008 verwendet.

Fenster mit Kraftbetätigung		B6.1	B6.2
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	0	2
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	3
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0	0,0000
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	0	5,74E-03
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0	0,0
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	0	1,46E-04
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0	1,0775
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0	0,0000
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0	0,0000

Abbildung 23 Umweltwirkungen Szenario B6 Holzfenster [72]

B7 Wasserverbrauch im Betrieb

Kein Wasserverbrauch bei bestimmungsgemäßer Anwendung.

7.3.2 Kunststofffenster

Alle Szenarien der Nutzungsphase sind identisch mit den Szenarien der Holzfenster, bis auf Szenario B3:

Das Modul B3 der Instandsetzung/Reparatur umfasst den einmaligen Austausch der Beschläge, Dichtungen und des Glases inkl. Glasdichtung.

1 m² PVC-Fenster		B3.1
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar	[MJ]	566
Primärenergieeinsatz erneuerbar	[MJ]	21
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0
Wassernutzung	[kg]	102
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	112
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,5033
Sonderabfälle	[kg]	0,0734
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,4E-03
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	42,4
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	2,0E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,1835
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0273
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0132

Abbildung 24 Umweltwirkungen Szenario B3 Kunststofffenster [72]

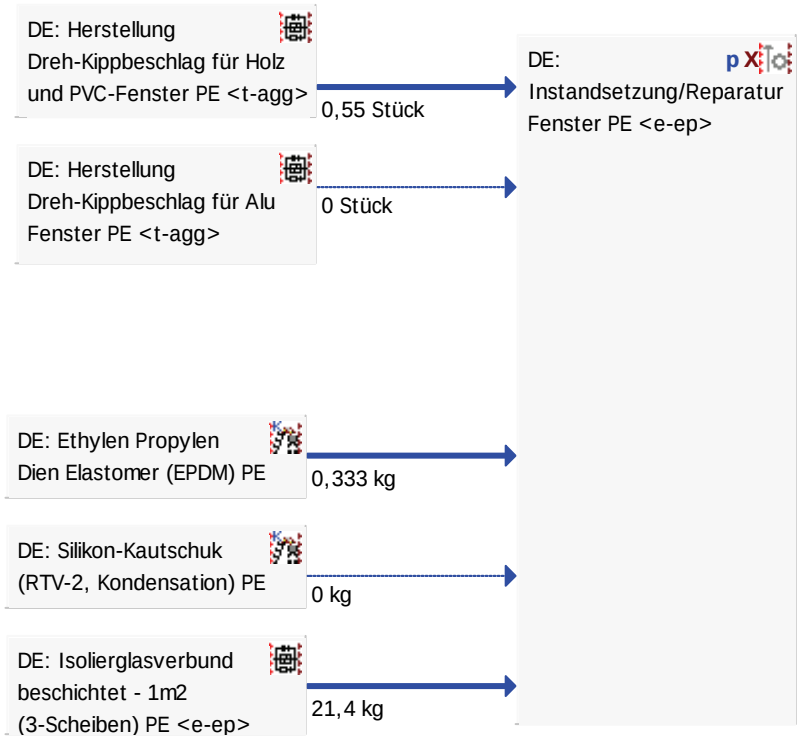


Abbildung 25 Berechnungsgrundlage in GaBi von Szenario B3 Kunststofffenster [72]

Die Entsorgung der ausgetauschten Komponenten ist dem Modul C-D zugerechnet.

7.3.3 Aluminiumfenster

Alle Szenarien der Nutzungsphase sind identisch mit den Szenarien der Holzfenster, bis auf Szenario B3:

Das Modul B3 der Instandsetzung/Reparatur umfasst den einmaligen Austausch der Beschläge, Dichtungen und des Glases inkl. Glasdichtung.

1 m² Aluminium-Fenster		B3.1
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	709
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	31
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0
Wassernutzung	[kg]	119
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	124
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	1,3536
Sonderabfälle	[kg]	0,0765
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	2,5E-03
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	49,4
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	2,7E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,2107
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0298
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0158

Abbildung 26 Umweltwirkungen Szenario B3 Aluminiumfenster [72]

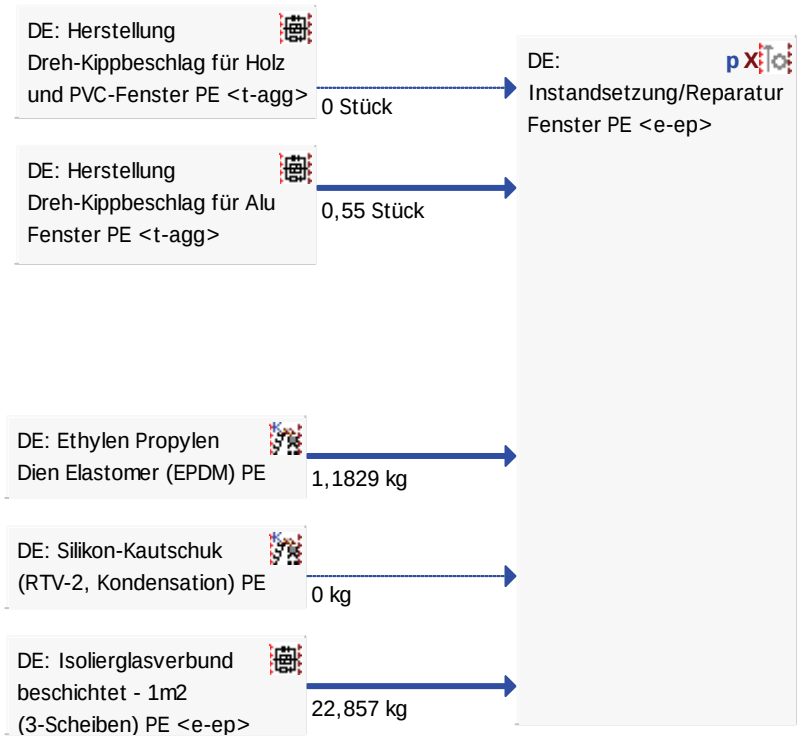


Abbildung 27 Berechnungsgrundlage in GaBi von Szenario B3 Aluminiumfenster [72]

Die Entsorgung der ausgetauschten Komponenten ist dem Modul C-D zugerechnet.

7.4 Nachnutzungsstadium

Bei der Definition der Szenarien wurde der Recyclinganteil von Fenstern angegeben. Je nach Material des Fensters können die Angaben voneinander abweichen. Aufgrund der zentralen Sammelstellen liegt der Recyclinganteil bei Kunststoff- und Metallfenstern meist höher, als bei Holzfenstern. Außerdem werden Holzfenster einer thermischen Verwertung zugeführt und nicht recycelt. Aus diesem Grund werden in der Folge die Abläufe der Nachnutzung materialspezifisch betrachtet um hieraus die jeweiligen definierten Szenarien besser beschreiben zu können.

Altholz

Bei Holzfenstern ist eine thermische Verwertung in Müllverbrennungsanlagen üblich, da Althölzer von Fenstern mit u.a. verschiedensten Lacken bzw. Lasuren beschichtet sind. Die Entfernung der Oberflächenbeschichtung und eine sortenreine Trennung der Materialien sind mit einem hohen technischen und energetischen Aufwand verbunden und werden deshalb in der Praxis nicht realisiert.

Bei Holzfenstern und -türen wird immer von der höchsten zu erwartenden Belastung der Althölzer ausgegangen, da es nicht möglich ist, spezifische Belastungen von Holzfensterfragmenten auf einfache Art und Weise zu bestimmen [18]. Deshalb werden diese nach der Altholzverordnung mit der höchsten Stufe A IV deklariert.

Eine typische Verwertung von Holzfenstern ist in Abbildung 29 dargestellt. Hier wurden die Glasscheiben bereits entfernt und getrennt verwertet. Das Altholz wurde ohne Entfernung der Beschläge und Dichtungen, in eine Altholzverbrennungsanlage nach 17. BImSchV gemäß Altholzverordnung transportiert.

Abbildung 28 Entsorgung von Holzfenstern

Althölzer nach Klasse A IV können außerdem für die Herstellung von Synthesegas oder zur Herstellung von Aktivkohle nach AltholzV Anh. I stofflich verwertet werden. Eine Darstellung der Entsorgungswege für Althölzer gemäß Gesetzgebung ist in folgender Abbildung dargestellt:

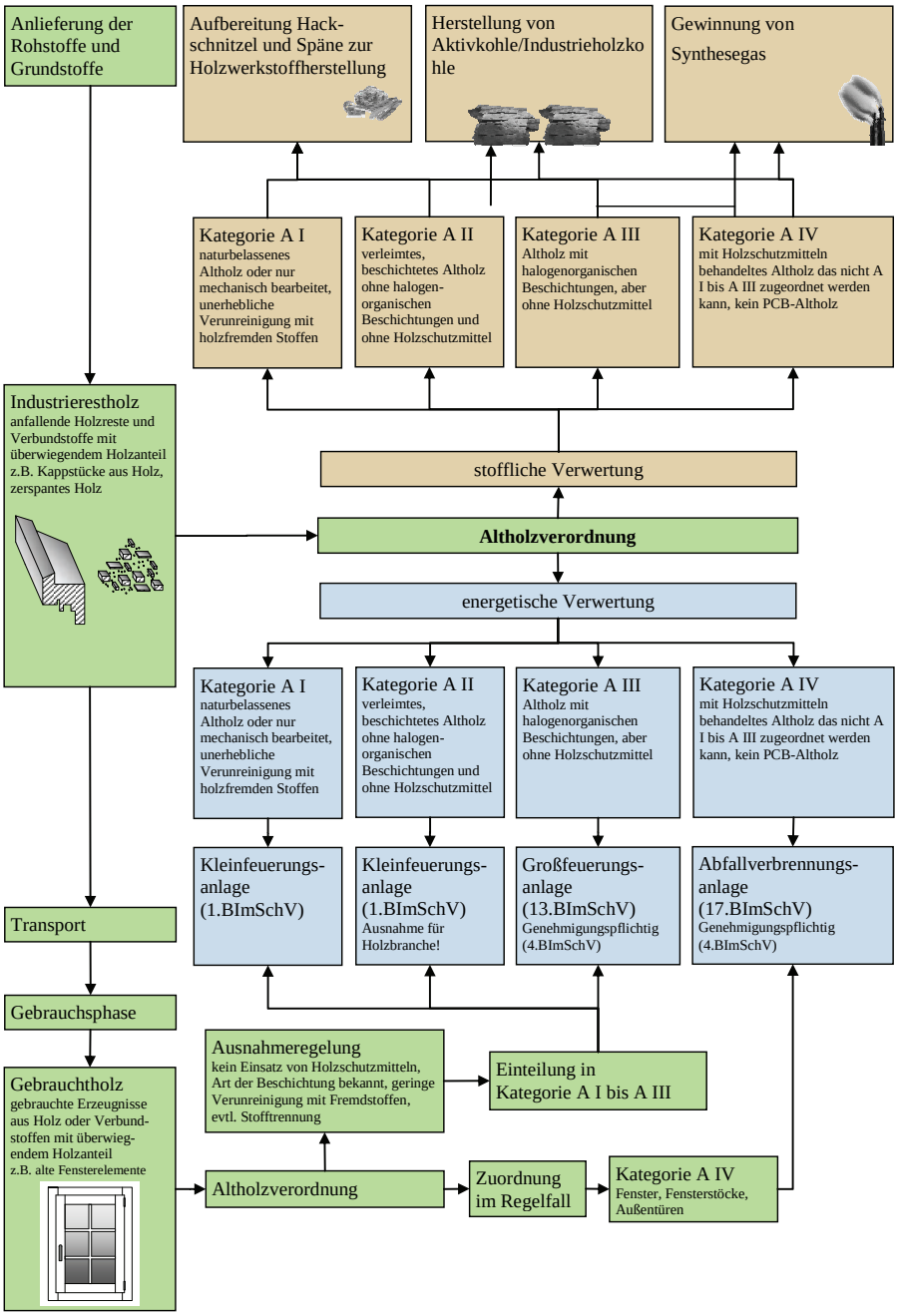


Abbildung 29 Entsorgungs-/Verwertungsschema für Holzfenster gemäß Altholzverordnung

Kunststoff

Kunststofffenster werden in zentralen Sammelstellen gesammelt und rezykliert. Dafür gibt es in Deutschland zwei große Recyclingunternehmen. Die Fensterprofile werden meist ohne Glas (geringeres Gewicht) bei den Sammelstellen angeliefert. Die kompletten Profile werden in verschiedenen Verfahrensschritten erst geschreddert und dann nach Materialzusammensetzung fraktioniert (z. B. durch Magnetabscheider, Windsichter). Die Kunststoffe (PVC, EPDM, TPE) werden als Granulat erneut zur Produktherstellung weiterverwendet. Metalle werden dem Metallschrott hinzugeführt.

Metall

Wie auch bei Kunststofffenstern werden Metallfenster zentralen Sammelstellen zugeführt. Dabei wird der Metallschrott ebenfalls geschreddert und sortenrein getrennt. Als geschreddertes Material wird der Schrott erneut der Schmelze (LD-Konverter) zugeführt. Aluminium und Stahl können beliebig oft wiederverwertet werden.

LC-Phase C1 beschreibt Szenarien des Rückbaus. Die angegebenen Daten wurden u.a. bei Abriss- und Rückbauunternehmen erfragt.

Tabelle 1-20 LC-Szenario C1 – Rückbau

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C1.1	Ausbau	Aluminiumfenster 99 % Rückbau; Holz-, Stahl- und Kunststofffenster 95 % Rückbau; Der Energieverbrauch beim Rückbau kann vernachlässigt werden.

Aufgrund des hohen Wertes von Aluminium wird beim Rückbau ein sehr hoher Sammelanteil von 99% erreicht. Etwas geringer sieht die Rückbauquote bei Stahl- und Kunststofffenstern aus. Derartige Rückbauquoten werden u.a. auch deshalb erzielt, weil eine Materialtrennung bzw. Fraktionierung bei Alu-, Metall- und Kunststofffenstern wesentlich leichter durchzuführen ist, als dies bei Holzfenstern zu realisieren wäre.

Die Rückbauquote von Aluminiumfenstern wurde in einer Studie der TU Delft [67] erfasst. Die Rückbauquote von Kunststofffenster wurde durch Angaben der beteiligten Recyclingunternehmen [68] und durch eine Studie der Ermittlung von

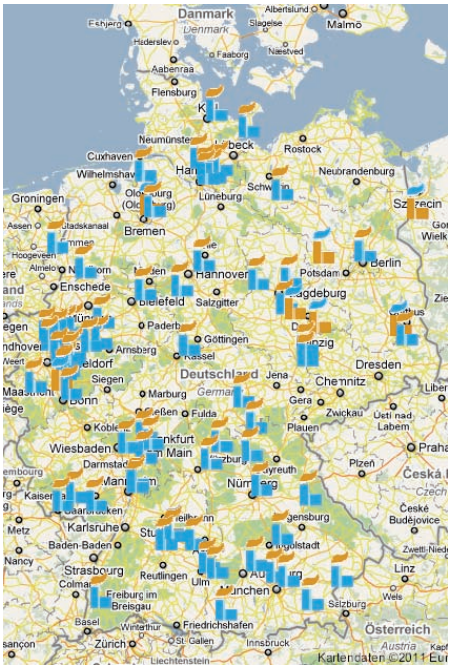
Abfallmengenszenarios [69] belegt. Die Rückbauquote von Stahl- und Holzfenstern beruht auf Annahmen des VFF.

LC-Phase C2 beschreibt die Szenarien des Transportes der Fenster und Türen zu den Sammelstellen bzw. zu den Deponien. Die Daten wurden von entsprechenden Recycling und Entsorgungsunternehmen bereitgestellt und mit den Angaben der Hersteller und Verbände abgeglichen.

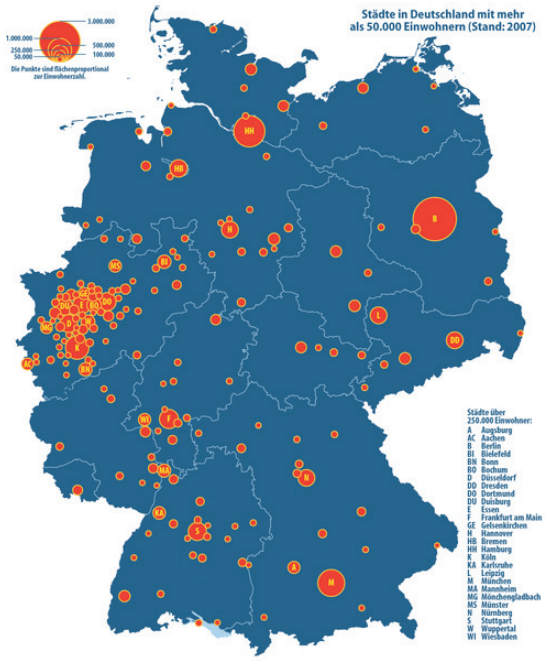
Tabelle 1-21 LC-Szenario C2 – Transport zur Sammelstelle

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C2.1	Holzfenster	Transport zum Verwerter; Holz zu MVA mit 7,5 t LKW, voll ausgelastet 100 km
C2.2	KS Fenster	Transport zu Recyclinganlage mit 40 t LKW, voll ausgelastet (Deutschlandweit) ca. 250 km
C2.3	Metallfenster	Transport zu Sammelstelle mit 7,5 t LKW, voll ausgelastet 50 km, von Sammelstelle zu Recyclinganlage mit 40 t LKW, voll ausgelastet (Deutschlandweit) ca. 150 km

Holzfenster müssen zur Verwertung einer MVA gemäß 17 BImSchV zugeführt werden. Bei der Definition der Transportwege zum Verwerter bei Holzfenstern wurde angenommen, dass jede Stadt mit einer Einwohnerzahl von ca. 50 000 und größer eine entsprechende MVA gemäß 17 BImSchV hat. Dadurch ergibt sich ein durchschnittlicher Entfernungsradius von 100 km für die Anlieferung.



MVAs in Deutschland [71]



Dt. Städte ≥ 50 000 Einwohner [74]

Abbildung 30 Müllverbrennungsanlagen und Städte in Deutschland

Die Transportwege und Transporte der KS-Fenster wurden durch folgendes Szenario ermittelt:

Die entsprechenden Sammelstellen sind von überall in Deutschland in einer durchschnittlichen Entfernung von 50 km zu erreichen [68]. Der Weitertransport zu den Recyclingunternehmen erfolgt durch 40 t LKW. Die angegebene durchschnittliche Entfernung ergibt sich aus der Lage der Recyclingunternehmen. Dabei wäre sowohl nach Nord- als auch nach Süd-Deutschland ca. ein maximaler Weg von 500 km zurückzulegen. Das Mittel wären demnach ca. 250 km.

LC-Phase C3 definiert Szenarien für die Wiederverwertung bzw. das Recycling. Die Daten wurden bei den Verbänden als auch bei den Recyclingunternehmen erhoben. Die Daten für die Wiederverwertung/Recycling von KS-Fenstern wurden von Rewindo zur Verfügung gestellt und geben die jährlichen Recycling-Zahlen des Unternehmens wieder [68].

Die Daten des Recyclingpotenzials von Aluminiumfenstern wurden von PE INTERNATIONAL zur Verfügung gestellt und beruhen im Wesentlichen auf den langjährigen Erfahrungen des Ökobilanzierers.

Tabelle 1-22 LC-Szenario C3 – Wiederverwertung/Recycling

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C3.1	KS-Fenster	Demontage der Verglasung (90 %), Rest in Recyclinganlage, Rückführung PVC-Granulat (Rückgewinnungsquote 77 %), Rückführung Metalle (90 %), Restfraktion in MVA
C3.2	Holzfenster	Demontage Verglasung (90 %), Rückführung Metalle (50 %), Restfraktion in MVA
C3.3	Metall-Fenster	Demontage der Verglasung (90 %), Rückführung Aluminium 97 %, Rückführung restlicher Metalle (90 %)

LC-Phase C4 definiert Szenarien für die Entsorgung/Endlagerung. Da ein Großteil der Fenster und Türen rückgebaut und fast vollständig recycelt werden, fallen auf die Entsorgung/Endlagerung nur geringe Mengen aus C1 und C3 an.

Tabelle 1-23 LC-Szenario C4 – Entsorgung/Endlagerung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C4.1	Kunststofffenster	Die nicht erfassbaren Mengen und Verluste in der Verwertungs-/Recyclingkette (C1 und C3) werden als „deponiert“ modelliert.
C4.2	Holzfenster	Die nicht erfassbaren Mengen und Verluste in der Verwertungs-/Recyclingkette (C1 und C3) werden als „deponiert“ modelliert.
C4.3	Metallfenster	Die nicht erfassbaren Mengen und Verluste in der Verwertungs-/Recyclingkette (C1 und C3) werden als „deponiert“ modelliert.

7.5 Recyclingpotenzial

Gibt die allgemeine Widerverwertbarkeit des Materials in Prozent an. Dies ist bezogen auf die stoffliche, energetische und/oder thermische Verwertung. Dadurch kommt es zu Gutschriften, die zur „negativen/verringerten“ Umweltlasten führen.

LC-Phase D beschreibt die jeweiligen Recyclingpotenziale in Abhängigkeit der Materialien. Die Daten wurden von PE International bereitgestellt und mit Angaben der Verbände und einzelner Recyclingunternehmen abgeglichen.

Tabelle 1-24 LC-Szenario D – Recyclingpotenziale/Gutschriften

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
D1	Kunststofffenster	PVC-Granulat aus C3.1 abzüglich des in A3 eingesetzten Rezyklats ersetzt zu 100 % PVC-Fenstercompound; Stahlschrott aus C3.1 abzüglich des in A3 eingesetzten Schrotts ersetzt zu 100 % Stahl; Glas wird zu etwa 95 % rezykliert Gutschriften aus MVA: Strom ersetzt Strom-Mix Deutschland; thermische Energie ersetzt thermische Energie aus Erdgas.
D2	Holzfenster	Stahl-Schrott aus C3.2 abzüglich des in A3 eingesetzten Schrotts ersetzt zu 100 % Stahl; Glas wird zu etwa 95 % rezykliert Gutschriften aus MVA: Strom ersetzt Strom-Mix Deutschland; thermische Energie ersetzt thermische Energie aus Erdgas.
D3	Metallfenster	Alu-Recyklat aus C3.3 abzüglich des in A3 eingesetzten Rezyklats ersetzt zu 100 % Alu Fenstercompound; Stahl-Schrott aus C3.1 abzüglich des in A3 eingesetzten Schrotts ersetzt zu 100 % Stahl; Glas wird zu etwa 95 % rezykliert Gutschriften aus MVA: Strom ersetzt Strom-Mix Deutschland; thermische Energie ersetzt thermische Energie aus Erdgas.

7.5.1 Holzfenster

Der folgende GaBi-Plan veranschaulicht das Modell für die Module C und D:

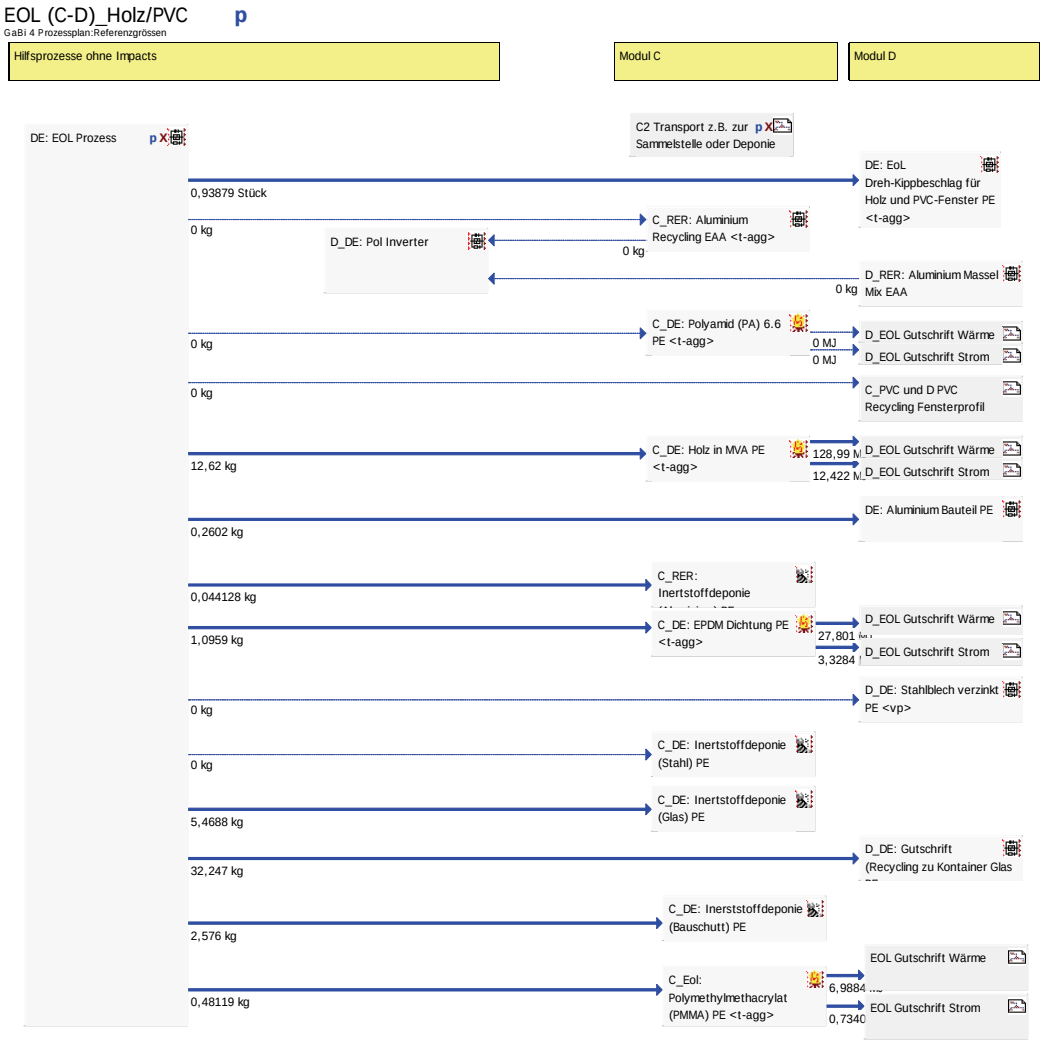


Abbildung 31 Berechnungsgrundlage in GaBi von Szenario D Holzfenster [72]

Tabelle 7-25 Sammelquoten, Rückführungsquoten und Massenflüsse im End-of-Life des Holzfensters

Material-zusammensetzung	Herstellung [Einheit / m² Fenster]	Rückbau-quote	Recycling-ausbeute	End-of-Life
Holzprofil	14,76 kg	95 %	90 %	12,62
Aluminium Bauteil	0,30 kg	95 %	90 %	0,26
Isolierglasverbund	18,86 kg	95 %	90 %	32,25 kg*
Fensterbeschlag	0,55 Stück / 1 kg	95 %	90 %	0,94 Stück*
Dichtungen	0,65 kg	95 %	90 %	1,1 kg*
Lack + Grundierung	0,56 kg	95 %	90 %	0,48 kg
		Deponiegut		8,1 kg
Gesamtgewicht	36,1 kg/m²			

***inklusive Modul B**

Die Verbrennung von Lack und Grundierung wird mit einer Acrylatverbrennung abgeschätzt.

7.5.2 Kunststofffenster

Der folgende GaBi-Plan veranschaulicht das Modell für die Module C und D:

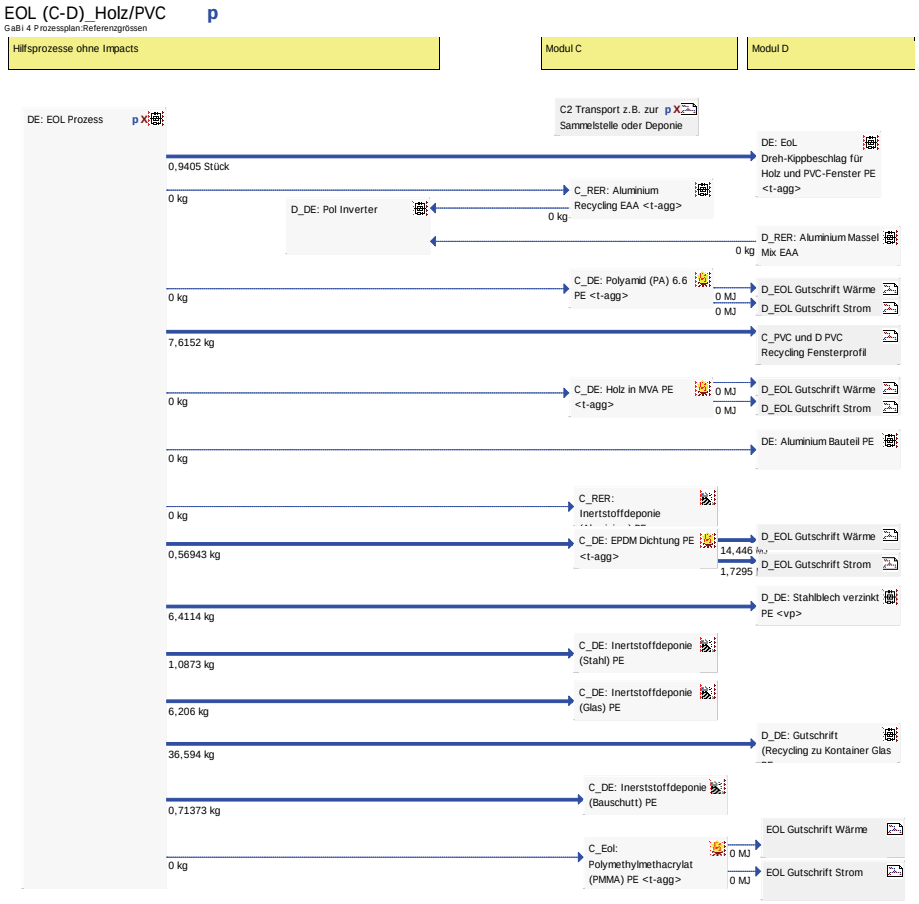


Abbildung 32 Berechnungsgrundlage in GaBi von Szenario D Kunststofffenster [72]

Tabelle 7-26 Sammelquoten, Rückführungsquoten und Massenflüsse im End-of-Life des Kunststofffensters

Material-zusammen-setzung	Herstellung [Einheit / m² Fenster]	Rückbau-quote	Recycling-ausbeute	End-of-Life
Blendrahmen PVC-Extrusionsprofil	8,02 kg	95 %	*(in EoL Pfad inbegriffen)*	7,62 kg
Stahlbauteile	7,5 kg	95 %	90 %	6,4 kg
Isolierglasverbund	21,4 kg	95 %	90 %	36,6 kg*
Fensterbeschlag	0,55 Stück / 1 kg	95 %	90 %	0,94 Stück*
Dichtungen	0,34 kg	95 %	90 %	0,57 kg*
			Deponiegut	8 kg
Gesamtgewicht	38,3 kg/m²			

*inklusive Modul B

7.5.3 Aluminiumfenster

Der folgende GaBi-Plan veranschaulicht das Modell für die Module C und D:

99 % des Aluminiumfensters werden rückgebaut. Der Rest wird auf der Deponie entsorgt. Weiterhin berücksichtigt das Modell folgende Rückführungsraten: Demontage der Verglasung (90 %), Rückführung Aluminium 98 %, Rückführung restlicher Metalle (90 %).

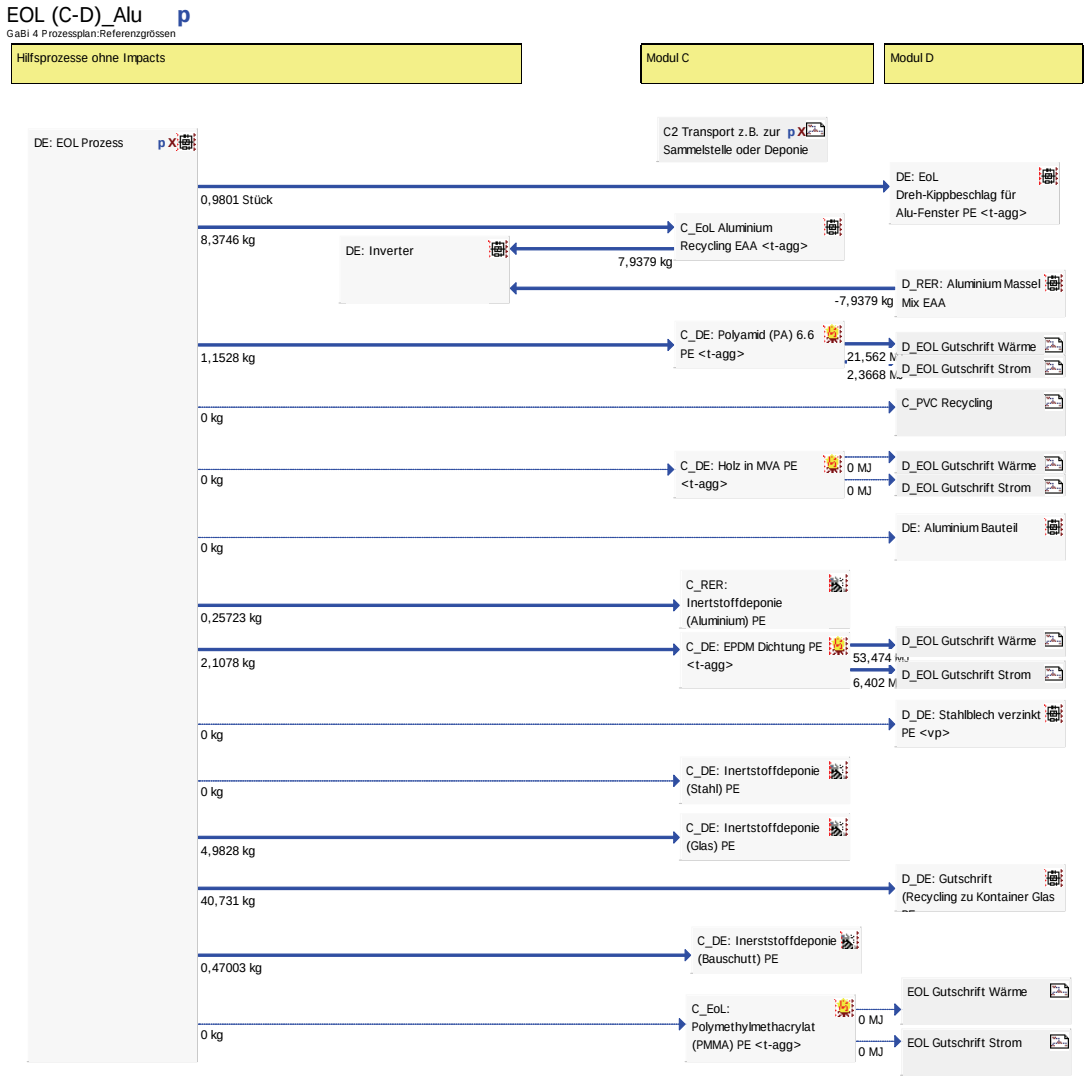


Abbildung 33 Berechnungsgrundlage in GaBi von Szenario D Aluminiumfenster [72]

Tabelle 7-27 Sammelquoten, Rückführungsquoten und Massenflüsse im End-of-Life des Aluminiumfensters

Material-zusammensetzung	Herstellung [Einheit / m² Fenster]	Rückbau-quote	Recycling-ausbeute	End-of-Life
Aluminiumprofil pulverbeschichtet	8,63 kg	99 %	98 %	8,37 kg
Isolierstege	1,19 kg	99 %	98 %	1,15 kg
Isolierglasverbund	22,86 kg	99 %	90 %	40,7 kg*
Fensterbeschlag	0,55 Stück / 1,4 kg	99 %	90 %	0,98 Stück*
Dichtungen	1,18 kg	99 %	90 %	2,1 kg*
			Deponiegut	5,7 kg
Gesamtgewicht	35,3 kg/m²			

***inklusive Modul B**

8 Allgemeine Informationen zur Erstellung von Produktkategorie-Regeln (PCR)

Basis für die Erstellung von Umweltproduktdeklarationen (EPD) sind laut DIN ISO 14025 und prEN 15804 Produktkategorie-Regeln (PCR). Diese beschreiben Regeln für den allgemeinen Aufbau der EPDs. Darüber hinaus wird in den PCR festgelegt, welches Produkt bzw. welche Produkte deklarierte werden. Hier wird nicht spezifiziert. D. h. es werden keine konkreten Produkte mit bestimmten Eigenschaften betrachtet, sondern es wird immer Bezug auf eine Produktgruppe genommen, also beispielsweise Fenster, Türen oder Beschläge. Im Folgenden soll nun zunächst allgemein der Inhalt einer PCR mit den wichtigsten Modulen angelehnt an die DIN ISO 14025, prEN 15804 sowie dem „*Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der Umweltdeklaration (Typ III) für Bauprodukte*“ des Institut Bauen und Umwelt e.V. [28] beschrieben werden.

Der **Geltungsbereich** soll alle, in der PCR deklarierten Produkte beschreiben, also beispielsweise Fenster nach DIN EN 14351-1, Schlösser und Beschläge oder Flachgläser z. B. nach EN 572-9 (siehe dazu Kapitel 12 für Fenster und Kapitel 13 für Glas).

Vom Programmhalter wird der **allgemeine Aufbau** der EPDs in den PCR festgelegt. So ist beispielsweise der Name des Herstellers, die Deklarationsnummer, Bilder und Logos anzugeben und darzustellen. Der Programmhalter definiert außerdem Regeln für die Erstellung einer **Kurzfassung** (EPD), die im Gegensatz zur **Langfassung** der EPDs nur grundlegende Module der PCR enthält (z. B. Allgemeiner Aufbau, Produktbeschreibung, Anwendungsbereich, Darstellung der Ökobilanz) und dadurch nur das Wesentliche in aller Kürze wiedergibt.

Im Modul **Produktdefinition** sind alle deklarierten Produkte wie im Geltungsbereich anzugeben und näher zu beschreiben. Dabei ist auch eine funktionelle Einheit festzulegen. Diese definiert, welche Produkte zu untersuchen sind. Sämtliche Analysen in der Ökobilanz sind auf die funktionelle Einheit zu beziehen (nach EN ISO 14040).

Im Modul **Stofferläuterung** sind Grundstoffe zu definieren, die in den deklarierten Produkten enthalten sind. So wurden in den PCR zu allen enthaltenen Inhaltsstoffen Angaben mit Normenbezug gemacht. Z. B. Stahl DX 51 – Z275 nach EN 10346, Aluminium AlMg0.7Si nach EN 755-2, PVC oder Holz nach EN

14220. Für Flachgläser wurden sämtliche Inhaltsstoffe, wie z. B. Quarzsand, Soda und Dolomit nach EN 572-1 angegeben.

Die **Produktherstellung** beschreibt den Herstellungsprozess (cradle to gate) der deklarierten Produkte. Dazu müssen Stoff-, Energie- und Materialflüsse aller Produkte erfasst werden. Bei mehreren Standorten sind alle Produktionsstandorte zu erfassen. Außerdem ist in der Ökobilanz eine Erfassung der Herstellungsprozesse vorgesehen.

Zur **Nachnutzungsphase** werden verschiedene Module, wie **Wiederverwendung, Weiterverwendung, Wiederverwertung** oder **Weiterverwertung** definiert. Fenster und Türen werden i.d. R. nicht wieder- oder weiterverwendet. Die Wiederverwendung ist der wiederholte Einsatz eines Rückstandes für den ursprünglichen Verwendungszweck (z. B. Mehrwegflaschen) und die Weiterverwendung der Rückstandseinsatz für andere Verwendungszwecke (Altgummi in Bodenplatten). Flachgläser im Bauwesen werden ebenfalls nicht wiederverwendet. Eine Weiterverwendung ist jedoch z. B. als Glaskies oder Glassplitt denkbar.

Durch folgende Module der PCR wird die Ökobilanz beschrieben:

Im Modul **Systemgrenzen** werden die Grenzen für die Ökobilanz definiert. Hier kann der gesamte Lebenszyklus (cradle to grave) in den EPDs betrachtet werden. prEN 15804 legt jedoch nur die Betrachtung der Produktionsphase fest. Für die Systemgrenzen werden sogenannte **Abschneidekriterien** definiert, die bestimmte Stoffströme oder Rohstoffmengen bei der Erfassung der Bilanzdaten ausschließen. prEN 15804 definiert diese Abschneidegrenzen für die Betriebsdatenerhebung größer 1 Prozent. Dabei soll die Summe der vernachlässigten Prozesse 5 % nicht überschreiten.

In der PCR sind zur Ökobilanz **Allokationen** anzugeben. Diese treten auf, sobald im untersuchten Produktsystem Koppelprodukte auftreten. Unter Koppelprodukten sind Produktprozesse zu verstehen, in denen neben den gewünschten Produktoutputs weitere Produkte entstehen, die in anderen Prozessen Anwendung finden können, wie z. B. Holzspäne zur Herstellung von Holzpellets bei der Holzfensterkantelproduktion. In den EPDs sind gemäß Definitionen des Programmhalters (Leitfaden) Allokationen beim Einsatz von Rezyklat und von Sekundärstoffen, Allokationen von Energie, Hilfsstoffen und Betriebsstoffen und Gutschriften aus der thermischen Verwertung (Müllverbrennungsanlage) anzugeben.

In einer Ökobilanz sind sämtliche **Transportwege** anzugeben. Diese sind Transporte über alle Lebenszyklusphasen, also von der Rohstoffgewinnung bis zum Produktionswerk, von den Werken, bis zur Baustelle und vom Gebäude bis zur Sammelstelle/Verwertungsanlage, falls der gesamte Lebenszyklus erfasst wird. Sollte die EPD nur bestimmte Lebenszyklusabschnitte beinhalten, so sind nur Transportwege der erfassten Abschnitte anzugeben.

Falls relevant, kann auch die **thermische Verwertung** der deklarierten Produkte angegeben werden. So ist dies beispielsweise bei Holzfenstern oder Holztüren der Fall (siehe Kapitel 1). Dabei fallen **Gutschriften** aus der thermischen Verwertung an, die bei der Berechnung der Ökobilanz mit berücksichtigt werden.

Die **Darstellung der Bilanzen und Auswertung** soll alle Module einer Ökobilanz wiedergeben. Diese sind die **Sachbilanz**, die **Wirkungsabschätzung** und die **Auswertung**. Der allgemeine Aufbau und die Module der Ökobilanz sind in Kapitel 6.4 näher beschrieben.

Zur **Datenqualität** sind Angaben zur Abschätzung der verwendeten Daten zu machen. Verwendete generische Daten sollten gemäß prEN 15804 jedoch nicht älter als zehn Jahre, spezifische Daten maximal 5 Jahre alt sein.

Im zweiten Teil der PCR werden die Regeln zur Berechnung der Ökobilanz und zur Erstellung des Hintergrundberichts beschrieben. Dabei werden im Teil 2 sämtliche Module, die im Teil 1 beschrieben sind, näher erläutert. So muss die Ökobilanz repräsentativ für die deklarierten Produkte und den gesamten Bilanzzeitraum sein. Der Hintergrundbericht soll alle baustoffspezifischen Lebenszyklusstadien beschreiben. Die beschriebenen Stadien müssen gründlich dargestellt werden. Eine Begründung für nicht berücksichtigte Stadien ist anzugeben.

Im **Impressum** werden sämtliche Herausgeber mit Logo und Anschrift angegeben.

9 Erstellung der Produktkategorie-Regeln (PCR)

Laut ISO 14025 und prEN 15804 erfolgt die Erstellung von PCR und EPDs über einen sogenannten Programmhalter. Dieser Programmhalter hat die Aufgabe des erarbeiteten Dokuments durch einen sog. Sachverständigenausschuss zu prüfen und freizugeben. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde hierzu das Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU) beauftragt, die entsprechenden Prüfungen durchzuführen.

Das IBU hat in seinem Programm zur Erstellung von PCR und EPDs zusätzliche Anforderungen formuliert, die über die Mindestangaben der prEN 15804 hinausgehen. Diese zusätzlichen Anforderungen wurden daher auch in den Dokumenten des Projekts berücksichtigt. Nach Verabschiedung der Norm, ist zu erwarten, dass auch der Leitfaden der IBU entsprechend angepasst wird. Ebenso wären dann die entsprechend erarbeiteten Dokumente anzupassen, um den Grundanforderungen der Norm EN 15804 gerecht zu werden.

Durch die PCR wird auch definiert, welche Lebenszyklusphasen betrachtet werden. Wie bereits in Kapitel 1 dargestellt, wurde daher in der PCR nicht nur die Herstellungsphase „cradle to gate“, sondern der gesamte Lebenszyklus „cradle to grave“ betrachtet.

Die PCR decken einen möglichst großen Produktbereich ab, da nur zu Produkten, die bereits in den PCR beschrieben sind, auch EPDs erstellt werden können. Zusätzlich sollen die erarbeiteten PCR zur Erstellung von zukünftigen EPDs über das Projekt hinaus Anwendung finden können. Eine große Produktvielfalt ist deshalb auch sinnvoll, um eine möglichst große Bandbreite abzudecken.

Ziel bei der Erarbeitung der PCR-Dokumente war es, möglichst einheitliche und adaptive Dokumente für die gesamte Branche bereitzustellen.

9.1 Allgemeines Vorgehen bei der Erstellung der PCR

Basierend auf DIN ISO 14025, prEN 15804 und der „*Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der Umweltdeklaration (Typ III) für Bauprodukte“* des Instituts Bauen und Umwelt e.V. wurden in Zusammenarbeit mit den am Projekt beteiligten Verbänden PCR erarbeitet. Diese

wurden mehrmals in der jeweiligen Branche gespiegelt, um eine hohe Repräsentativität zu erzielen. Abschließende Details wurden sowohl mit dem IBU als auch der PE INTERNATIONAL GmbH erarbeitet, bevor die PCR-Dokumente in den IBU-Sachverständigenausschuss zur Prüfung und Validierung eingereicht wurden.
Nach der ersten Prüfung des IBU-SVA konnten die Dokumente noch nicht freigegeben werden, da es noch einige Punkte des SVA u. a. bezüglich inhaltlicher Angaben und der Konformität zum IBU Leitfaden bemängelt wurden. Nach nochmaliger intensiver Überarbeitung der Dokumente und Spiegelung in den Branchen wurden die Dokumente nochmals beim IBU – SVA eingereicht und wurde von diesem freigegeben. Die jeweils in diesem Projekt erarbeiteten PCR Fenster und Türen und PCR Flachglas im Bauwesen sind in **Anlage A und B** zu finden.

9.2 PCR – Fenster und Türen

In der PCR Fenster und Türen [40] werden Fenster (alle Öffnungsarten) und Außentüren in Anlehnung an EN 14351-1 und Innentüren in Anlehnung an prEN 14351-2 definiert. Dabei werden auch integrierte Systemkomponenten wie z. B. Profile, Beschichtungen, Füllungen, Dichtungen und Antriebe berücksichtigt. Gläser werden in der PCR Flachglas im Bauwesen und Schlösser und Beschläge in der PCR Schlösser und Beschläge beschrieben. Die Erarbeitung dieser PCR sowie auch den zugehörigen EPDs erfolgte außerhalb des Forschungsvorhabens durch den FV Schloss- und Beschlagsindustrie in Zusammenarbeit mit dem IBU[43].

Deklarierte Einheit

Die deklarierte Einheit ist gemäß prEN 15804 nach dem generellen Aufbau der EPDs zu definieren und anzugeben. So muss für EPDs, eine deklarierte Einheit angegeben werden. Aufgrund dieser Forderungen wurde zusammen mit den Verbänden für die PCR eine deklarierte Einheit ausgearbeitet und wie folgt definiert:

In der PCR – Fenster und Türen wurde die deklarierte Einheit für Fenster und Türen auf die Fläche bezogen und ist in m² angegeben.

Als funktionelle Einheit geht man von den Referenzgrößen/Standardgrößen (für Fenster 1,23 x 1,48 m und für Türen 1,23 x 2,18 m) gemäß EN 14351-1 aus.

Zusätzlich besteht die Option (Variante 2) die Elemente gemäß ihrem Rahmenanteil in Klassen zu unterteilen:

Klasse 1: Rahmenanteil < 25 %
Klasse 2: Rahmenanteil 25 – 35 %
Klasse 3: Rahmenanteil > 35 %

Die Angabe zweier Varianten begründet sich in den nicht abzuschätzenden Auswirkungen auf die Ökobilanz und die daraus resultierenden Umweltwirkungen bezüglich unterschiedlicher Rahmenanteile. Sehr kleine Fenster (wie z. B. Toilettenfenster) oder Fenster mit Hohlprofilen wie Alu- oder Kunststofffenster können somit optional genauer bilanziert werden. Da Fensterhersteller die tatsächlichen Auswirkungen der Umweltwirkungen auf Gebäudeebene nicht abschätzen können, sind die angegebenen Varianten für EPDs vollkommen ausreichend und präzise.

Zusätzlich zu den beiden vorgeschlagenen Varianten der Projektbeteiligten wurde von Seiten des IBU-Sachverständigenausschuss eine dritte Variante formuliert. So berücksichtigt die PCR auch Produkte mit individuellen Abmessungen.

Neben der zu definierenden deklarierten Einheit sind darüber hinaus weitere Beschreibungen des zu deklarierenden Produktes und dessen Eigenschaften auf die Systembeschreibung zu nennen, bzw. es sind die entsprechenden Systemeigenschaften wie z. B. Bautiefe, Anschlagart (Dichtungssystem), U_f-Wert/U_g-Wert/U_w-Wert anzugeben. Auch Angaben bezüglich der Grundstoffe bzw. zu den Stofferläuterungen sind anzugeben, wie bspw. in Tabelle **1**-**28** für die jeweiligen Fenstertypen mit einer 2- oder 3-fachen Verglasung dargestellt.

Tabelle 1-28 Massenanteile der verschiedenen Fenstertypen

Holzfenster	*Anteil* in Masse-%
Holz-Fensterprofile	*40 – 46 %*
Wetterschutzschiene	*1 %*
Dichtungen	*< 1 %*
Mehrscheiben-Isolierglasverbund	*50 - 64 %*
Beschläge	*3 - 4%*
Kleb- und Dichtstoffe	*< 1%*
Sonstiges (z. B. Schrauben und Kleinmaterial)	*1 -2 %*
Metallfenster	*Anteil* in Masse-%
Metall-Fensterprofile (Aluminium)	*42 – 50 %*
Wärmedämmsteg	*3 – 5 %*
Dichtungen	*< 1 %*
Mehrscheiben-Isolierglasverbund	*41 - 54 %*
Beschläge	*3 – 4 %*
Kleb- und Dichtstoffe	*< 1 %*
Sonstiges (z. B. Schrauben und Kleinmaterial)	*1 - 2 %*
Kunststofffenster	*Anteil* in Masse-%
PVC-Fensterprofile	*23 - 28 %*
Armierungen (Stahl verzinkt, Aluminium, GFK)	*16 - 20 %*
Dichtungen	*im PVC-Profil integriert*
Mehrscheiben-Isolierglasverbund	*46 - 56 %*
Beschläge	*3 - 4%*
Aluminium-Zusatzprofile	–
Kleb- und Dichtstoffe	*< 1%*
Sonstiges (z. B. Schrauben und Kleinmaterial)	*1 - 2 %*

Anhand der Ermittlung von Durchschnittsmassen am **ift** Rosenheim wurden die Massenanteile der einzelnen Fenster wie in Tabelle **1**-**28** definiert.

9.3 PCR – Flachglas im Bauwesen

In der PCR – Flachglas im Bauwesen [42] werden folgende Produkte behandelt:

- Mehrscheiben-Isolierglas nach EN 1279
- Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas nach EN 572-9:
  - Floatglas
  - Poliertes Drahtglas
  - Gezogenes Flachglas
  - Ornamentglas
  - Drahtornamentglas
  - Profilbauglas
- Beschichtetes Glas nach EN 1096-4
- Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach EN 12150-2
- Heißgelagertes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas (ESG-H)
- Teilvorgespanntes Glas (TVG) nach DIN EN 1863
- Verbundsicherheitsglas mit PVB-Folie nach EN 14449
- Verbundglas nach EN 14449
- Brandschutzglas nach EN 14449

Bei der Definition des Geltungsbereichs der PCR Flachglas im Bauwesen stand ebenso wie bei der PCR Fenster und Türen der Aspekt der breiten Anwendung der PCR im Fordergrund. Das Dokument sollte möglichst alle Arten von Flachgläsern die im Bauwesen zum Einsatz kommen abdecken.

Deklarierte Einheit

Als deklarierte Einheit ist der jeweilige Glasaufbau zu beschreiben. Beispielhaft kann die deklarierte Einheit mit der Angabe 2-fach Verglasung 4/16/4 für ein Mehrscheiben-Isolierglas angegeben werden. Für die genauere Beschreibung der zu deklarierenden Produkte und deren Eigenschaften sind die entsprechenden Systemeigenschaften wie beispielsweise in Tabelle 1-29 dargestellt anzugeben.

Tabelle 1-29 Bautechnische Daten für Flachgläser

		Prüfnorm	***Einheit***	***Messwert***
Wärmeschutz	*U_g-Wert*	*DIN EN 673*	*W/(m²K)*	
Gesamtenergie-Durchlassgrad	*g-Wert*	*DIN EN 410*	*%*	
Lichttransmission	*T_L*	*DIN EN 410*	*%*	
Schallschutz	*R_W-Wert*	*DIN EN 20140-3 und DIN EN ISO 717-1*	*dB(A)*	

Darüber hinaus sind Angaben zu den Grundstoffen (z. B. Produktzusammensetzung), der Produktherstellung (z. B. Beschreibung der Herstellungsprozesse), der Produktverarbeitung (z. B. Verarbeitungsempfehlungen), dem Nutzungszustand (z. B. Nutzungsdauer), von außergewöhnlichen Einwirkungen (z. B. im Brandfall), der Nachnutzungsphase (z. B. Entsorgung) und der Ökobilanz (z. B. Systemgrenzen) zu machen.

10 Datenerfassung

Für die Erstellung der Ökobilanzen waren umfassende Datensammlungen notwendig. Teilweise konnte auf bereits vorhandene Daten für Fenster zurückgegriffen werden; so z. B. die Studie *„Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden“* [10]. Die Daten dieser Studie sind nach wie vor Bestandteil aktueller Ökobilanzprogramme. Neben der Erfassung neuer bzw. aktuellerer Datensätze wurden die bereits bestehenden Datensätze auf ihre weitere Gültigkeit überprüft und Aktualisiert. Gemäß prEN 15804 dürfen Daten, die für eine Ökobilanz verwendet werden, nicht älter als zehn Jahre sein. Danach sind diese zu prüfen und ggf. zu aktualisieren.

Zur Modellierung des Lebenszyklus für die verschiedenen Fenster wurde das von der PE International GmbH entwickelte Software-System zur ganzheitlichen Bilanzierung „GaBi 4“ (GaBi 4 2009 [32]) eingesetzt. Die in der GaBi-Datenbank enthaltenen konsistenten Datensätze sind dokumentiert in der online GaBi-Dokumentation GaBi 4. Die Basisdaten der GaBi-Datenbank wurden u. a. für Energie, Transporte und Hilfsstoffe verwendet. Die letzte Revision der verwendeten Daten liegt weniger als sieben Jahre zurück. In den Hintergrundberichten wird näher auf die Datenerfassung eingegangen.

Auf Grundlage der ökobau.dat werden Daten von Bauprodukten beim Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hinterlegt. Die Bilanzdaten werden im XML-Format gespeichert und sind allgemein zugänglich. Die Ergebnisdaten der Ökobilanzen des Projekts „EPDs für transparente Bauelemente“ sollen ebenfalls hier in anonymisierter Version eingepflegt werden.

XML (Extensible Markup Language) ist eine gängige Programmiersprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Datensätze. Da für die Ökobilanz Datensätze gesammelt und strukturiert dargestellt werden müssen und ein einheitliches Format der Daten vorliegen sollte, hat man sich für das XML-Format entschieden. XML-Dateien können mit allen gängigen Browsern dargestellt werden. Für die Erhebung der Daten war es teilweise notwendig, entsprechende Geheimhaltungsvereinbarungen zwischen den Industriepartnern und dem Ökobilanzierer PE INTERNATIONAL zu schließen. Aufgrund dessen ist es im Rahmen des Projektes nicht möglich, diese grundlegenden Daten zu veröffentlichen. Die aus der Datenerhebung berechneten repräsentativen Werte sind im Rahmen der berechneten Ökobilanzen den EPDs zu entnehmen.

10.1 Systematik

Für die Berechnung einer Ökobilanz müssen sämtliche produktionsrelevanten Daten erfasst werden. Die Datenerfassung der einzelnen Produkte wurden in der Industrie über die am Projekt beteiligten Verbände und dem **ift** Rosenheim sowie PE International durchgeführt. Hierzu wurden Fragenkataloge erarbeitet, die die Fertigung in die einzelnen Fertigungsprozesse bzw. Fertigungsschritte untergliedert und signifikante Kriterien, wie z. B. Fräsen, Schleifen, Lackieren als auch Transportwege, Energieeinsatz oder Wasserverbrauch in der Produktion berücksichtigen. Dabei spielen auch Nebenprozesse eine Rolle, die beispielsweise zur Herstellung von Vorprodukten nötig sind. Jeder Prozess ist auf einem eigenen Tabellenblatt erfasst worden. Die Erfassung bezog sich bei den Fenstern auf das Endprodukt von 1 Fenster mit den Abmessungen 1,23 x 1,48 (m) und wurde anschließend auf 1 m² Fenster umgerechnet.

Bei den einzelnen Prozessen wurden Inputs und Outputs über ein Jahr gemittelt erfasst (siehe Abbildung 34), also alle Eingangs- und Ausgangsflüsse der jeweiligen Prozesse.

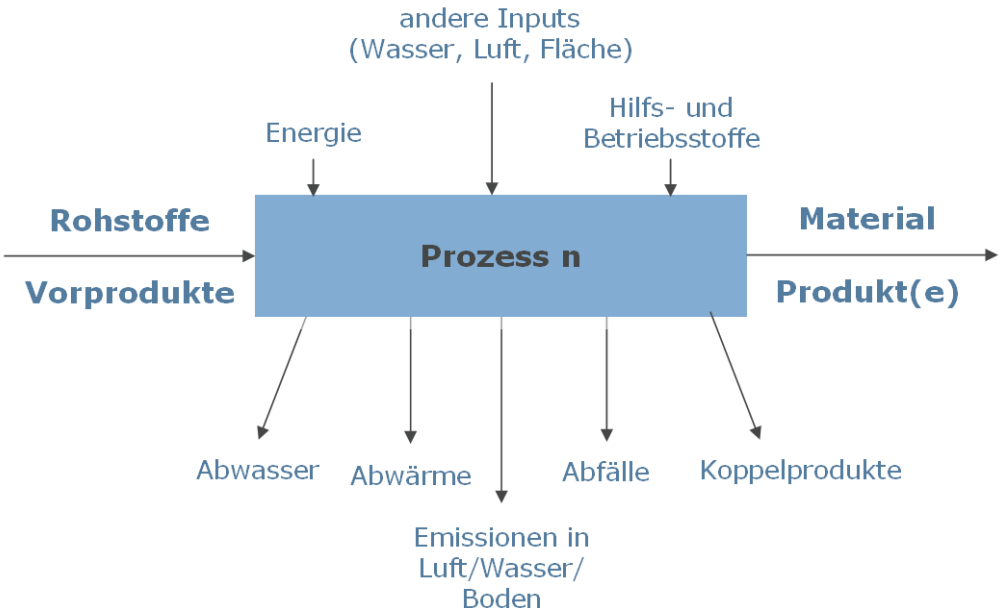


Abbildung 34 Beispiel von In- und Outputs eines Produktionsprozesses

Für alle Inputs und Outputs mussten die entsprechenden Einheiten festgelegt werden (z. B. 1 kg Farbe, 2 t Abfälle zur Entsorgung,…). Folgende Inputs wurden definiert und für die Ökobilanzen erfasst:

Rohstoffe/Vorprodukte

Rohstoffe bzw. Vorprodukte sind alle Stoffe, die unbearbeitet in den jeweiligen Prozess eingehen (z. B. Holzkanteln, Beschläge,…)

Hilfsstoffe/Betriebsstoffe

Hilfs- und Betriebsstoffe sind alle Stoffe, die für den jeweiligen Prozess dienlich sind, jedoch nicht direkt als Rohstoffe bzw. Vorprodukt eingehen. Diese können z. B. Lappen, Lumpen, Schmierstoffe für Anlagen, Reinigungsmittel usw. sein.

Sonstiges

Hier werden alle Inputs angegeben, die noch nicht erfasst wurden. Diese können beispielsweise bestimmte Gase oder Druckluft sein.

Energiebedarf

Der Energieverbrauch für die entsprechenden Anlagen und Maschinen wird hier angegeben. Dabei ist nach thermischer und elektrischer Energie zu unterscheiden.

Verpackungsmittel

Alle anfallenden Verpackungsmittel für das Produkt/die Produkte des jeweiligen Prozesses werden angegeben. Diese sind z. B. Folien oder Kartons, in denen die Produkte angeliefert wurden.

Folgende Outputs werden üblicherweise definiert:

Produkte

Produkte sind alle erzeugten Waren nach dem jeweiligen Prozess (nach Bearbeitung). Hier ist nicht das Endprodukt anzugeben, sondern immer nur das jeweilige Zwischenprodukt.

Abfälle zur Verwertung

Hier werden alle Abfälle zur Verwertung (Recycling) eingetragen.

Abfälle zur Entsorgung

Hier werden alle Abfälle, die nicht verwertet werden können, angegeben.

Emissionen in die Luft

Alle Emissionen, die direkt in die Luft gelangen, werden angegeben. Dies gilt beispielsweise bei der Lackierung. Sollte die Luft aufbereitet, gefiltert bzw. gereinigt werden, so ist das Verfahren hierzu zu beschreiben.

Abwasser

Der Abwasseranfall des jeweiligen Prozesses muss angegeben werden. Sollte das Wasser aufbereitet werden, so ist das Verfahren zu beschreiben. Die Werte sind nach Aufbereitung zu erfassen.

Sonstiges

Hier sollen alle Outputs angegeben werden, die noch nicht erfasst wurden. Diese können beispielsweise bestimmte Koppelprodukte sein (Produkte, die einem anderen Verwendungszweck dienlich sind; z. B. Holzspäne zur Spanplattenherstellung).

Zusätzlich zu den Produktionsdaten sind auch Angaben zu den Betriebsgebäuden zu machen. Hierbei sollen die Daten aller Prozesse, sowie des gesamten Betriebsgebäudes eingetragen werden, in der das entsprechende Produkt hergestellt wird.

Neben den Fragenkatalogen wurde zusätzlich ein Erläuterungsblatt für die Handhabe der Fragenkataloge erstellt.

Mittels der Fragenkataloge und dem Beiblatt konnten schnell aktuelle Daten zusammengetragen werden, die die typischen Daten der Branche wiedergeben und damit als repräsentative Daten verwendet werden können. Die jeweiligen Werte wurden über die Produktionsmengen der beteiligten Unternehmen gewichtet gemittelt.

10.2 Datenerfassung für Sensitivitätsanalysen

Für die in Kapitel 11 beschriebenen Sensitivitätsanalysen mussten Daten bezüglich der Materialien (z. B. Rohdichte von Holz) und Aufbauten (z. B. Glasrandverbund) gesammelt werden, um entsprechende Umweltwirkungen bezogen auf eine Einheit (z. B. g/m oder g/m²) berechnen zu können.

Hierzu wurden am **ift** Rosenheim repräsentative Probekörper ausgewählt – diese wurden von der Industrie bereitgestellt – entsprechend präpariert und die jeweiligen Massen der Komponenten (siehe Abbildung 35) ermittelt.

Abbildung 35 Ermittlung der Einzelmassen für die Sensitivitätsanalysen

Die ermittelten Daten (siehe Beispiele Tabelle 1-30 und Tabelle 1-31) wurden dem Ökobilanzierer PE International übermittelt, der anhand der Daten die jeweilige Sensitivitätsanalyse berechnete. Hierzu wurden auch auf Basisdaten der verwendeten Ökobilanzierungssoftware GaBi 4 zurückgegriffen.

Tabelle 1-30 Datenaufnahme Holzfenster System IV 78

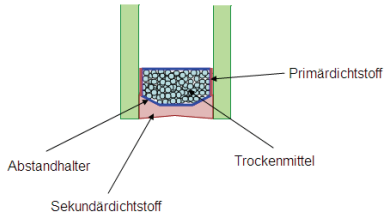
Holzfenster IV 78		Profile				Dichtungen			
		Blendrahmen	Flügelrahmen	Glashalteleiste	Wetterschutz-schiene	Innere Glasdichtung	Äußere Glasdichtung	Mitteldichtung (optional, bis 2 Stk)	Anschlag-dichtung 1 - 2 Stk
Material		Fichte, Lärche, Eiche, Meranti			Aluminium	Silikon, TPE, EPDM		TPE, EPDM	
Masse	[kg/m]	Weichholz: 2,7 Hartholz: 3,8	Weichholz: 2,7 Hartholz: 3,8	Fichte: 0,15 Lärche: 0,20 Eiche: 0,23 Meranti: 0,17	0,3 - 0,6	Silikon: 0,03 TPE/EPDM: 0,05	Silikon: 0,03 TPE/EPDM: 0,05	0,04 - 0,06	0,04
Beschichtungssysteme (100 - 150 µm Schichtdicke) transparent oder deckend	[g/cm²]	0,01							
Beschichtungsoberfläche	[m²/m]	0,32	0,35	0,085					
Abstand vom Außenmaß	[mm]	—	35 - 45	95 - 115		110 - 135	110 - 135	75	45 - 60

Ansichtsbreite Profil	[mm]	78
Glaseinstand	[mm]	10 bis 15

Tabelle 1-31 Datenaufnahme Glasrandverbund

Scheibenzwischenraum		Scheibenzwischenraum 12 mm											
		Abstandhalter 12 mm						Trockenmitte	Primärdichtsto	Sekundärdichtstoff			
Material		Aluminium	Silikon	EPDM	PP mit GF +Edelstahl	Verbindungselement	Verbindungselement	Zeolith	Butyl	Polysulfid	PU	Silikon	Hotmelt
Masse	[g/m]	31,34	50,22	62,86	58,91	2,90	1,77	20 - 30	2 - 4	69,3	67,2	43,3	82,1
Abstand vom Außenmaß	[mm]	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4								

Scheibenzwischenraum		Scheibenzwischenraum 16 mm											
		Abstandhalter 16 mm						Trockenmitte	Primärdichtsto	Sekundärdichtstoff			
Material		Aluminium	Silikon	EPDM	PP mit GF +Edelstahl	Verbindungselement	Verbindungselement	Zeolith	Butyl	Polysulfid	PU	Silikon	Hotmelt
Masse	[g/m]	39,00	66,96	83,81	73,96	4,91	2,37	30 - 40	4 - 6	92,4	89,6	57,7	109,47
Abstand vom Außenmaß	[mm]	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4								



Die jeweiligen Sensitivitätsanalysen werden in der Folge näher beschrieben.

10.3 Datenerfassung Aluminiumfenster

Die Datenerhebung für die Zusammensetzung der Aluminiumfenster und die Herstellung der entsprechenden Aluminiumprofile basiert auf Daten der European Aluminium Association (EAA). Diese wurden seitens der EAA 2005 bei den relevanten Systemhäusern erfasst und entsprechen noch den heute üblichen Fertigungsbedingungen. Die Daten sind bei PE International hinterlegt und wurden von PE im Rahmen des Forschungsvorhabens verwendet. Darüber hinaus wurden vereinzelte der bereits vorhandenen Daten nochmals mit dem VFF und der beteiligten Industrie abgestimmt. Eine Umfangreiche neuerliche Datensammlung mittels der beschriebenen Fragenkataloge wurde nicht durch-

geführt und war aufgrund der Qualität der bereits vorhandenen Daten auch nicht notwendig.

10.4 Datenerfassung Holzfenster

Die Datenerhebung für die Herstellung der Holzfenster wurde vom VFF und dem **ift** Rosenheim unter Einbindung einer Reihe von Herstellerfirmen im Jahr 2010 durchgeführt. Da die Branche der Holzfensterhersteller u. a. in Bezug auf Unternehmensgröße und Herstellverfahren sehr inhomogen ist und es hierdurch schwer war, einen repräsentativen Querschnitt von Daten aus den Produktionsstätten zu erhalten, erfolgte die Datenerhebung bei zahlreichen ausgewählten repräsentativen Unternehmen. Um die Hersteller bei der teils recht komplizierten und umfangreichen Datenerfassung zu unterstützen, wurden vom **ift** Rosenheim Vorortttermine bei den Unternehmen wahrgenommen. Auch die Qualität der Daten konnte so im notwendigen Maße erzielt werden. Über alle Daten die erhoben wurden, wurde ein Durchschnitt gebildet. Darüber hinaus wurden Daten von einem Holzlackhersteller zur Verfügung gestellt.

10.5 Datenerfassung Kunststofffenster

Die Prozessdaten für die Zusammensetzung und Herstellung der Kunststofffenster basieren auf Angaben der European PVC Window Profile and related building products Association (EPPA). Hierfür erfolgte eine umfangreiche Datensammlung und Mittelung der Daten durch die EPPA. Die Daten für die Herstellung der PVC-Profile basieren auf der Datenerhebung von TNO für Plastics Europe. Sie stellen einen repräsentativen Querschnitt der Profilbranche dar. Die Daten wurden von der EPPA an PE International übermittelt.

10.6 Datenerfassung Flachglas

Die Daten für Flachglas, Glasbeschichtung sowie die Fertigung des Mehrscheibenisolierglases wurde über den Bundesverband Flachglas koordiniert. Für Flachglas wurden Daten einer umfangreichen Datenerhebung in Europa von Glas for Europe verwendet, die Weiterverarbeitung wurde bei einzelnen Mitgliedsunternehmen des BV Flachglas erhoben und gemittelt. Die Datenübermittlung erfolgte direkt an PE INTERNATIONAL.

11 Sensitivitätsanalysen

„Die Sensitivitätsanalyse ist eine Analyseform für komplexe Systeme und Probleme, bei der einfache Wirkbeziehungen zwischen Systemvariablen zu einem Wirkungsnetz verbunden werden und mittels dessen Rollen für die Systemvariablen festgelegt werden können. Hierbei findet eine Grenzbetrachtung der Ergebnisse statt. Dabei werden jeweils ein Parameter (oder auch mehrere Parameter gemeinsam) verändert. Es wird geprüft, ab welchem Zeitpunkt der Zielwert erstmals unter- bzw. überschritten wird.“ [29]

11.1 Systematik

Zum besseren Verständnis der bei der Ökobilanz zu berücksichtigenden Parameter für die zu erstellenden Muster-EPDs für Fenster wurden im Verlauf des Forschungsvorhabens zahlreiche (Sensitivitäts-)Analysen durchgeführt.

Zunächst wurden die jeweiligen Fenstertypen in ihre Bestandteile/Bauteile untergliedert wie beispielhaft in Abbildung 36 aufgezeigt, um einen groben Überblick über die zu Einzelteile in einem Fenster/im Glas zu bekommen. Weiterhin sollte die Aufgliederung der deklarierten Elemente als Grundlage für Berechnungen der Umweltwirkungen dienen. Diese lieferte Angaben zu Inhaltsstoffen und zum Aufbau der deklarierten Produkte, wie es die prEN 15804 fordert. Die benötigte Genauigkeit der Aufgliederung ergibt sich aus den Ergebnissen der Berechnungen und den sogenannte Abschneidekriterien, die in den PCR oder dem Programm des jeweiligen Programmhalters definiert sind (z. B. 10 % Grenze der Umweltwirkungen).

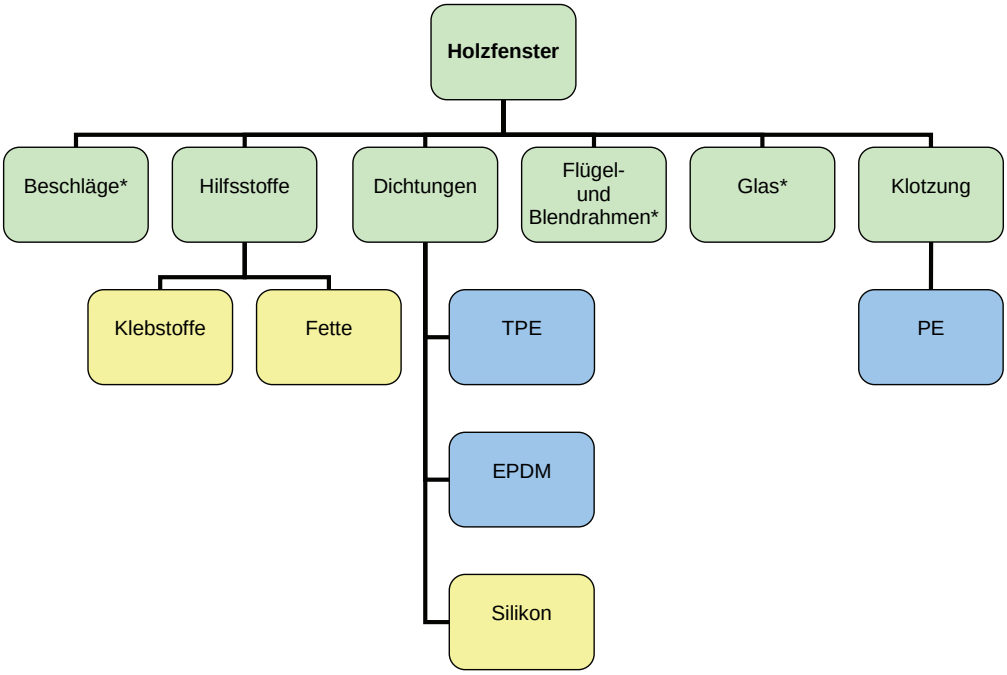


Abbildung 36 Aufgliederung eines Holzfensters in seine wesentl. Bestandteile

Alle in der Abbildung mit * gekennzeichneten Bauteile wurden noch weiter untergliedert. So auch beim Flügel- und Blendrahmen, wie in Abbildung 37 dargestellt.

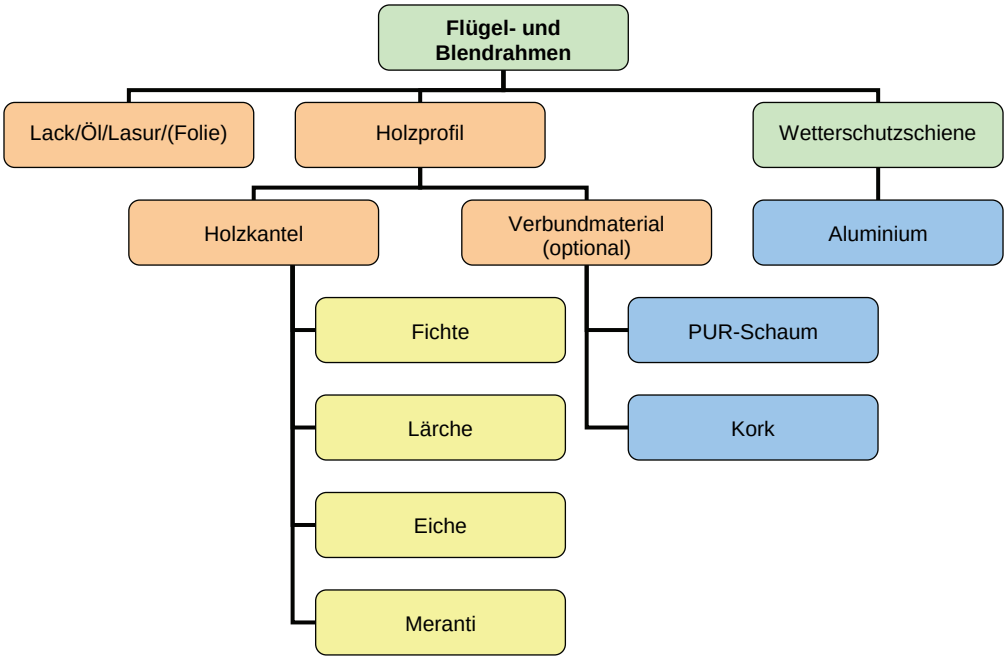


Abbildung 37 Detaillierte Aufgliederung von Flügel- und Blendrahmen eines Holzfensters

Anhand der durchgeführten Sensitivitätsanalysen konnte nun untersucht werden, wie detailliert eine Betrachtung und Beschreibung eines Fensters in den EPDs vorzunehmen ist.

Als sinnvolle Toleranzgrenze für die Parameterauswahl wurde vom Ökobilanzierer PE INTERNAIONAL GmbH eine 10 %-Abweichung in den Umweltwirkungen der jeweiligen definierten Fälle festgelegt. D. h. weichen z. B. die Umweltwirkung bei der Verwendung von verschiedenen Dichtungen mehr als 10 % voneinander ab, so sind in der EPD alle Dichtungsmaterialien getrennt voneinander zu berücksichtigen. Sind die Abweichungen <10 % so muss bspw. keine Materialunterscheidung erfolgen. Darüber hinaus wurde für die Parameterauswahl auch noch eine Toleranzgrenze von 1 % Massenanteil bezogen auf die Gesamtmasse eines Elementes gemäß prEN 15804 beachtet.

Folgende Parameter wurden im Rahmen des Projekts mittels Sensitivitätsanalyse analysiert:

- Untersuchung des Einflusses verschiedener Randverbundsysteme sowie des SZR bei Mehrscheiben Isolierglas
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Abmessungen von Fenstern
- Untersuchung des Einflusses von Schaumeinlagen bei Aluminiumfenstern
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Oberflächenbehandlungen bei Aluminiumfenstern
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Dichtungen
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Bautiefen von Holzfenstern
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Oberflächenbeschichtungssysteme bei Holzfenstern
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Holzanbauarten bei Holzfenstern

11.2 Allgemeine Sensitivitätsanalysen

Zunächst wurden die Sensitivitätsanalysen durchgeführt, die Fenstermaterial unabhängig sind. In weiterer Folge wurden die Sensitivitätsanalysen berechnet, die nur für die einzelnen Fenstermaterialien relevant sind.

Untersuchung des Einflusses verschiedener Dichtungen und Dichtstoffe mit dem Referenzprodukt Holzfenster

Bei dieser Analyse wurde ermittelt, ob die unterschiedlichen Dichtstoffe und Dichtungen eine erhebliche Abweichung der Umweltwirkungen ergeben, oder ob hier eine explizite Unterscheidung zwischen den Materialien hinfällig ist.

Untersucht wurde jeweils 1 m² Holzfenster (als Referenz), wobei verschiedene Dichtungen untersucht wurden. Diese bestehen aus EPDM, TPE bzw. Silikon.

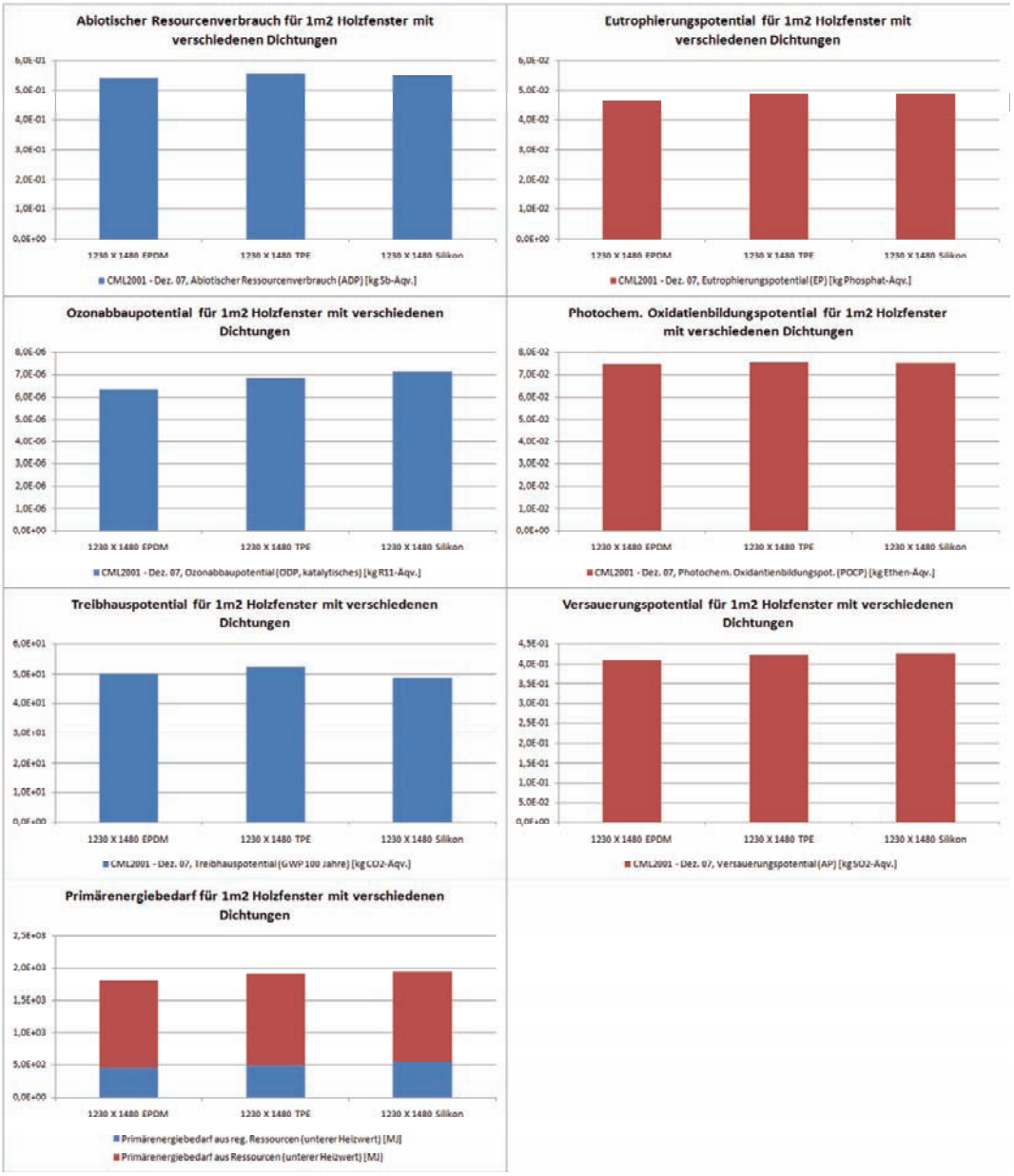


Abbildung 38 Sensitivitätsanalyse verschiedene Dichtungen und Dichtstoffe am Beispiel Holzfenster [72]

Tabelle 11-32 Darstellung der Umweltwirkungen unterschiedlicher Dichtungen und Dichtstoffe als Ergebnis der Sensibilitätsanalyse [72]

Ökobilanzergebnisse für einen Quadratmeter Holzfenster mit verschiedenen Dichtungen			
Umweltliche Größen	**1230 X 1480 EPDM**	**1230 X 1480 TPE**	**1230 X 1480 Silikon**
CML2001 - Dez. 07, Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	5,405E-01	5,580E-01	5,491E-01
CML2001 - Dez. 07, Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	4,632E-02	4,865E-02	4,843E-02
CML2001 - Dez. 07, Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	6,335E-06	6,869E-06	7,109E-06
CML2001 - Dez. 07, Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	7,482E-02	7,551E-02	7,523E-02
CML2001 - Dez. 07, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO2-Äqv.]	5,012E+01	5,232E+01	4,868E+01
CML2001 - Dez. 07, Versauerungspotential (AP) [kg SO2-Äqv.]	4,117E-01	4,231E-01	4,267E-01
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	4,529E+02	4,916E+02	5,388E+02
Primärenergiebedarf aus reg. und nicht reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,811E+03	1,906E+03	1,944E+03
Primärenergiebedarf aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,358E+03	1,415E+03	1,405E+03

Ergebnis:

Die Unterschiede in den betrachteten Szenarien sind marginal (<10%) so dass die unterschiedlichen Systeme keine maßgebliche Relevanz auf das Gesamtergebnis haben.

Konsequenz:

Für die Erstellung der Muster-EPDs konnte eine Dichtung repräsentativ für alle Dichtungen und Dichtungsstoffe ausgewählt werden.

Untersuchung des Einflusses verschiedener Fenstergrößen bezogen auf die Umweltwirkungen eines Referenzgebäudes

Sowohl in den PCR als auch in den EPDs muss eine Einheit deklariert und beschrieben werden. Da es sich bei den zu erarbeitenden Dokumenten um Muster- bzw. Durchschnittsdokumente handelt, die eine ganze Bandbreite von Fenstern mit den unterschiedlichsten Dimensionen abdecken soll, ist eine Festlegung auf eine Größe nicht zwingend möglich und sinnvoll. Selbst der Vorschlag sich an der Standardgröße gemäß DIN EN 14351-1 zu orientieren, konnte nicht als ausschließliche Grundlage genügen. Aus diesem Grund wurden umfangreiche Sensitivitätsanalysen durchgeführt, die die Abhängigkeit der Umweltwirkungen von den Fenstergrößen aufzeigen sollen.

Hierzu wurde mittels einer Sensitivitätsanalyse berechnet inwiefern sich eine größenabhängige Unterscheidung tatsächlich auch auf Gebäudeebene auswirken kann. Eine ähnliche Fragestellung ist bei der Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten U_w vorhanden. Auch hier ist der Wert abhängig von der tat-

sächlichen Abmessung des Fensters. Im Rahmen der Kennzeichnung sowie der energetischen Bilanzierung ist es jedoch ausreichend eine Standardgröße zu betrachten.

Erster Ansatz war die Definition eines Referenzgebäudes. Hierbei wurde das in DIN V 4108-6 [66] beschriebene Gebäude (Abbildung 39) zu Grunde gelegt. Des Weiteren wurden die an diesem Gebäude definierten Fensterflächen bestimmt und anhand deren Gesamtfensterfläche die Berechnung durchgeführt. Zum Vergleich wurden mittels der gleichen Anzahl von Fenstern, jedoch mit der Standardabmessung, ebenfalls die Umweltwirkungen ermittelt. In der Folge sind nochmals die Berechnungsgrundlagen hierzu beschrieben.

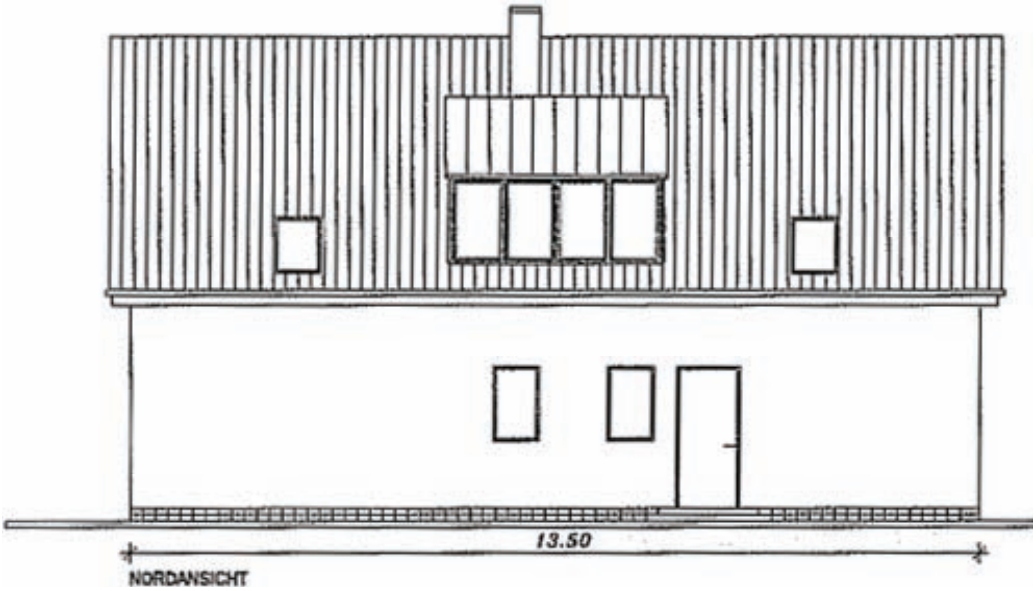


Abbildung 39 gemäß DIN V 4108-6 definiertes Referenzgebäude [66]

Tabelle 11-33 Fensterflächen des Referenzgebäudes nach DIN V 4108-6

	Größe	Fläche in m²	Anzahl	Gesamtfläche A_w in m²
	0,76 x 1,17	0,89	2	1,78
	1,42 x 1,01	1,43	9	12,91
	2,26 x 1,01	2,28	1	2,28
	0,84 x 1,01	0,85	1	0,85
	1,45 x 0,85	1,23	2	2,47
	–	1,28	4	5,11
Gesamt			19	25,4

Die Umweltwirkungen sind bezogen auf die deklarierte Einheit in folgender Abbildung für Kunststofffenster dargestellt (als Beispiel):

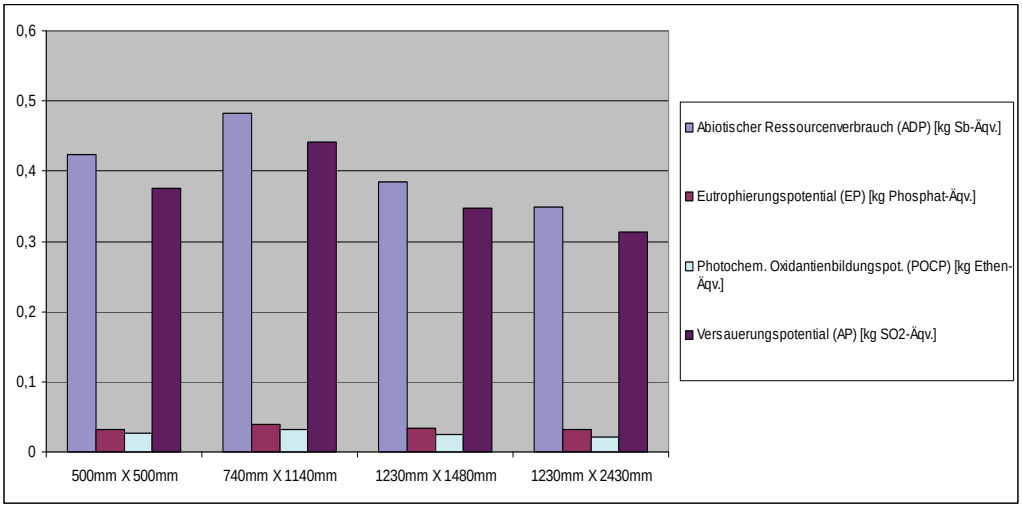


Abbildung 40 Wirkungskategorien für 1 m² Kunststofffenster [72]

Die Primärenergieverbrauche, das Treibhauspotenzial und das Ozonabbaupotenzial wurden aufgrund der Übersichtlichkeit im Diagramm nicht mit aufgeführt.

Um für beliebige Fenstergrößen die entsprechenden Umweltwirkungen berechnen zu können, wurde näherungsweise zwischen den Einzelwerten im Diagramm nach der folgenden Funktion linear interpoliert.

$$f(A_w) = f_0 + \frac{f_1 - f_0}{A_{w1} - A_{w0}} * (A_w - A_{w0})$$

f(x): gesuchte Umweltwirkung in kg-Äqv.
f_0 / f_1: vorhandene Umweltwirkungen in kg-Äqv.
A_{w0} / A_{w1}: vorhandene Flächen in m²
A_w: Fenstergröße für gesuchte Umweltwirkung in m²

Die Berechnung der Umweltwirkungen wurde zum einen detailliert (real verbaute Fenster) und zum anderen vereinfacht (über Standardfenstergröße) durchgeführt.

Fall 1: Standardgröße

$$y_{n,ges} = y_n \cdot \sum_i A_{w,i}$$

Fall 2: detaillierte Betrachtung

$$y_{n,ges} = \sum_i y_n(A_{w,i})$$

In der nachfolgenden Tabelle ist ein Vergleich der Umweltwirkungen aller Fenster zwischen Fall 1 und Fall 2 bezogen auf das nach DIN V 4108-6 herangezogene Gebäude dargestellt:

Tabelle 11-34 Vergleichsergebnisse der Umweltwirkungen detaillierte Fenstergröße/Standardfenster bezogen auf das Referenzgebäude

	Gesamtfläche	ADP	EP	ODP	POCP	AP	GWP	PE reg.	PE n. reg.
Einheit	m²	kg Äquivalent							
Holz det.	25,4	8,3	0,68	9,94E-05	1,2	6,19	710	7687	19989
Holz st.	25,4	7,69	0,66	8,88E-05	1,03	5,81	710	6361	19277
Unterschied		**7,9**	**3,0**	**11,9**	**16,5**	**6,5**	**0,0**	**20,8**	**3,7**
Metall det.	25,4	25,68	1,21	3,37E-04	1,22	17,81	4205	10734	60337
Metall st.	25,4	21,85	1,09	2,82E-04	1,05	15,27	3558	8825	55936
Unterschied		**17,5**	**11,0**	**19,5**	**16,2**	**16,6**	**18,2**	**21,6**	**7,9**
Kunststoff det.	25,4	10,92	0,92	5,99E-05	0,74	9,93	1915	1038	23361
Kunststoff st.	25,4	9,77	0,85	5,52E-05	0,62	8,82	1685	885	22247
Unterschied		**11,8**	**8,2**	**8,5**	**19,4**	**12,6**	**13,6**	**17,3**	**5,0**

det. = detaillierte Fenstergröße
st. = Standardfenster

Wie zu erkennen ist, ergibt sich ein geringer Unterschied der Umweltwirkungen zwischen Referenz- und real verbauten Fenstern. Somit können die Umweltwirkungen auf Gebäudeebene näherungsweise anhand von Referenzfenstern mit der Größe von 1,23 x 1,48 berechnet werden. Da die Werte über die Berechnung mit nur einer Fenstergröße immer höher liegen, als die Werte über die detaillierte Berechnung, kann ein Sicherheitsaufschlag von etwa 15 Prozent bei der Berechnung über die vereinfachte Methode verwendet werden. Somit sind die angegebenen Umweltwirkungen bei einer Berechnung über eine Standardgröße nicht zu gering.

Ergebnis:

In einem Gebäude werden oftmals unterschiedliche Fenstergrößen verbaut. Es ist mit einem großen Rechenaufwand verbunden, sämtliche Umweltwirkungen für alle im Gebäude verbauten Fenstergrößen zu berechnen. Zusätzlich ist eine

Kennzeichnung in den Umweltproduktdeklarationen für verschiedene Fenstergrößen schwierig. Es konnte aber gezeigt werden, dass es auf Gebäudeebene möglich ist, die Umweltwirkungen anhand von gleich großen Referenzfenstern (1,23 x 1,48 m) darzustellen und nicht jede Fenstergröße einzeln zu berücksichtigen.

Da für die Erstellung der EPDs bzw. für die Berechnung der Ökobilanz eine der in der PCR beschriebenen Varianten der deklarierten Einheit zu wählen war (siehe Kapitel 9.2), wurden anhand einer Marktstudie [30] die häufigsten verwendeten Fenstergrößen ermittelt. Das Ziel dabei war, den Großteil der üblicherweise verkauften Fenster mit der Muster-EPD abdecken zu können.

Die Marktstudie beschreibt die Mengen der durchschnittlichen Glasgrößen, die in den Jahren 2008 und 2009 in Deutschland verkauft wurden. Anhand dieser Daten konnten die am häufigsten verkauften Fenstergrößen definiert werden, was Abbildung 41 zu entnehmen ist.

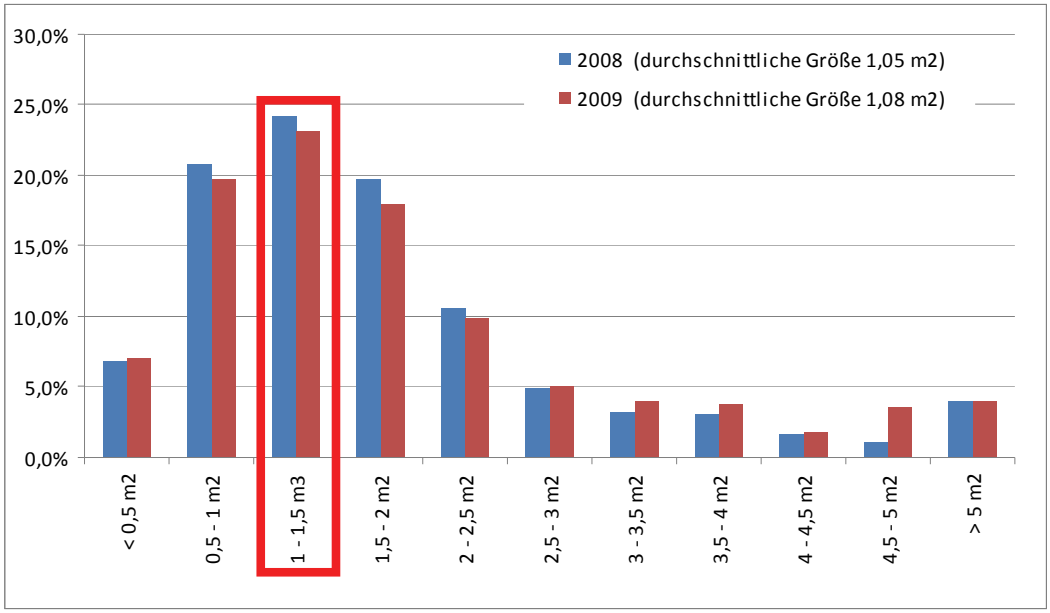


Abbildung 41 Marktdaten bezüglich der abgesetzten Fenstergläser [30]

Wie die Grafik zeigt, ist im Durchschnitt mit fast 25 % die Standardgröße die am häufigsten abgesetzte Größe. Somit kann auch mit der Wahl der Standardgröße in den EPDs und bei der Berechnung der Ökobilanz ein Großteil des Marktes mit den Muster-EPDs abgedeckt werden.

Somit konnte gezeigt werden, dass die gewählte Standardgröße von 1,23 x 1,48 m eine repräsentative Größe ist und zur weiteren Betrachtung angenommen werden kann.

11.3 Sensitivitätsanalysen Aluminiumfenster

Untersuchung des Einflusses von Schaumeinlagen bei Aluminiumfenstern

Untersucht wurde jeweils 1 m² Aluminiumfenster, einmal ohne Schaumeinlagen (SE) und nochmals unter Verwendung von zwei verschiedenen SE, die sich in Material und entsprechend der Masse variieren, wobei diese für die jeweilige Anwendung das gleiche Volumen aufweisen.

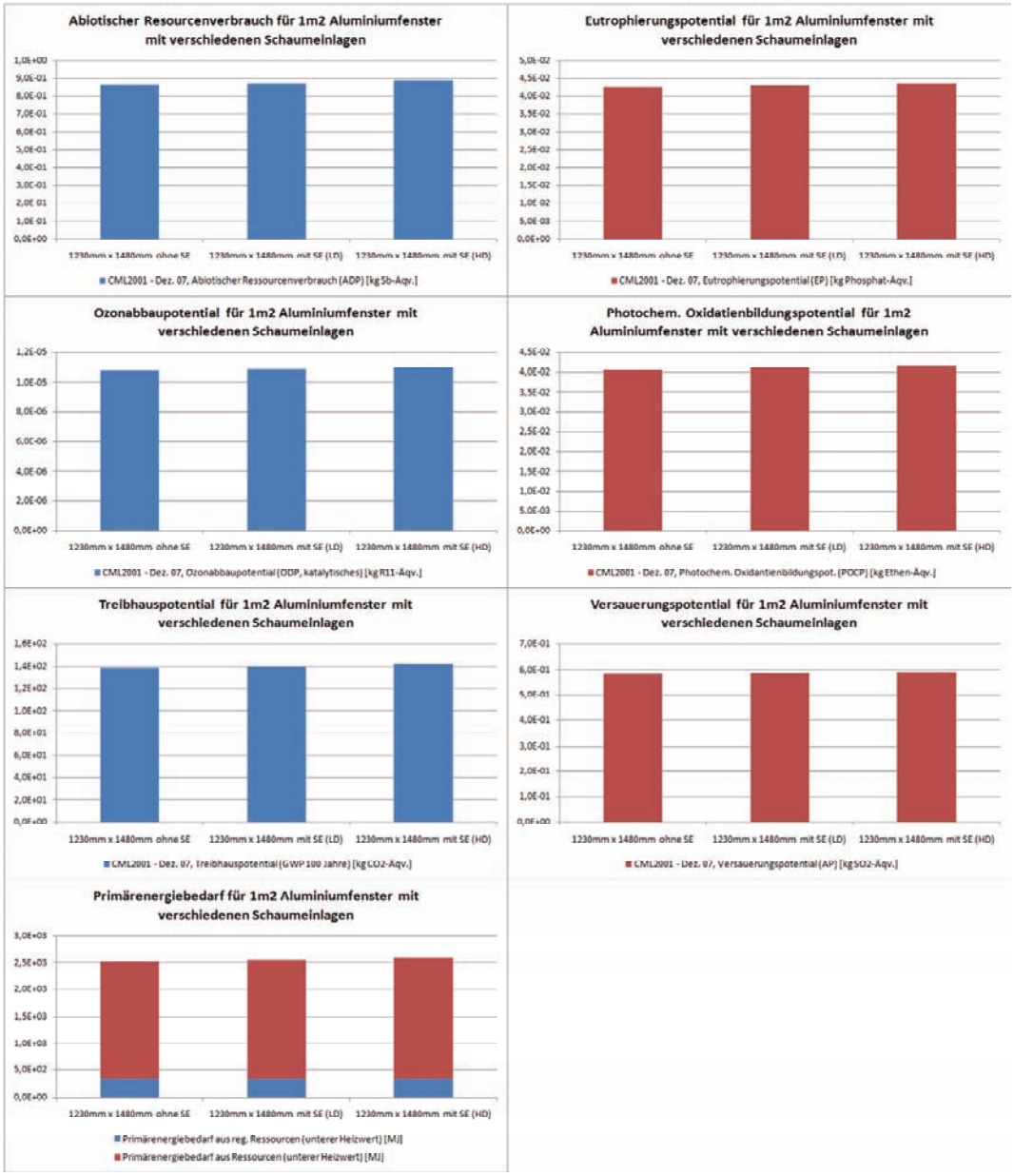


Abbildung 42 Sensitivitätsanalyse Aluminiumfenster mit unterschiedlichen Schaumeinlagen [72]

Tabelle 11-35 Sensitivitätsanalyse Aluminiumfenster mit unterschiedlichen Schaumeinlagen [72]

Ökobilanzergebnisse für einen Quadratmeter Aluminiumfenster mit unterschiedlichen Schaumeinlagen			
Umweltliche Größen	1230mm x 1480mm ohne SE	1230mm x 1480mm mit SE (LD)	1230mm x 1480mm mit SE (HD)
CML2001 - Dez. 07, Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	8,631E-01	8,736E-01	8,884E-01
CML2001 - Dez. 07, Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	4,258E-02	4,305E-02	4,372E-02
CML2001 - Dez. 07, Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	1,078E-05	1,086E-05	1,097E-05
CML2001 - Dez. 07, Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	4,059E-02	4,103E-02	4,165E-02
CML2001 - Dez. 07, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO2-Äqv.]	1,389E+02	1,403E+02	1,423E+02
CML2001 - Dez. 07, Versauerungspotential (AP) [kg SO2-Äqv.]	5,863E-01	5,888E-01	5,924E-01
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	3,332E+02	3,336E+02	3,342E+02
Primärenergiebedarf aus reg. und nicht reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	2,529E+03	2,554E+03	2,589E+03
Primärenergiebedarf aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	2,195E+03	2,220E+03	2,255E+03

Ergebnis:
Unterschiede in den betrachteten Szenarien sind marginal. Es zeigt sich keine maßgebliche Relevanz auf das Gesamtergebnis. Für die Erstellung der Muster-EPDs wurden Fenster ohne Schaumeinlagen (SE) als markttypische Vertreter abgebildet.

Untersuchung des Einflusses verschiedener Oberflächenbehandlungen bei Aluminiumfenstern

Untersucht wurde jeweils 1 m² Aluminiumfenster unter Verwendung von eloxierten Profilen gegenüber Fenstern mit pulverbeschichteten Profilen. Die Pulverbeschichtung ist lediglich im Sichtbereich aufgebracht, während eine Eloxierung deckend ist.

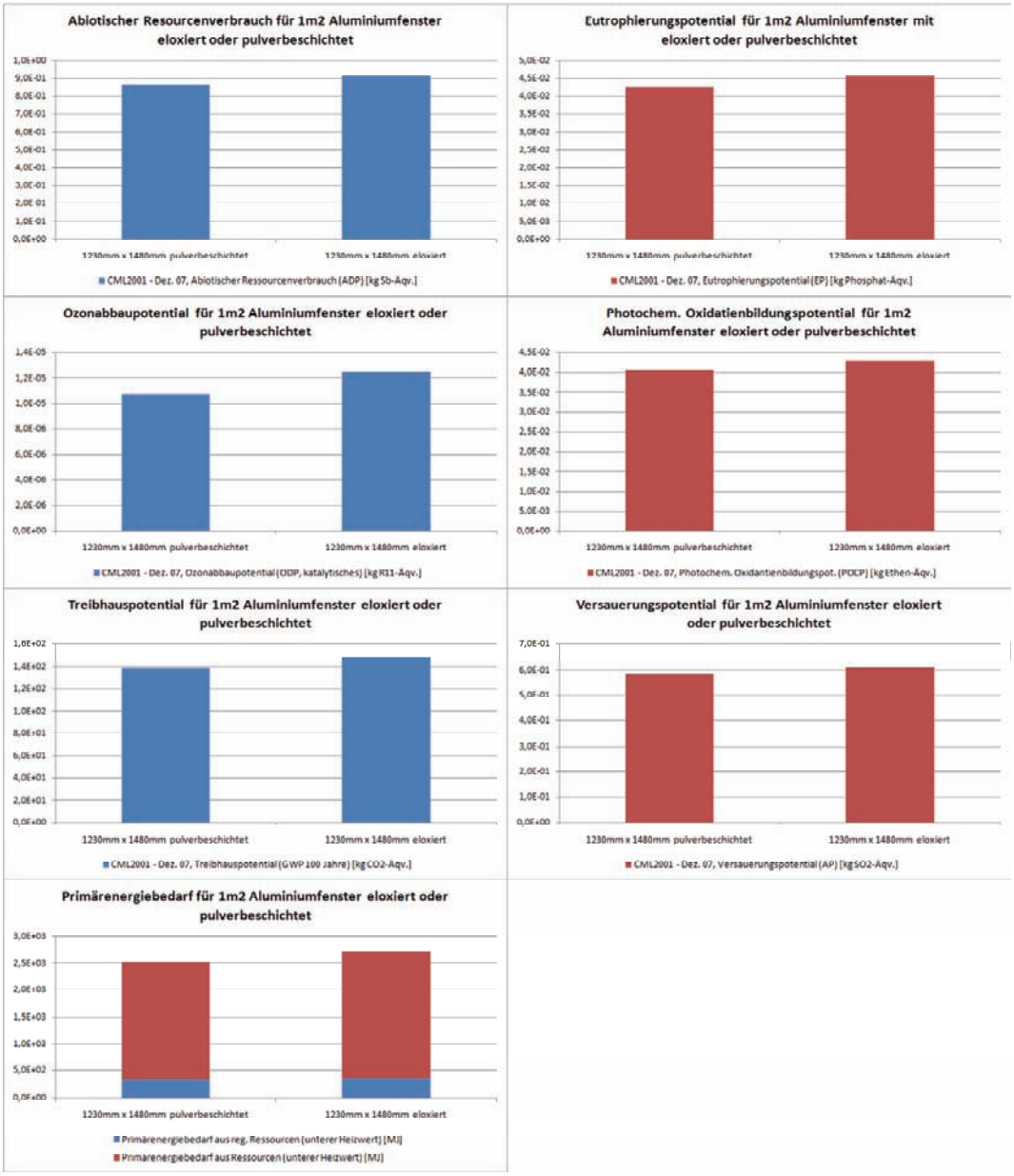


Abbildung 43 Sensitivitätsanalyse Aluminiumfenster mit unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen [72]

Tabelle 11-36 Sensitivitätsanalyse Aluminiumfenster mit unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen [72]

Ökobilanzergebnisse für einen Quadratmeter Aluminiumfenster mit unterschiedlichen Oberflächen		
Umweltliche Größen	1230mm x 1480mm pulverbeschichtet	1230mm x 1480mm eloxiert
CML2001 - Dez. 07, Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	8,631E-01	9,121E-01
CML2001 - Dez. 07, Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	4,258E-02	4,570E-02
CML2001 - Dez. 07, Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	1,078E-05	1,242E-05
CML2001 - Dez. 07, Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	4,059E-02	4,284E-02
CML2001 - Dez. 07, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO2-Äqv.]	1,389E+02	1,488E+02
CML2001 - Dez. 07, Versauerungspotential (AP) [kg SO2-Äqv.]	5,863E-01	6,103E-01
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	3,332E+02	3,602E+02
Primärenergiebedarf aus reg. und nicht reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	2,529E+03	2,719E+03
Primärenergiebedarf aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	2,195E+03	2,359E+03

Ergebnis:
Unterschiede in den betrachteten Szenarien sind marginal. Es zeigt sich keine maßgebliche Relevanz auf das Gesamtergebnis.

Für die Erstellung der Muster-EPD für Aluminiumfenster wurden pulverbeschichtete Aluminiumprofile als markttypische Vertreter verwendet.

11.4 Sensitivitätsanalysen Holzfenster

Untersuchung des Einflusses verschiedener Holzherkunftsorte inkl. deren Anbauarten mit dem Referenzprodukt Holzfenster

Untersucht wurde jeweils 1 m² Holzfenster unter Variation der Holzanbauarten: der Anbau in heimischen Gebieten, Anbau in den Tropen und die Abholzung und Verwendung von Tropenholz aus dem Regenwald.

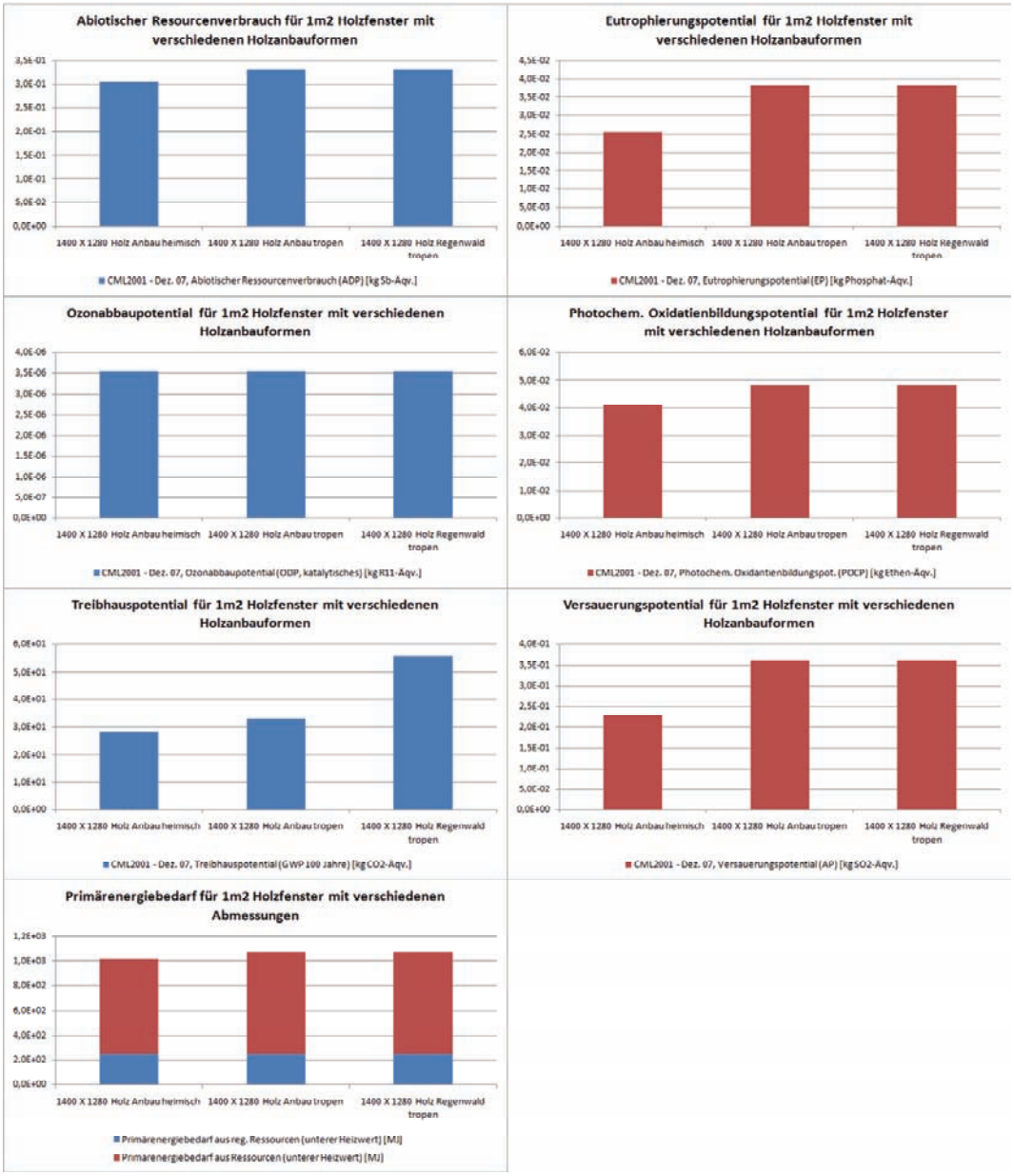


Abbildung 44 Sensitivitätsanalyse unterschiedlicher Anbauformen von Holz [72]

Tabelle 11-37 Sensitivitätsanalyse unterschiedlicher Anbauformen von Holz [72]

Ökobilanzergebnisse für einen Quadratmeter Holzfenster			
Umweltliche Größen	1400 X 1280 Holz Anbau heimisch	1400 X 1280 Holz Anbau tropen	1400 X 1280 Holz Regenwald tropen
CML2001 - Dez. 07, Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	3,047E-01	3,329E-01	3,329E-01
CML2001 - Dez. 07, Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	2,571E-02	3,821E-02	3,821E-02
CML2001 - Dez. 07, Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	3,536E-06	3,543E-06	3,543E-06
CML2001 - Dez. 07, Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	4,090E-02	4,837E-02	4,837E-02
CML2001 - Dez. 07, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO2-Äqv.]	2,828E+01	3,296E+01	5,603E+01
CML2001 - Dez. 07, Versauerungspotential (AP) [kg SO2-Äqv.]	2,282E-01	3,625E-01	3,625E-01
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	2,525E+02	2,526E+02	2,526E+02
Primärenergiebedarf aus reg. und nicht reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,017E+03	1,076E+03	1,076E+03
Primärenergiebedarf aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	7,644E+02	8,235E+02	8,235E+02

Ansatz zum Szenario „Holz Regenwald Tropen“:

Beim vereinfachten Tropenholz handelt es sich um eine vereinfachte Darstellung. Regenwald wird gemeinhin als Kohlenstoffspeicher betrachtet, d. h. die Menge an CO_2, die ein Regenwald aufnimmt, entspricht der Menge die er durch das Absterben von Pflanzen freisetzt. Entnimmt man Holz aus dem Regenwald, so wird bei der Entnahme Fläche "degradiert". In dieser degradierten Fläche ist weniger CO_2 als in der ursprünglichen Regenwaldfläche gespeichert. Für die Umwandlung von Flächen sind beim IPCC Emissionsfaktoren festgelegt, so dass man über die Änderung der Flächennutzung CO_2-Emissionen ableiten kann. Um die CO_2-Emissionen aus der Änderung der Flächennutzung auf beispielsweise ein Fensterprofil umlegen zu können, müssten nun sowohl die abgeholzte Fläche als auch die Menge erzeugten Tropenholzes bekannt sein. Für die Sensitivitätsanalyse wurde daher ein vereinfachter Ansatz gewählt:

Da die im Regenwald gespeicherte Menge CO_2 konstant ist, wird die im Holz gespeicherte Menge Kohlenstoff nicht als eingebundenes CO_2 betrachtet. Bei der Verbrennung jedoch wird dieses CO_2 freigesetzt. Beim Forstwald wird im Gegensatz dazu davon ausgegangen, dass der im Holz gespeicherte Kohlenstoff in Form von CO_2 vorlag und durch das Holz eingebunden wurde. Bei einer anschließenden Verbrennung ist das Holz aus dem Forstwald also weitestgehend CO_2-neutral. Dieser Ansatz ignoriert die Tatsache, dass ggf. große Regenwaldflächen abgeholzt werden müssen, um bestimmte Holzsorten ernten zu können. Das Treibhauspotenzial für Tropenholz aus Regenwaldflächen wird so tendenziell zu niedrig eingeschätzt.

Ergebnis:
Generell ist im Sinne der Nachhaltigkeit Holz aus heimischem Anbau Tropenholz vorzuziehen. Für die Erstellung der Muster-EPDs wurde Holz aus heimischem Anbau gewählt.

Untersuchung des Einflusses verschiedener Rahmenabmessungen (IV 68/ IV 78 von Holzfenstern

Untersucht wird jeweils 1 m² Holzfenster, wobei verschiedene Bautiefen berücksicht wurden: 68 mm und 78 mm. Zusätzlich wurde zum Profil IV 78 ein Aufschlag in Höhe von 10 % und in einem weiteren Szenario in Höhe von 20 % berechnet, zur Abschätzung des Einsatzes schwererer Holzsorten.

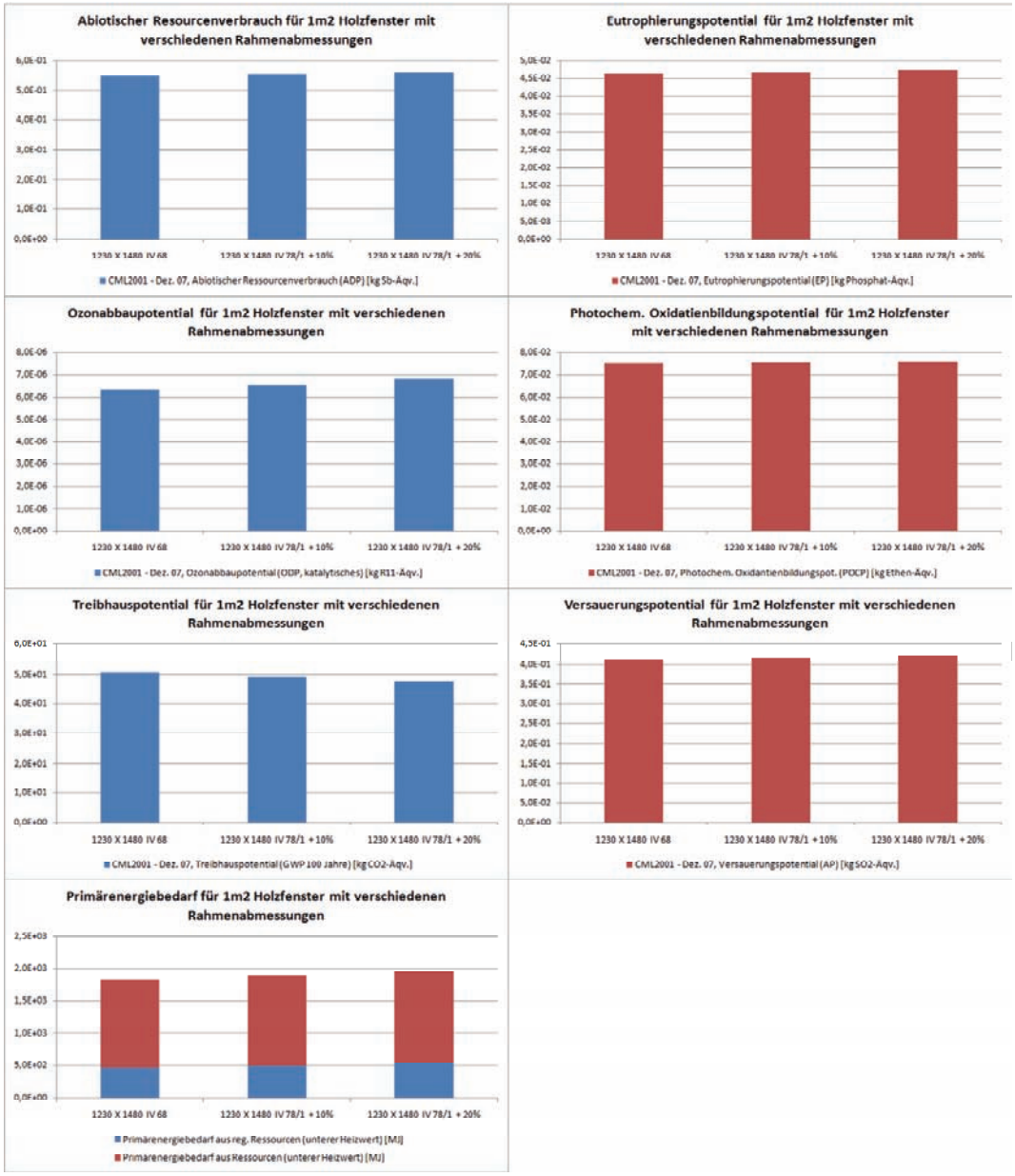


Abbildung 45 Sensitivitätsanalyse Holzfenster mit unterschiedlichen Rahmenabmessungen (IV 68/ IV 78) [72]

Tabelle 11-38 Sensitivitätsanalyse Holzfenster mit unterschiedlichen Rahmenabmessungen (IV 68/ IV 78) [72]

Ökobilanzergebnisse für einen Quadratmeter Holzfenster			
Umweltliche Größen	**1230 X 1480 IV 68**	**1230 X 1480 IV 78/1 + 10%**	**1230 X 1480 IV 78/1 + 20%**
CML2001 - Dez. 07, Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	5,476E-01	5,550E-01	5,630E-01
CML2001 - Dez. 07, Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	4,643E-02	4,695E-02	4,752E-02
CML2001 - Dez. 07, Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	6,351E-06	6,576E-06	6,816E-06
CML2001 - Dez. 07, Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	7,514E-02	7,555E-02	7,598E-02
CML2001 - Dez. 07, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO2-Äqv.]	5,069E+01	4,923E+01	4,768E+01
CML2001 - Dez. 07, Versauerungspotential (AP) [kg SO2-Äqv.]	4,127E-01	4,171E-01	4,217E-01
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	4,530E+02	4,902E+02	5,299E+02
Primärenergiebedarf aus reg. und nicht reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,827E+03	1,888E+03	1,953E+03
Primärenergiebedarf aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,374E+03	1,398E+03	1,423E+03

Ergebnis:
Unterschiede in den betrachteten Szenarien sind marginal. Es zeigt sich keine maßgebliche Relevanz auf das Gesamtergebnis. Für die Erstellung der Muster-EPDs wurden Rahmenabmessungen IV 78 als markttypische Vertreter abgebildet. Allerdings wurde der Geltungsbereich der Muster-EPD Holzfenster auch auf IV 92 Profilsysteme ausgelegt, da das Mehr der Umweltwirkungen 10% nicht übersteigen (siehe Ergebnisse IV 78 +20 % in Tabelle 11-38). IV 68 Systeme sind ebenfalls eingeschlossen.

Untersuchung des Einflusses verschiedener Oberflächenbeschichtungen von Holzfenstern

Untersucht wird jeweils 1 m² Holzfenster unter Verwendung von lackierten Profilen gegenüber Fenstern mit lasierten Profilen (transparent oder pigmentiert). Die Oberflächenbehandlungen variieren in der Zusammensetzung und Auftragsmenge.

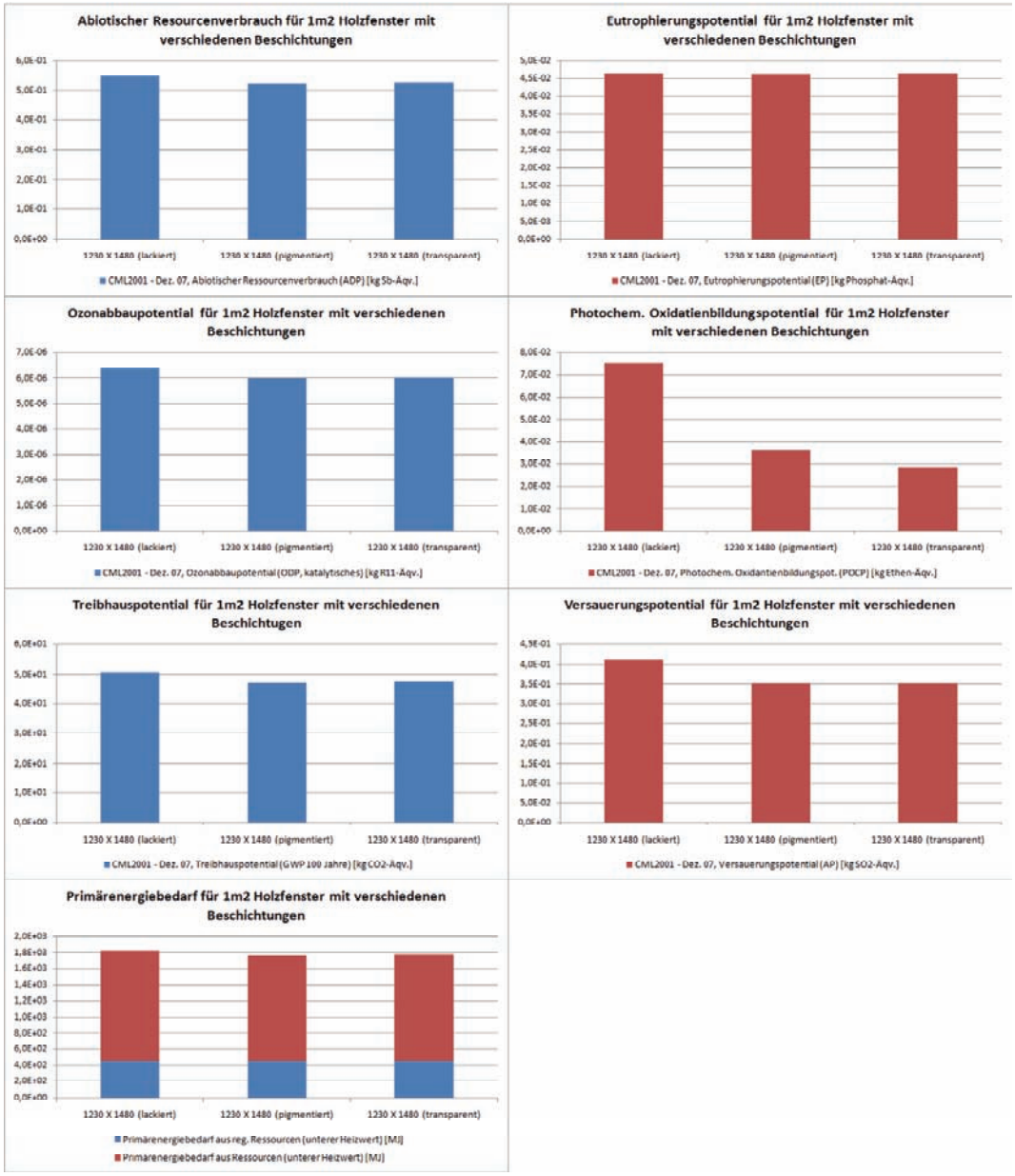


Abbildung 46 Sensitivitätsanalyse Holzfenster mit verschiedenen Oberflächenbeschichtungen [72]

Tabelle 11-39 Sensitivitätsanalyse Holzfenster mit verschiedenen Oberflächenbeschichtungen [72]

Ökobilanzergebnisse für einen Quadratmeter Holzfenster			
Umweltliche Größen	**1230 X 1480 (lackiert)**	**1230 X 1480 (pigmentiert)**	**1230 X 1480 (transparent)**
CML2001 - Dez. 07, Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	5,476E-01	5,236E-01	5,263E-01
CML2001 - Dez. 07, Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	4,643E-02	4,629E-02	4,640E-02
CML2001 - Dez. 07, Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	6,351E-06	6,007E-06	6,035E-06
CML2001 - Dez. 07, Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	7,514E-02	3,611E-02	2,838E-02
CML2001 - Dez. 07, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO2-Äqv.]	5,069E+01	4,713E+01	4,750E+01
CML2001 - Dez. 07, Versauerungspotential (AP) [kg SO2-Äqv.]	4,127E-01	3,509E-01	3,516E-01
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	4,530E+02	4,513E+02	4,514E+02
Primärenergiebedarf aus reg. und nicht reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,827E+03	1,762E+03	1,769E+03
Primärenergiebedarf aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,374E+03	1,311E+03	1,318E+03

Ergebnis:
Unterschiede in den betrachteten Szenarien sind marginal, mit Ausnahme des POCP und AP. Für die Erstellung der Muster-EPDs wurde die herkömmliche Lackierung als typisches Beispiel gewählt.

11.5 Sensitivitätsanalyse Flachglas

Untersuchung des Einflusses verschiedener Glasrandverbunde und Scheibenzwischenräume (SZR 16 bzw. 20 mm) bei Mehrscheibenisolierglas

Untersucht wird jeweils 1 m² Kunststofffenster als Basis, wobei verschiedene Glasverbunde dargestellt werden. Diese variieren in Material und Massenanteil. Scheibenabstand und Abstandshalter wurden variiert. Scheibendicke, Scheibenanzahl und -größe wurde beibehalten.

Abbildung 47 Sensitivitätsanalyse verschiedener Glasrandverbunde [72]

Tabelle 11-40 Sensitivitätsanalyse verschiedener Glasrandverbunde [72]

Ökobilanzergebnisse für einen Quadratmeter Kunststofffenster mit verschiedenen Glasverbunden				
Umweltliche Größen	**4-12-4 / Aluminium / Polysulfid**	**4-16-4 / Aluminium / Polysulfid**	**4-12-4 / EPDM / Silikon**	**4-16-4 / EPDM / Silikon**
CML2001 - Dez. 07, Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) [kg Sb-Äqv.]	5,066E-01	5,111E-01	5,019E-01	5,052E-01
CML2001 - Dez. 07, Eutrophierungspotential (EP) [kg Phosphat-Äqv.]	3,412E-02	3,429E-02	3,374E-02	3,380E-02
CML2001 - Dez. 07, Ozonabbaupotential (ODP, katalytisches) [kg R11-Äqv.]	2,206E-06	2,232E-06	2,156E-06	2,172E-06
CML2001 - Dez. 07, Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) [kg Ethen-Äqv.]	2,660E-02	2,686E-02	2,613E-02	2,627E-02
CML2001 - Dez. 07, Treibhauspotential (GWP 100 Jahre) [kg CO2-Äqv.]	6,732E+01	6,793E+01	6,615E+01	6,645E+01
CML2001 - Dez. 07, Versauerungspotential (AP) [kg SO2-Äqv.]	3,511E-01	3,530E-01	3,459E-01	3,466E-01
Primärenergiebedarf aus reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	3,610E+01	3,710E+01	3,332E+01	3,374E+01
Primärenergiebedarf aus reg. und nicht reg. Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,211E+03	1,222E+03	1,197E+03	1,205E+03
Primärenergiebedarf aus Ressourcen (unterer Heizwert) [MJ]	1,175E+03	1,185E+03	1,163E+03	1,171E+03

Ergebnis:

Unterschiede in den betrachteten Szenarien sind marginal. Es zeigt sich keine maßgebliche Relevanz auf das Gesamtergebnis. Die EPD ist für alle untersuchten Dichtungen und Dichtstoffe gültig.

12 Erstellung der Umweltproduktdeklarationen für Fenster

12.1 Ökobilanzierung

12.1.1 Ziel der Untersuchung

Gegenstand der vorliegenden Studie ist die Ermittlung der Umweltwirkungen über den Lebenszyklus von 1 m² Holzfenster, Kunststofffenster und Aluminiumfenster. Aufgrund der Vielzahl an möglichen Parametereinstellungen wurden drei sogenannte Muster-EPDs in Abhängigkeit des Rahmenmaterials erstellt:

- Holzfenster
- Kunststofffenster (PVC)
- Aluminiumfenster

Verwendet wurden durchschnittliche Industriedaten, im Wesentlichen aus den Jahren 2009/2010, zur Verfügung gestellt vom Verband Fenster + Fassade, Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V., Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V., EPPA, Bundesverband Flachglas sowie dessen Mitgliedsunternehmen, **ift** Rosenheim sowie Herstellern spezifischer Fensterkomponenten.

Ziel der Auswertung war es, die Ökobilanz-Informationen so auszuwerten, dass diese für die Umweltproduktdeklaration (Typ III) direkt verwendbar sind. Die Verwendung der Studie ist vorgesehen zur Anwendung und Auswertung der Aussagen innerhalb der Umweltproduktdeklaration „Holzfenster“, „Kunststofffenster“ und „Aluminiumfenster“. Zielgruppen sind hierbei insbesondere Planer, Architekten und interessierte Fachkreise. Die vorliegende Ökobilanz wurde mit der Ökobilanzsoftware GaBi 4 [32] nach den Vorgaben der DIN ISO 14025 durchgeführt.

Die Durchführung der Ökobilanz erfolgte nach den in der PCR Fenster und Türen und den im allgemeinen Leitfaden des Instituts Bauen und Umwelt e.V. IBU 2006 beschriebenen Randbedingungen.

12.1.2 Deklarierte Einheit

Die Deklaration bezieht sich auf den Lebenszyklus von 1 m² Fenster:

- 1 m² Holzfenster
- 1 m² Kunststofffenster
- 1 m² Aluminiumfenster

12.1.3 Produktbeschreibung

Innerhalb der jeweiligen EPD für Holz-, Kunststoff- und Aluminiumfenster wurden sogenannten Muster-EPDs mit folgenden Charakteristika adressiert:

Holzfenster:

Die EPD ist gültig für Holzfenster gemäß EN 14351-1 unabhängig ihrer Größe. Die Berechnung der Ökobilanz erfolgte anhand der in EN 14351-1 definierten Standardgröße von 1,23 m x 1,48 m.

Produktbeschreibung

Profilsystem	IV68, IV78, IV 92
Öffnungsart/Öffnungsrichtung	Dreh, Kipp, Drehkipp nach innen oder außen öffnend
Rahmenmaterial	lamellierte Kanteln aus Massivholz oder Vollholz
Blendrahmenaußenmaß	größenunabhängig
Falzausbildung	
Falzentwässerung	Regenschutzschiene aus Aluminium
Falzdichtung	
Mitte	Dichtungsmaterial aus EPDM oder TPE oder TPV
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM oder TPE oder TPV
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM oder TPE oder TPV
Oberflächenbeschichtung	
Typ	deckende Beschichtung mit wasserverdünnbaren Beschichtungssystemen, Mindesttrockenschichtdicke 100 µm im sichtbaren Bereich oder lasierende Beschichtung mit wasserverdünnbaren Beschichtungssystemen, Mindesttrockenschichtdicke 80 µm im sichtbaren Bereich
Füllung	
Typ	Mehrscheiben-Isolierglas 2-fach oder 3-fach entsprechend EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas

Einbau der Füllungen

Verglasungsdichtung

außen	Dichtungsmaterial aus Silikon oder aus EPDM/TPE/TPV
innen	spritzbares Dichtungsmaterial aus Silikon oder aus EPDM/TPE/TPV

Beschläge

Typ	Beschläge entsprechend EPD Schlösser und Beschläge

Die Ökobilanz gilt nicht für:

- Dachflächenfenster, da sich diese konstruktiv zu sehr von den deklarierten Fenstern unterscheiden
- Structural glazing
- Fenster aus modifizierten Hölzern
- Fenster aus Hölzern, die aus Raubbau stammen
- Fenster mit in den Rahmenprofilen integrierten Dämmstoffen

Zusatzbauteile wie äußere bzw. innere Abschlüsse, wie z. B. Rollläden, Sonnenschutzvorrichtungen und Rollladenkästen sind gesondert zu berücksichtigen. Zusätzlich sind die jeweiligen Systembeschreibungen des Herstellers zu beachten.

Kunststofffenster

Die EPD ist gültig für Kunststofffenster gemäß EN 14351-1 unabhängig ihrer Größe. Die Berechnung der Ökobilanz erfolgte anhand der in EN 14351-1 definierten Standardgröße von 1,23 m x 1,48 m.

Produktbeschreibung:

Profilsystem	Mehrkammerprofil aus PVC-U mit Stahlarmierung; Bautiefe: bis ca. 92 mm (3-fach Glas)
Öffnungsart / Öffnungsrichtung	Dreh, Kipp, Drehkipp nach innen oder außen öffnend
Rahmenmaterial	PVC-U
Blendrahmenaußenmaß	größenunabhängig
Falzausbildung	
Falzdichtung	AD-System bzw. MD-System
Mitte	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
Füllung	
Typ	Mehrscheiben-Isolierglas 2-fach oder 3-fach entsprechend EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas
Einbau der Füllungen	
Verglasungsdichtung	
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
Beschläge	
Typ	Beschläge entsprechend EPD Schlösser und Beschläge

Die Ökobilanz gilt nicht für:

- Dachflächenfenster, da sich diese konstruktiv zu sehr von den deklarierten Fenstern unterscheiden
- Structural glazing
- Profile mit integrierten Dämmstoffen (Einschiebling bzw. ausgeschäumt)

Zusatzbauteile wie äußere bzw. innere Abschlüsse, wie z. B. Rollläden, Sonnenschutzvorrichtungen, Rollladenkästen sind gesondert zu berücksichtigen. Zusätzlich sind die jeweiligen Systembeschreibungen des Herstellers zu beachten.

Aluminiumfenster

Die EPD ist gültig für Aluminiumfenster gemäß EN 14351-1 unabhängig ihrer Größe. Die Berechnung der Ökobilanz erfolgte anhand der in EN 14351-1 definierten Standardgröße von 1,23 m x 1,48 m.

Produktbeschreibung:

Profilsystem	Wärmegedämmtes Aluminiumverbundprofil; Bautiefe 60 - 75 mm (3-fach Glas)
Öffnungsart / Öffnungsrichtung	Dreh, Kipp, Drehkipp nach innen oder außen öffnend
Rahmenmaterial	Aluminium mit thermischer Trennung aus Polyamid bzw. Polyproplyen, ABS
Blendrahmenaußenmaß	größenunabhängig
Falzausbildung	
Falzdichtung	
Mitte	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
Oberflächenbeschichtung	
Typ	Eloxiert oder pulverbeschichtet
Füllung	
Typ	Mehrscheiben-Isolierglas 2-fach oder 3-fach entsprechend EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas
Einbau der Füllungen	
Verglasungsdichtung	
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
Beschläge	
Typ	Beschläge entsprechend EPD Schlösser und Beschläge

Die Ökobilanz gilt nicht für:

- Dachflächenfenster, da sich diese konstruktiv zu sehr von den deklarierten Fenstern unterscheiden
- Structural glazing
- Schaumeinlagen in der Zone der thermischen Trennung

Zusatzbauteile wie äußere bzw. innere Abschlüsse, wie z. B. Rollläden, Sonnenschutzvorrichtungen, Rollladenkästen sind gesondert zu berücksichtigen.

- Zusätzliche Angaben für den Architekten:
- Bautiefe: z. B. 67 mm
- Rahmenansichtsbreite ca. 70 mm bis 100 mm

Zusätzlich sind die jeweiligen Systembeschreibungen des Herstellers zu berücksichtigen.

12.1.4 Anwendungsbereich

Es handelt sich um Fenster zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden.

12.1.5 Systemgrenzen

Die Lebenszyklusanalyse für Fenster betrachtet alle Lebenswegabschnitte (cradle to grave), d. h. Herstellung, Nutzung und Nachnutzung:

- Rohstoffgewinnung (A1)
- Transportwege während der Herstellphase (A2)
- Fertigung der Fensterkomponenten (A3)
- die Herstellung des Produkts (Strom, thermische Energie, Hilfsstoffe) (A3)
- Verpackung (A3) und End-of-Life der Verpackung (einschließlich Gutschriften für Strom und thermische Energie) (A5)
- Szenario für den Transport zur Baustelle (A4)
- Szenario für die Montage (A5)

Für die Nutzung wurden Szenarien für durch das Fenster induzierte Aufwendungen (B1, anteiliger Energiebedarf des Gebäudes) und das Fenster selbst betreffende Aufwendungen (B2 – B7, d. h. Unterhalt, Instandhaltung und Renovierung über 50 Jahre) unterschieden.

Zum Lebensende sind Szenarien für Rückbau, Verwertung und Entsorgung (C1-C4) sowie das Recyclingpotenzial (D) beinhaltet.

Die Systemgrenzen für das End-of-Life beziehen sich auf den Lebenswegabschnitt der Verwertung, d. h.

- die thermische Verwertung der Holzfenster in einer MVA gemäß 17. BImSchV,
- insbesondere eines stofflichen Recyclings der Kunststoff- und Metallbestandteile bei Kunststofffenstern,
- ein Recycling der Aluminiumbestandteile sowie eine thermische Verwertung der Dichtungen im Fall des Aluminiumfensters.

Im Kapitel 1 sind für alle Szenarien (A4, A5, B1 – B7, C1 – C4, D) verschiedene Grund-/Referenzszenarien dargestellt, welche die meisten wesentlichen Möglichkeiten für den jeweiligen Lebenszyklusabschnitt abdecken.

Der Produktionsstandort befindet sich in Deutschland. Demnach wird der Strom-Mix für Deutschland mit dem Bezugsjahr 2008 verwendet.

12.1.6 Abschneidekriterien

Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d. h. alle nach Rezeptur eingesetzten Ausgangsstoffe, die eingesetzte thermische Energie, der interne Kraftstoffverbrauch sowie der Stromverbrauch, alle direkten Produktionsabfälle sowie alle zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen in der Bilanzierung berücksichtigt. Für alle berücksichtigten In– und Outputs wurden Annahmen zu den Transportaufwendungen getroffen. Damit wurden auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von kleiner als 1 % berücksichtigt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5 % der Wirkkategorien nicht übersteigt.

Die für die Herstellung benötigten Maschinen, Anlagen und die Infrastruktur werden vernachlässigt. Transportaufwendungen für die Verpackungen wurden ebenfalls vernachlässigt.

12.1.7 Betrachtungszeitraum

Die Datengrundlage der vorliegenden Ökobilanz für die betrachteten Fenster beruht für die wesentlichen Teile auf den Jahren 2009 und 2010.

Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien, Hilfs- und Betriebsstoffen sind als Mittelwerte von 12 Monaten im betrachteten Werk berücksichtigt.

12.1.8 Hintergrunddaten

Zur Modellierung des Lebenszyklus für die verschiedenen Fenster wurde das von der PE INERNATIONAL GmbH entwickelte Software-System zur ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt (GaBi 4 2009 [32]). Die in der GaBi-Datenbank enthaltenen konsistenten Datensätze sind dokumentiert in der online GaBi-Dokumentation (GaBi 4 2009 [34]) Die Basisdaten der GaBi-Datenbank wurden für Energie, Transporte und Hilfsstoffe verwendet.

Die Ökobilanz wurde für den Bezugsraum Deutschland erstellt. Dies hat zur Folge, dass neben den Produktionsprozessen unter diesen Randbedingungen auch die für Deutschland relevanten Vorstufen, wie Strom- oder Energieträgerbereitstellung, verwendet wurden.

12.1.9 Datenqualität

Die Datengrundlage basiert auf Datenaufnahmen aus verschiedenen Herstellerwerken. Sie geben typische Daten der Branche wieder. Die Werte wurden über die Produktionsmengen der beteiligten Unternehmen gewichtet gemittelt.
Die Sachbilanz der verschiedenen Fenstertypen ist in Anhang A dokumentiert.
Die folgende Tabelle 12-41 beschreibt die Datenqualität der verwendeten Datensätze:

Tabelle 12-41 Datenqualität der verwendeten Datensätze [73]

Datensatz	Datenqualität	
Glas		
Flachglas	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden ‘cradle to gate‘-Datensatzes. Die Datenqualität ist als gut einzustufen. Der Datensatz basiert auf Industriedaten.	
	Zeitliche Repräsentativität	2005
	Geographische Repräsentativität	Europa
	Technische Repräsentativität	Technologie Mix
	Sachbilanz siehe Kapitel 12.2.2	
Holz		

Lamellierte Kanteln aus Massivholz oder Vollholz	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden 'cradle to gate'-Datensatzes. Die Datenqualität ist als gut einzustufen. Der Datensatz basiert hauptsächlich auf Industriedaten (jährlicher Durchschnitt, standardisierter Produktionsprozess).	
	Zeitliche Repräsentativität	2009
	Geographische Repräsentativität	Deutschland
	Technische Repräsentativität	Technologie Mix
	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B90bebd8f-ee02-414e-a32b-9ae4e0c0d378%7D.xml	
Aluminium		
Aluminium Extrusionsprofil, Aluminium Massel	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden Datensatzes. Die Datenqualität ist als gut einzustufen. Der Datensatz basiert auf Industriedaten.	
	Zeitliche Repräsentativität	2005
	Geographische Repräsentativität	Europa
	Technische Repräsentativität	Technologie Mix
	http://www.eaa.net/upl/4/en/doc/EAA_Environmental_profile_report_May08.pdf	
PVC		
PVC-Granulat	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden Datensatzes. Die Datenqualität ist als gut einzustufen. Der Datensatz basiert auf Industriedaten.	
	Zeitliche Repräsentativität	2005
	Geographische Repräsentativität	Deutschland
	Technische Repräsentativität	Technologie Mix
	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B0b867923-e9d8-4cd0-a206-e1560d271f24%7D.xml	
Energie		
Erdgas Mix	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden 'cradle to gate'-Datensatzes. Die Datenqualität ist als gut einzustufen. Der Datensatz basiert hauptsächlich auf Industriedaten (jährlicher Durch-	

	schnitt, standardisierter Produktionsprozess).	
	Zeitliche Repräsentativität	2002
	Geographische Repräsentativität	Deutschland
	Technische Repräsentativität	Technologie-Mix
	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B297d0f72-a589-4624-a088-b33e12ecca15%7D.xml	
Strom-Mix	Gute Datenqualität. Der Energieträger-Mix basiert auf veröffentlichten statistischen Informationen (inkl. Import und Export). Detaillierte Kraftwerksmodelle wurden verwendet, die gemessene und berechnete Emissionen für nicht gemessene Daten berücksichtigen. Daten zur Gewinnung und Aufbereitung der Energieträger sind von guter bis ausreichender Datenqualität (z. B. Raffinerie). Inventardaten basieren teilweise auf Industriedaten und teilweise auf sekundären Literaturdaten.	
	Zeitliche Repräsentativität	2008
	Geographische Repräsentativität	Deutschland
	Technische Repräsentativität	Technologie-Mix
	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B48ab6f40-203b-4895-8742-9bdbef55e494%7D.xml	
End-of-Life		
Verbrennung von verschiedenen Materialien in Müllverbrennungsanlagen (z. B. Holz)	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden Datensatzes. Die Datenqualität ist als gut einzustufen. Der Datensatz basiert auf Industriedaten (jährlicher Durchschnitt, standardisierter Produktionsprozess).	
	Zeitliche Repräsentativität	2008
	Geographische Repräsentativität	Europa
	Technische Repräsentativität	Technologie-Mix
	Der Datensatz basiert auf dem Report ‘Life Cycle Assessment of Waste-to-Energy plants in Europe’ (CEWEB 2008 [47])	
Aluminium-Recycling	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden Datensatzes. Die Datenqualität ist als gut einzustufen. Der Datensatz basiert auf Industriedaten.	
	Zeitliche Repräsentativität	2005

	Geographische Repräsentativität	Europa
	Technische Repräsentativität	Technologie-Mix
	http://www.eaa.net/upl/4/en/doc/EAA_Environmental_profile_report_May08.pdf	
PVC-Recycling	Der Datensatz umfasst alle relevanten Prozessschritte und Technologien über die Vorketten des vorliegenden Datensatzes. Die Datenqualität ist als ausreichend einzustufen. Der Datensatz basiert auf Literaturdaten	
	Zeitliche Repräsentativität	
	Geographische Repräsentativität	Deutschland
	Technische Repräsentativität	Technologie-Mix
	Der Datensatz basiert auf den vom VFF [26] beschriebenen Zukunftsszenario.	

Anzumerken ist, dass die veröffentlichten Daten zwar nicht immer auf unabhängigen LCA-Studien basieren, aber auf internen Reviews, durchgeführt von produkt- und prozessspezifischen Experten, was die Datenqualität sichert.

12.1.10 Transporte

Die Transporte der eingesetzten Roh- und Hilfsstoffe in der Produktherstellung wurden in der Bilanz berücksichtigt (A 2), ebenfalls Transporte zum Einbauort (A 4) sowie zum End-of-Life (C 2).

12.1.11 Zuordnung von Werksdaten zu den deklarierten Produkten

Alle Werksdaten beziehen sich auf das deklarierte Produkt. Im Rahmen der Ökobilanz wurden hierfür keine Allokationen durchgeführt.

12.1.12 Allokation von Koppelprodukten

Im Rahmen der Ökobilanz wurden hierfür keine Allokationen durchgeführt.

Allokationen (d. h. die Zuordnung von Umweltlasten eines Prozesses auf mehrere Produkte) können in den verwendeten Hintergrunddatensätzen der GaBi 4-Datenbank vorgenommen worden sein, die dann in den zugehörigen Einzeldokumentationen hinterlegt sind (GaBi 2009 [32]).

12.1.13 Allokation bei Multi-Input-Prozessen

Nicht verwertete Reststoffe werden in einer gemischten MVA verbrannt bzw. auf einer geeigneten Deponie abgelagert und die Lasten inputspezifisch zugerechnet. Brennbare Abfälle werden in einer MVA verbrannt. Im Modell werden diese input-spezifisch modelliert. Entsprechend ihrer elementaren Zusammensetzung und der daraus resultierenden Heizwerte werden Gutschriften für die thermische Verwertung (inklusive der dabei auftretenden Emissionen) berücksichtigt.

12.1.14 Allokation bei open und closed loop Recycling auf der Inputseite

Im Rahmen der Ökobilanz wurden hierfür keine Allokationen durchgeführt.

Allokationen können in den verwendeten Hintergrunddatensätzen der GaBi 4-Datenbank vorgenommen worden sein, die dann in den zugehörigen Einzeldokumentationen hinterlegt sind (GaBi 2009 [32]).

12.1.15 Hinweise zur Nutzungsphase

Holzfenster:

Die Nutzungsphase des Holzfensters wird mittels folgender Szenarien abgebildet:

Zur Charakterisierung der energetischen Performance des Fensters wird eine Berechnung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 [66] (Heizperiodenverfahren) durchgeführt. Dabei werden Transmissionswärmeverluste und solare Gewinne verrechnet, innere Gewinne des Gebäudes sowie Lüftungswärmeverluste werden nicht dem Fenster zugerechnet.

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde mit verbesserte Wärmedämmung (**B1.2**) mit U_w = 1,0; g = 0,5; τ_V = 0,7 über den Zeitraum von 50 Jahren für einen Anteil von 35 % Süd-, je 25 % Ost- und West- und 15 % Nordfenstern gerechnet. Es wird vorausgesetzt, dass die baulichen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 [65] erfüllt sind, d. h. keine Kühlung im Sommer notwendig ist. Der Heizwärmebedarf wird durch eine Gasheizung gedeckt.

Im Basisszenario wird ein häufiger manueller Reinigungsaufwand (**B2.3**) angenommen (manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich).

In Bezug auf Instandhaltung und Reparatur wird von einer normalen Beanspruchung (**B3.2**) ausgegangen, die für Büro- bzw. öffentliche Gebäude gilt. Das Szenario sieht einen Austausch von Mehrscheibenisolierglas und Dichtungen innerhalb einer Nutzungsdauer von 50 Jahren vor.

Für das gesamte Fenster wird gemäß Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS von einer Nutzungszeit von 50 Jahren ausgegangen, so dass kein Ersatz des gesamten Fensters notwendig ist (**B4**).

Das Szenario Aufarbeitung/Renovierung sieht bei normaler Beanspruchung (**B5.2**) vor, dass das Fenster alle sechs Jahre aufgearbeitet und mit geeigneten Beschichtungen gestrichen wird. Die zugängliche der zu beschichtenden Oberfläche beträgt etwa 45 % der gesamten Oberfläche von Rahmen und Flügel.

Während des Betriebs wird manuelle Betätigung (**B6.1**) d. h. kein Energieverbrauch durch eine motorisierte Komponente angenommen.

Kunststofffenster:

Die Nutzungsphase des Kunststofffensters wird mittels folgender Szenarien abgebildet:

Zur Charakterisierung der energetischen Performance des Fensters wird eine Berechnung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 [66] (Heizperiodenverfahren) durchgeführt. Dabei werden Transmissionswärmeverluste und solare Gewinne verrechnet, innere Gewinne des Gebäudes sowie Lüftungswärmeverluste werden nicht dem Fenster zugerechnet.

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde mit verbesserter Wärmedämmung (**B1.2**) mit $U_w = 1,0$; $g = 0,5$; $\tau_V = 0,7$ über den Zeitraum von 50 Jahren für einen Anteil von 35 % Süd-, je 25 % Ost- und West- und 15 % Nordfenstern gerechnet. Es wird vorausgesetzt, dass die baulichen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 [65] erfüllt sind, d. h. keine Kühlung im Sommer notwendig ist. Der Heizwärmebedarf wird durch eine Gasheizung gedeckt.

Im Basisszenario wird ein häufiger manueller Reinigungsaufwand (**B2.3**) angenommen (manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich).

In Bezug auf Instandhaltung und Reparatur wird von einer normalen Beanspruchung (**B3.2**) ausgegangen, die für Büro- bzw. öffentliche Gebäude gilt. Das Szenario sieht einen Austausch von Mehrscheibenisolierglas und Dichtungen innerhalb einer Nutzungsdauer von 50 Jahren vor.

Für das gesamte Fenster wird gemäß Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS von einer Nutzungszeit von 50 Jahren ausgegangen, so dass kein Ersatz des gesamten Fensters notwendig ist (**B4**).

Das Szenario Aufarbeitung/Renovierung sieht für Kunststofffenster keinerlei Aufarbeitung vor (**B5.1**).
Während des Betriebs wird manuelle Betätigung (**B6.1**) d. h. kein Energieverbrauch durch eine motorisierte Komponente angenommen.

Aluminiumfenster:

Die Nutzungsphase des Aluminiumfensters wird mittels Szenarien abgebildet.

Zur Charakterisierung der energetischen Performance des Fensters wird eine Berechnung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 [66] (Heizperiodenverfahren) durchgeführt. Dabei werden Transmissionswärmeverluste und solare Gewinne verrechnet, innere Gewinne des Gebäudes sowie Lüftungswärmeverluste werden nicht dem Fenster zugerechnet.

Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde mit verbesserter Wärmedämmung (**B1.2**) mit $U_w = 1,0$; $g = 0,5$; $\tau_V = 0,7$ über den Zeitraum von 50 Jahre für einen Anteil von 35 % Süd-, je 25 % Ost- und West- und 15 % Nordfenstern gerechnet. Es wird vorausgesetzt, dass die baulichen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 [65] erfüllt sind, d. h. keine Kühlung im Sommer notwendig ist. Der Heizwärmebedarf wird durch eine Gasheizung gedeckt.

Im Basisszenario wird ein häufiger manueller Reinigungsaufwand (**B2.3**) angenommen (manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich).

In Bezug auf Instandhaltung und Reparatur wird von einer normalen Beanspruchung (**B3.2**) ausgegangen, die für Büro- bzw. öffentliche Gebäude gilt. Das Szenario sieht einen Austausch von Mehrscheibenisolierglas und Dichtungen innerhalb einer Nutzungsdauer von 50 Jahren vor.

Für das gesamte Fenster wird gemäß Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS von einer Nutzungszeit von 50 Jahren ausgegangen, so dass kein Ersatz des gesamten Fensters notwendig ist (**B4**).

Das Szenario Aufarbeitung/Renovierung sieht für Aluminiumfenster keinerlei Aufarbeitung vor (**B5.1**).

Während des Betriebs wird manuelle Betätigung (**B6.1**) d. h. kein Energieverbrauch durch eine motorisierte Komponente angenommen.

12.1.16 Wahl des Entsorgungsverfahrens

Holzfenster:

Zusätzlich zur Herstellung wurde die Sammlung (**C1**) und thermische Verwertung bzw. das Recycling der Holzfenster (**C3**) berücksichtigt. Es wurde eine Sammelquote von 95 % angenommen. Glas und Beschläge werden vom Rahmen getrennt und Recycelt. Dabei wird von einer Recyclingquote von 90 % für Glas und Metalle ausgegangen. Der beschichtete Holzrahmen wird in einer geeigneten Anlage thermisch verwertet. Alle nicht erfassten Fenstermengen sowie Restfraktionen aus dem Recycling werden als „deponiert“ modelliert (**C4**).

Kunststofffenster:

Zusätzlich zur Herstellung wurde die Sammlung (**C1**) und thermische Verwertung bzw. das Recycling der Kunststofffenster (**C3**) berücksichtigt. Es wurde eine Sammelquote von 95 % angenommen. Glas und Beschläge werden vom Rahmen getrennt und recycelt. Dabei wird von einer Recyclingquote von 90 % für Glas und Metalle ausgegangen. Die PVC-Bestandteile werden rezykliert. Alle nicht erfassten Fenstermengen sowie Restfraktionen aus dem Recycling werden als „deponiert“ modelliert (**C4**).

Aluminiumfenster:

Zusätzlich zur Herstellung wurde die Sammlung (**C1**) und Verwertung bzw. das Recycling der Aluminiumfenster (**C3**) berücksichtigt. Es wurde eine Sammelquote von 99 % angenommen. Glas und Beschläge werden vom Rahmen getrennt und recycelt. Dabei wird von einer Recyclingquote von 90 % für Glas und Metalle ausgegangen. Alle nicht erfassten Fenstermengen sowie Restfraktionen aus dem Recycling werden als „deponiert“ modelliert (**C4**).

Zusammenfassung:

Die Wahl der Entsorgungsverfahren orientiert sich am heutigen Stand der Technik. Die folgenden Entsorgungsverfahren für Produktionsreststoffe liegen der Ökobilanz zu Grunde:

Tabelle 12-42 Materialflüsse und zugehörige Entsorgungsverfahren [72]

Material/Rohstoff	Datensätze der Entsorgungsverfahren
Bauschutt	DE: Inertstoffdeponie (Bauschutt)
Dichtung	DE: EPDM in MVA
Holz	DE: Holz in MVA
Lacke/Grundierung	DE: Acrylat in MVA
Metall	RER: Aluminiumrecycling EAA DE: Aluminium Recyclingpotenzial DE: Stahl Recyclingpotenzial
PVC-Profil	PVC Recycling (PE)
Isolierglasverbund	DE: Recycling zu Behälterglas (siehe EPD 2- und 3-Scheiben-isolierglas)
Beschläge	DE: Recyclingpotenzial Beschläge (siehe EPD Fensterbeschläge)

12.1.17 Allokation beim End-of-Life-Recycling

Das End-of-Life-Potenzial wurde nach der Anforderung des PCR-Dokuments „Fenster und Türen“ berechnet. Es beschreibt den ökologischen Wert der „Anreicherung“ eines Materials in der „Technosphäre“. Es stellt dar, wie viele Umweltlasten dadurch im Verhältnis zur Neuerzeugung des Materials eingespart werden können (Erzeugung Strom und Wärme, Recycling von Metallen und Reduktion des Rohstoffeinsatzes in der Glasindustrie sowie in der PVC-Herstellung durch Granulatrückführung).

Für Metallbestandteile wurde im End-of-Life das Recyclingpotenzial angesetzt. Das Recyclingpotenzial spiegelt die Funktionalität des Produkts nach einer Aufbereitung (Rezyklat) wieder – z. B. ausgedrückt durch den ökonomischen Wert der Rezyklate im Vergleich zu Primärmaterial. Der für die heutige Sekundärproduktion benötigte Produktanteil wurde zuvor abgezogen.

Für das verwendete Glas wird ebenfalls das Recyclingpotenzial angesetzt und die Verwertung von Glasscherben berechnet. Glasscherben ersetzen primäre Rohstoffe bei der Glasbehälter- oder Glaswolleproduktion.

In der Nachnutzungsphase wird für die PVC-Bestandteile ein Recycling angenommen.

12.1.18 Allokation bei der thermischen Verwertung

Das End-of-Life-Potenzial wurde nach der Anforderung des PCR-Dokuments „Fenster und Türen“ berechnet.

Es beschreibt den ökologischen Wert der „Anreicherung“ eines Materials in der „Technosphäre“. Es stellt dar, wie viele Umweltlasten dadurch im Verhältnis zur Neuerzeugung des Materials eingespart werden können (Erzeugung Strom und Wärme, Recycling von Metallen und Reduktion des Rohstoffeinsatzes in der Glasindustrie). Gewonnene Energien aus der thermischen Verwertung von brennbaren Komponenten werden mit einem Äquivalenz-Prozess gegengerechnet. Da der Produktionsstandort in Deutschland ist, wurde für Strom der aktuelle durchschnittliche „Strom-Mix Deutschland“ verwendet und für Wärme „thermische Energie aus Erdgas“.

Holz- und Kunststoffbestandteile (wie Rahmenkomponenten und Dichtungen) werden einer thermischen Verwertung zugeführt und erhalten analog Gutschriften für Strom und thermische Energie aus Erdgas.

12.2 Sachbilanz

Entsprechend der Zieldefinition werden in der Sachbilanz alle maßgeblichen In- und Outputströme, die im Zusammenhang mit dem betrachteten Produkt oder Produktsystem auftreten, identifiziert und quantifiziert.

12.2.1 Quantitative und qualitative Beschreibung der Einheitsprozesse

Die quantitative und qualitative Beschreibung der „unit processes“ nach DIN EN ISO 14040 [52} „Prozessmodul“ ist u.a. den Screenshots des Ökobilanzprogramms GaBi 4 zu entnehmen, die in weiterer Folge und u. a. in Anhang A zu finden sind.

12.2.2 Datenerhebung und -verarbeitung

Verwendet wurden durchschnittliche Industriedaten, im Wesentlichen aus den Jahren 2009/2010, zur Verfügung gestellt vom Verband Fenster + Fassade, Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V., Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V., EPPA, Bundesverband Flachglas sowie dessen Mitgliedsunternehmen, **ift** Rosenheim sowie Herstellern spezifischer Fensterkomponenten.

Generell wurden mit Hilfe von Fragebögen zur Erfassung der Input- und Output-Flüsse in den Werken alle relevanten Material- und Energieflüsse zusammengestellt, auf das Endprodukt von 1 Fenster mit den Abmessungen 1,23 m x 1,48 m erhoben und anschließen umgerechnet auf 1 m² Fenster.

Holzfenster/Profil/Lacke

Die Datenerhebung für die Herstellung der Holzfenster wurde sowohl vom VFF als auch vom **ift** Rosenheim unter Einbindung einer Reihe von Herstellfirmen durchgeführt. Die Primärdaten wurden erhoben und gemittelt.

Holzkanteln und verschiedene Oberflächenbeschichtungen wurden ebenfalls herstellerspezifisch erfasst. Die Daten stammen aus dem Jahr 2009 und geben den Jahresdurchschnitt wieder. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Rezeptur für die verwendete Lackierung und Grundierung auf der Basis von 1 kg.

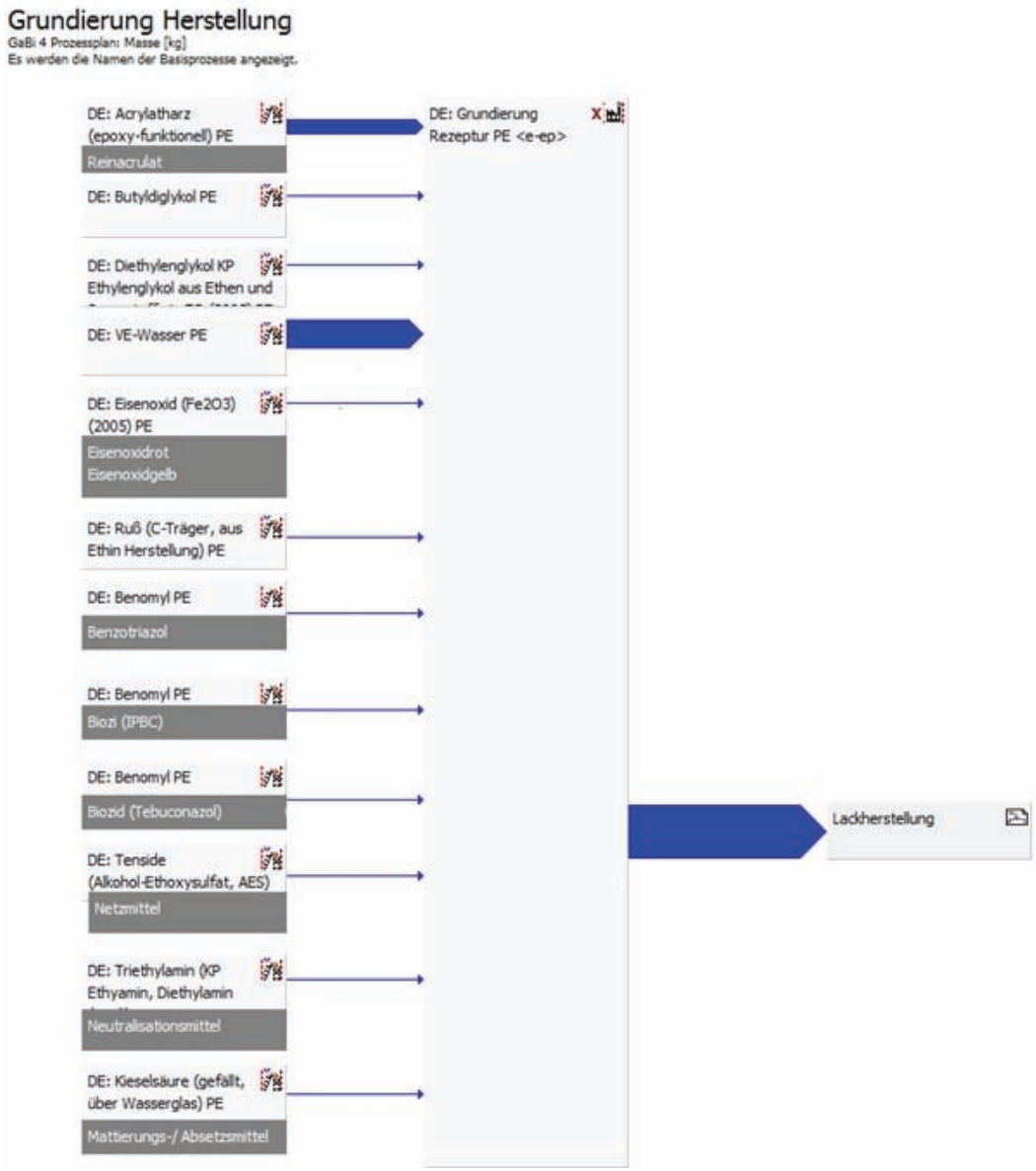


Abbildung 48 GaBi-Plan für die Holzgrundierung [72]

Anmerkung: Aufgrund von Geheimhaltungsvereinbarungen können die spezifischen Mengenangaben in diesem Bericht nicht veröffentlicht werden.

Es wird davon ausgegangen, dass sowohl dem Holzlack als auch der Grundierung dieselben Werksaufwendungen zugewiesen werden. Diese sind in folgender Abbildung dargestellt.

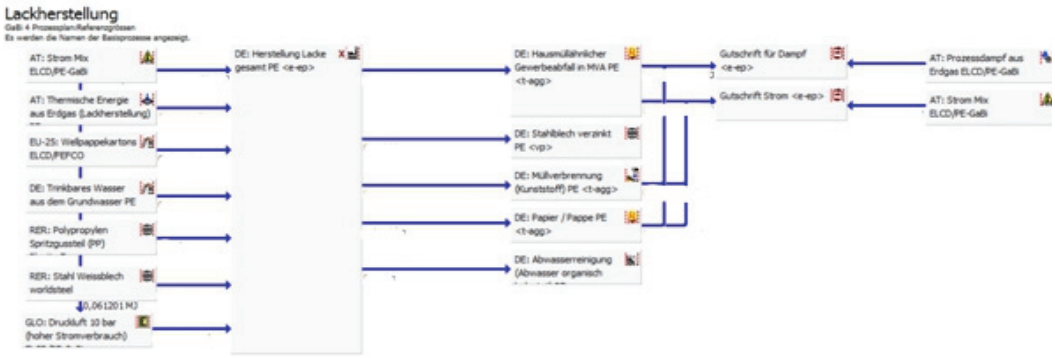


Abbildung 49 GaBi Plan - Werksbetrieb Lack- und Grundierungsherstellung für 1 kg Produkt [72]

Bei der Applikation der Grundierung werden rund 9 M-% NMVOC frei, bei der der Lacke etwa 3 M-% NMVOC.

Kunststofffenster/PVC-Profil

Die Prozessdaten für die Zusammensetzung und Herstellung der Kunststofffenster basieren auf Angaben der European PVC Window Profile and related building products Association (EPPA). Hierfür erfolgte eine umfangreiche Datensammlung und Mittelung der Daten durch die EPPA.

Die Daten für die Herstellung der PVC Profile basieren auf der Datenerhebung von TNO für PlasticsEurope [48]. Sie stellen einen repräsentativen Querschnitt der Branche dar.

Das Recyclingpotenzial basiert auf den in [70] publizierten Daten:

Demnach erfolgt ein Regranulieren, Mischen und Coextrudieren zu neuen PVC-Fensterprofilen unter Zugabe von 300 kg Neugranulat zu 996 kg Altfenster (ohne Glasverbund).

Aluminiumfenster/Aluminiumprofil, pulverbeschichtet

Die Datenerhebung für die Zusammensetzung der Aluminiumfenster und die Herstellung der entsprechenden Aluminiumprofile basiert auf Daten der European Aluminium Association (EAA) [46]. Sie wurden seitens EAA 2005 bei den relevanten Systemhäusern erfasst. Diese Daten bilden auch heute noch die marktspezifische Situation ab.

Mehrscheibenisolierglas

Die Ökobilanz der betrachteten Fenster wurde mit Mehrscheibenisolierglas unter Verwendung von 3-fach-Glasung berechnet. Die Daten beruhen auf dem EPD Mehrscheibenisolierglas „2- und 3-Scheibenisolierglas“ des Bundesverband Flachglas e.V. (EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas).

Beschläge

Daten für Fensterbeschläge entstammen dem EPD Fensterbeschläge des Fachverbandes Schloss- und Beschlagindustrie e.V. [35]
Auf Basis dieser Datengrundlage erfolgte die Modellbildung mit Hilfe der Ökobilanzsoftware GaBi 4 (GABI 2009).

12.2.3 Indikatoren der Sachbilanz – Holzfenster

Stoff- und Energieströme entlang des Lebenszyklus eines Produktes werden in diesem Schritt bestimmt und - auf die deklarierte Einheit bezogen - addiert. Man erhält eine Liste an Stoffen, Energien und Emissionen, deren Umweltwirkungen jedoch erst im nächsten Teilschritt, der Wirkungsabschätzung (Kapitel 13.3) ermittelt und der Übersichtlichkeit halber auch dort dargestellt werden.

Nachfolgend werden für den Lebenszyklus von 1 m² Holzfenster ausgewählte Sachbilanzdaten für den Primärenergieverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasserverbrauch sowie Abfallaufkommen aufgezeigt.

Primärenergie input-seitig

Der Primärenergiebedarf kann durch unterschiedliche Arten von Energiequellen gedeckt werden. Der Primärenergiebedarf ist das Quantum an direkt aus der Geosphäre entnommenen Energie oder Energieträger, die noch keiner anthropogenen Umwandlung unterworfen wurden. Bei fossilen Energieträgern und Uran ist dies z. B. die Menge entnommener Ressource ausgedrückt in Energieäquivalent (Energieinhalt der Energierohstoffe). Bei nachwachsenden Energieträgern wird z. B. die energetisch charakterisierte Menge eingesetzter Biomasse beschrieben. Bei Wasserkraft handelt es sich um die Energiemenge, die aus der Änderung der potenziellen Energie (aus der Höhendifferenz) des Wassers gewonnen wird. Als aggregierte Werte werden folgende Primärenergien ausgewiesen:

Der Summenwert **„Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar“** angegeben in MJ charakterisiert im Wesentlichen den Einsatz der Energieträger Erdgas, Erdöl, Braunkohle, Steinkohle und Uran. Erdgas und Erdöl werden sowohl zur Energieerzeugung, als auch stofflich als Bestandteil z. B. von Kunststoffen eingesetzt. Kohle wird im Wesentlichen zur Energieerzeugung genutzt. Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt.

Der Summenwert **„Primärenergieverbrauch erneuerbar“** angegeben in MJ wird in der Regel separat ausgewiesen und umfasst Wind- und Wasserkraft, Solarenergie und Biomasse.

Primärenergie nicht erneuerbar und erneuerbar

Abbildung 50 zeigt den Primärenergieverbrauch für den Lebenszyklus von 1 m² Holzfenster. Der Verbrauch nicht erneuerbarer Energie für die Herstellung liegt bei ca. 1089 MJ pro m² Holzfenster. Transport und Einbau beeinflussen den Primärenergieeinsatz nur marginal. Der erneuerbare Energieverbrauch für die Herstellung von 1 m² Holzfenster liegt bei 436 MJ.

Den größten Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie verursacht der über 50 Jahre induzierte Heizwärmebedarf (B1). Reinigung, Instandhaltung und -setzung und Renovierung (B2-B7) schlagen mit 77 % des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung zu Buche. Der Aufwand nicht erneuerbarer Primärenergie für Rückbau, Recycling und Entsorgung (C) ist gering, das Recyclingpotenzial (D) beträgt in etwa 47 % der Herstellung.

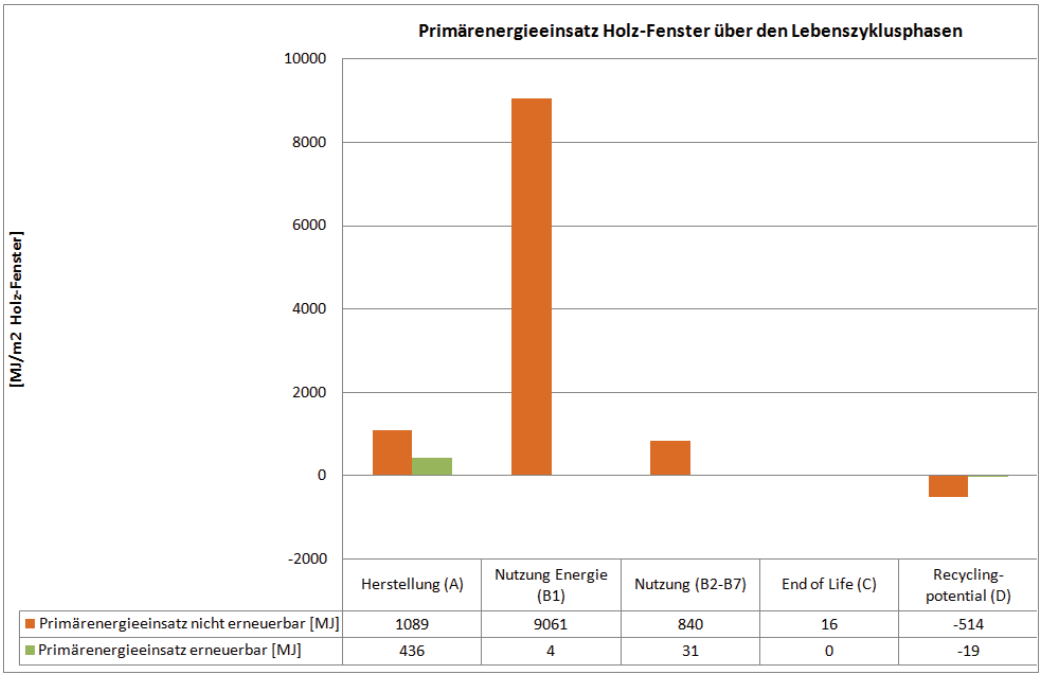


Abbildung 50 Primärenergiebedarf der einzelnen Lebenszyklusphasen für die oben definierten Grundszenarien [72]

Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen

Da der Primärenergiebedarf und auch die Umweltwirkungen der Fenster vorrangig durch den Einfluss auf den Heizwärmebedarf in der Nutzung bestimmt werden, erfolgt die nachfolgende Darstellung der Ergebnisse zum nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf ohne Modul B 1.

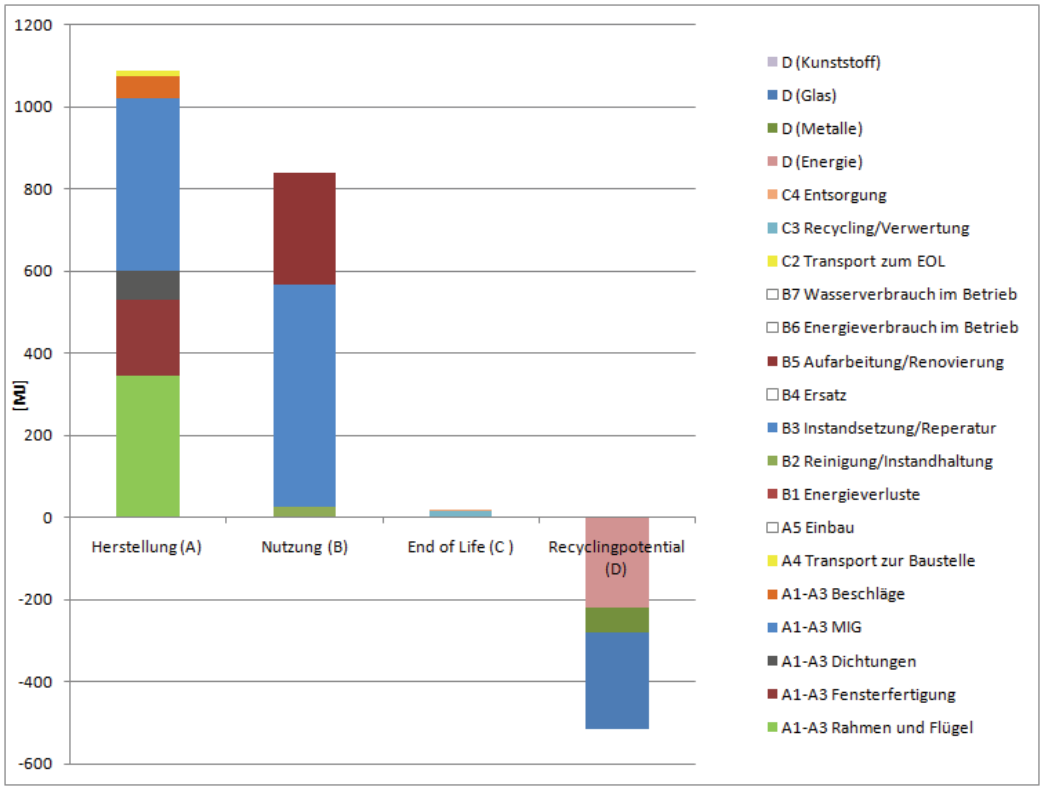


Abbildung 51 Nicht erneuerbarer Primärenergieverbrauch des Holzfenster-Lebenszyklus (ohne B1 – Heizwärmebedarf) nach Lebenszyklusphasen [72]

Die nähere Auswertung des Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² Holzfenster zeigt, dass bei den nicht erneuerbaren Quellen Erdgas, Erdöl und Kohle zu etwa gleichen Anteilen benötigt werden, Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt.

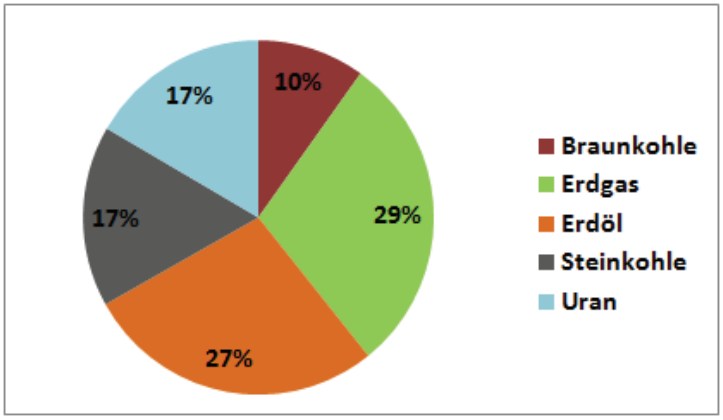


Abbildung 52 Art und Verteilung von nicht erneuerbaren Energieträgern bei der Herstellung des Holzfensters [MJ] [72]

Erneuerbare Primärenergie wird überwiegend für das Holzwachstum (Solarenergie) benötigt, Wasserkraft und Windenergie sind im deutschen Strom-Mix enthalten.

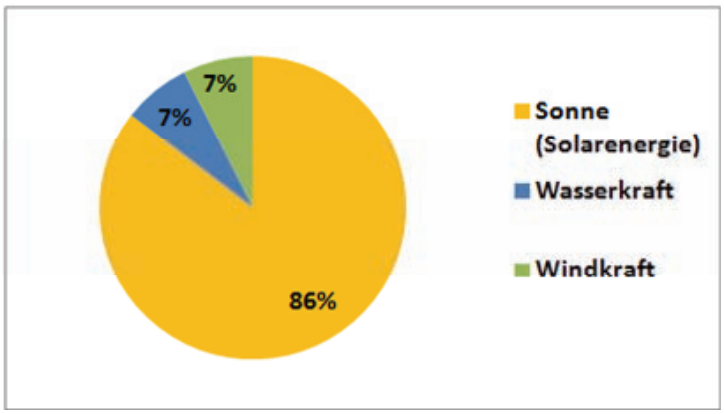


Abbildung 53 Art und Verteilung von erneuerbaren Energieträgern bei der Herstellung des Holzfensters [MJ] [72]

Zusammenfassung:

Die nachfolgende Tabelle stellt den Primärenergieverbrauch für die einzelnen Module des Lebenszyklus dar.

Tabelle 12-43 Übersicht Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus des Holzfensters [72]

Primärenergieeinsatz			
		nicht erneuerbar [MJ]	erneuerbar [MJ]
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	1074	436
	A4 Transport zur Baustelle	16	0
	A5 Einbau	0	0
B Nutzung	B1 Energieverluste	9061	4
	B2 Reinigung/Instandhaltung	26	2
	B3 Instandsetzung/Reperatur	543	24
	B4 Ersatz	0	0
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	272	5
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0	0
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb	0	0
C End of Life	C1 Rückbau	0	0
	C2 Transport zum EOL	3	0
	C3 Recycling/Verwertung	12	0
	C4 Entsorgung	1	0
D Recyclingpotential		-514	-19

Wassernutzung (m³)

Im Lebenszyklus des Fensters werden ca. 0,8 m^3 Wasser verbraucht, der größte Anteil während der Nutzung zur Fensterreinigung.

Tabelle 12-44 Wasserverbrauch über den Lebenszyklus des Holzfensters [72]

1 m^2 Holzfenster					
		Herstellung (A)	**Nutzung (B)**	**End-of-Life (C)**	**Recyclingpotenzial (D)**
Wassernutzung	**[kg]**	**172**	**655**	**24**	**-51**

Abfälle output-seitig

Die Auswertung des Abfallaufkommens wird getrennt für die drei Hauptfraktionen Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle) und gefährliche Abfälle (inklusive radioaktive- und Sonderabfälle) dargestellt. Da die Abfallbehandlung inner-

halb der Systemgrenzen modelliert ist, sind die dargestellten Mengen die abgelagerten Abfälle.

Die **Haldengüter** stellen bei der Herstellung den größten Anteil dar. Dies ist vorrangig auf die Strombereitstellungskette zurückzuführen. Haldengüter entstehen hierbei während der Gewinnung von Energieträgern. Sonderabfälle und radioaktive Abfälle sind Teil der Gruppe „Gefährliche Abfälle“. Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen; radioaktive Abfälle entstehen ausschließlich durch die Stromgewinnung in Kernkraftwerken. Die nachfolgende Tabelle zeigt das Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Holzfenster.

Tabelle 12-45 Abfallaufkommen des Holzfensters über den Lebenszyklus [72]

1 m² Holzfenster					
		Herstellung (A)	Nutzung (B)	End-of-Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Abraum/ Haldengüter	[kg]	206	174	8	-85
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg]	0,082	0,733	0,000	0,019
Sonderabfälle	[kg]	0,374	0,205	0,058	-0,139
Radioaktive Abfälle	[kg]	0,064	0,041	0,000	-0,012

Grundsätzlich werden alle Entsorgungsprozesse bis zur endgültigen Deponierung (einschließlich 100 Jahre Deponiebetrieb) modelliert. Die Menge an ungefährlichen Abfällen ist gering, da diese meist thermisch behandelt werden, was zu einer deutlichen Reduktion der Mengen und zu deponierenden Sonderabfällen (z. B. Filterstäube) führt. Die Mengen an radioaktiven Abfällen werden nur dokumentiert, da für diese bisher noch kein Szenario für eine Endlagerung existiert.

12.2.4 Indikatoren der Sachbilanz – Kunststofffenster

Stoff- und Energieströme entlang des Lebenszyklus eines Produktes werden in diesem Schritt bestimmt und – auf die deklarierte Einheit bezogen – addiert. Man erhält eine Liste an Stoffen, Energien und Emissionen, deren Umweltwirkungen jedoch erst im nächsten Teilschritt, der Wirkungsabschätzung (Kapitel 13.3) ermittelt und der Übersichtlichkeit halber auch dort dargestellt werden.

Nachfolgend werden für den Lebenszyklus von 1 m² Kunststofffenster ausgewählte Sachbilanzdaten für den Primärenergieverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasserverbrauch sowie Abfallaufkommen aufgezeigt.

Primärenergie input-seitig

Primärenergie nicht erneuerbar und erneuerbar

Abbildung 54 zeigt den Primärenergieverbrauch für den Lebenszyklus von 1 m² Kunststofffenster.

Der Verbrauch nicht erneuerbarer Energie für die Herstellung liegt bei 1393 MJ pro m² Kunststofffenster. Transport und Einbau beeinflussen den Primärenergieverbrauch nur marginal. Zusätzlich werden 43 MJ erneuerbare Energie für die Herstellung pro m² Kunststofffenster benötigt.

Den größten Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie verursacht der über 50 Jahre induzierte Heizwärmebedarf (B1). Reinigung, Instandhaltung und -setzung und Renovierung (B2-B7) schlagen mit etwa 40 % des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung zu Buche. Der Aufwand nicht erneuerbarer Primärenergie für Rückbau, Recycling und Entsorgung (C) ist gering, das Recyclingpotenzial (D) beträgt in etwa 73 % der Herstellung.

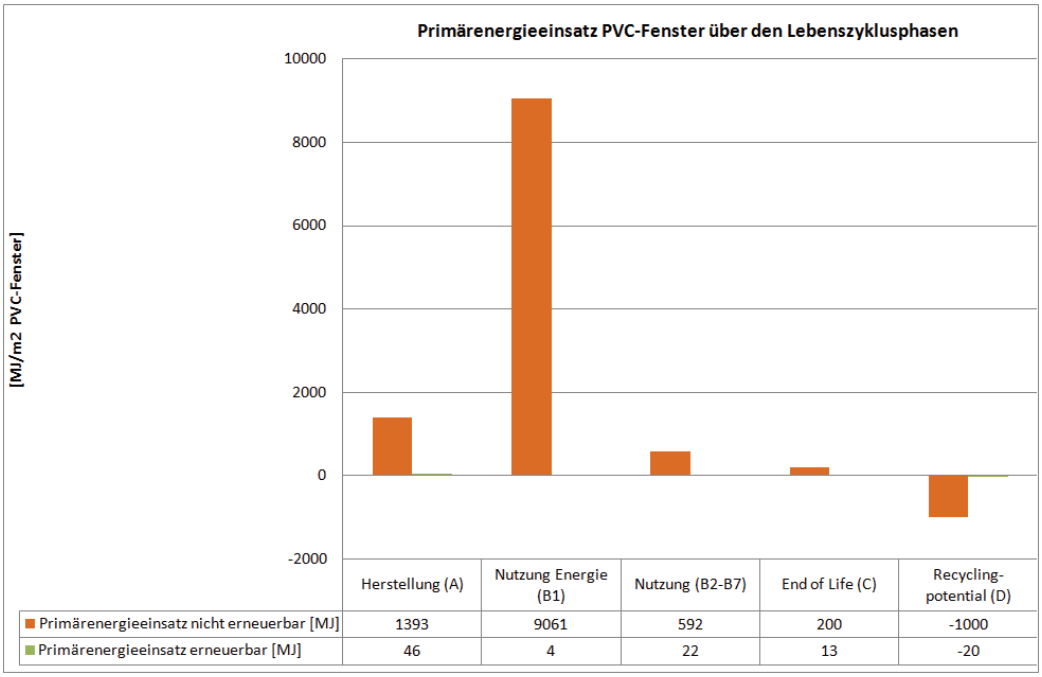


Abbildung 54 Primärenergiebedarf der einzelnen Lebenszyklusphasen für die oben definierten Grundszenarien [72]

Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen

Da der Primärenergiebedarf und auch die Umweltwirkungen der Fenster vorrangig durch den Einfluss auf den Heizwärmebedarf in der Nutzung bestimmt werden, erfolgt die nachfolgende Darstellung der Ergebnisse zum nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf ohne Modul B 1.

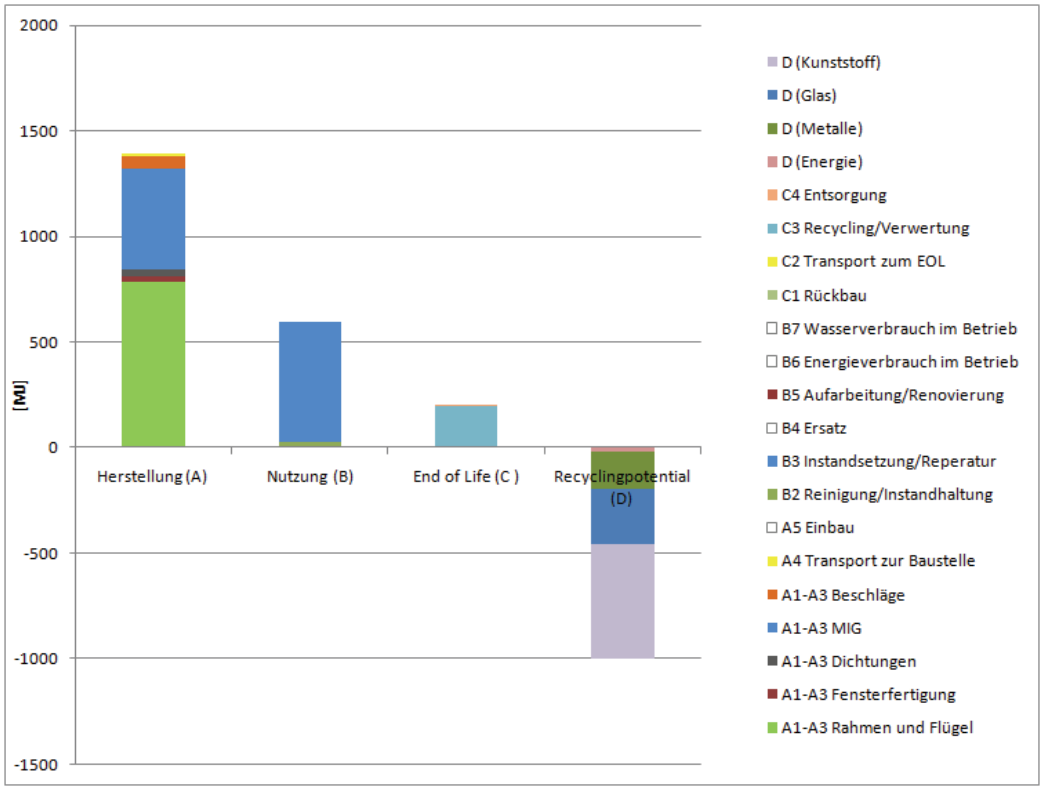


Abbildung 55 Nicht erneuerbarer Primärenergieverbrauch des Kunststofffenster-Lebenszyklus (ohne B1 – Heizwärmebedarf) nach Lebenszyklusphasen [72]

Die nähere Auswertung des Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² Kunststofffenster zeigt, dass bei den nicht erneuerbaren Quellen Erdgas, Erdöl und Kohle zu etwa gleichen Anteilen benötigt werden, Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt.

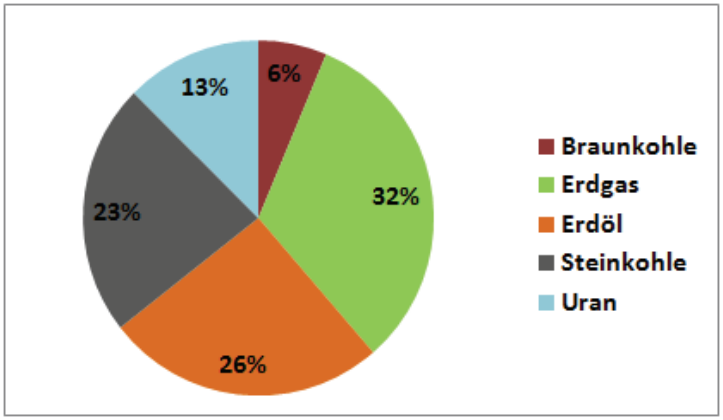


Abbildung 56 Art und Verteilung von nicht erneuerbaren Energieträgern bei der Herstellung des Kunststofffensters [MJ] [72]

Primärenergie aus regenerierbaren Quellen

Die nähere Auswertung des erneuerbaren Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² Kunststofffenster zeigt, dass als wesentlicher Primärenergieträger Wasserkraft eingesetzt wird. Erneuerbare Primärenergie wird überwiegend aus Wasserkraft benötigt, Wasserkraft und Windenergie sind im deutschen Strom-Mix enthalten.

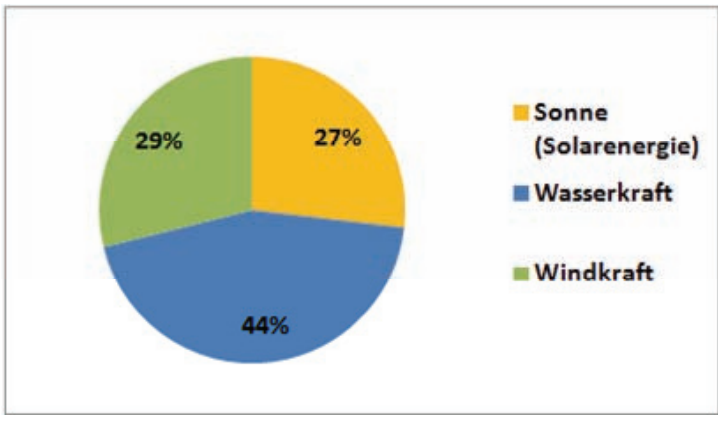


Abbildung 57 Art und Verteilung von erneuerbaren Energieträgern bei der Herstellung des Kunststofffensters [MJ] [72]

Zusammenfassung:

Die nachfolgende Tabelle stellt den Primärenergieverbrauch für die einzelnen Module des Lebenszyklus dar.

Tabelle 12-46 Übersicht Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus des Kunststofffensters [72]

Primärenergieeinsatz			
		nicht erneuerbar [MJ]	erneuerbar [MJ]
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	1377	46
	A4 Transport zur Baustelle	17	0
	A5 Einbau	0	0
B Nutzung	B1 Energieverluste	9061	4
	B2 Reinigung/Instandhaltung	26	2
	B3 Instandsetzung/Reperatur	566	21
	B4 Ersatz	0	0
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0	0
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0	0
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb	0	0
C End of Life	C1 Rückbau	0	0
	C2 Transport zum EOL	8	0
	C3 Recycling/Verwertung	191	13
	C4 Entsorgung	1	0
D Recyclingpotential		-1000	-20

Wassernutzung (m³)

Im Lebenszyklus von 1 m² Kunststofffenster werden ca. 0,7 m^3 Wasser verbraucht, der größte Anteil während der Nutzung zur Fensterreinigung.

Tabelle 12-47 Wasserverbrauch über den Lebenszyklus des Kunststofffensters [72]

1 m^2 Kunststofffenster					
		Herstellung (A)	**Nutzung (B)**	**End-of-Life (C)**	**Recyclingpotenzial (D)**
Wassernutzung	**[kg]**	**160**	**670**	**70**	**-74**

Abfälle output-seitig

Die **Haldengüter** stellen bei der Herstellung den größten Anteil dar. Dieser ist vorrangig auf die Strombereitstellungskette zurückzuführen. Haldengüter entstehen hierbei während der Gewinnung von Energieträgern. Sonderabfälle und radioaktive Abfälle sind Teil der Gruppe „Gefährliche Abfälle“. Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen; radioaktive Abfälle entstehen ausschließlich durch die Stromgewinnung in Kernkraftwerken. Die nachfolgende Tabelle zeigt das Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Kunststofffenster.

Tabelle 12-48 Abfallaufkommen des Kunststofffensters über den Lebenszyklus [72]

1 m² Kunststofffenster					
		Herstellung (A)	Nutzung (B)	End-of-Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Abraum/ Haldengüter	[kg]	253	162	8	-145
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg]	0,259	0,385	0,00E+00	0,404
Sonderabfälle	[kg]	0,506	0,117	0,007	0,211
Radioaktive Abfälle	[kg]	0,062	0,036	0,000	-0,015

Grundsätzlich werden alle Entsorgungsprozesse bis zur endgültigen Deponierung (einschließlich 100 Jahre Deponiebetrieb) modelliert. Die Menge an ungefährlichen Abfällen ist gering, da diese meist thermisch behandelt werden, was zu einer deutlichen Reduktion der Mengen und zu deponierenden Sonderabfällen (z. B. Filterstäube) führt. Die Mengen an radioaktiven Abfällen werden nur dokumentiert, da für diese bisher noch kein Szenario für eine Endlagerung existiert.

12.2.5 Indikatoren der Sachbilanz – Aluminiumfenster

Stoff- und Energieströme entlang des Lebenszyklus eines Produktes werden in diesem Schritt bestimmt und – auf die deklarierte Einheit bezogen – addiert. Man erhält eine Liste an Stoffen, Energien und Emissionen, deren Umweltwirkungen jedoch erst im nächsten Teilschritt, der Wirkungsabschätzung (Kapitel 13.3) ermittelt und der Übersichtlichkeit halber auch dort dargestellt werden.

Nachfolgend werden für den Lebenszyklus von 1 m² Aluminiumfenster ausgewählte Sachbilanzdaten für den Primärenergieverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasserverbrauch sowie Abfallaufkommen aufgezeigt.

Primärenergie input-seitig

Primärenergie nicht erneuerbar und erneuerbar

Abbildung 58 zeigt den Primärenergieverbrauch für den Lebenszyklus von 1 m² Aluminiumfenster. Der Verbrauch nicht erneuerbare Energie für die Herstellung liegt bei ca. 2253 MJ pro m² Aluminiumfenster. Transport und Einbau beeinflussen den Primärenergieeinsatz nur marginal. Der erneuerbare Energieverbrauch für die Herstellung von 1 m² Aluminiumfenster liegt bei 397 MJ.

Den größten Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie verursacht der über 50 Jahre induzierte Heizwärmebedarf (B1). Reinigung, Instandhaltung und -setzung und Renovierung (B2-B7) schlagen mit etwa einem Drittel des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung zu Buche. Der Aufwand nicht erneuerbarer Primärenergie für Rückbau, Recycling und Entsorgung (C) ist gering, das Recyclingpotenzial (D) beträgt in etwa 67 % der Herstellung.

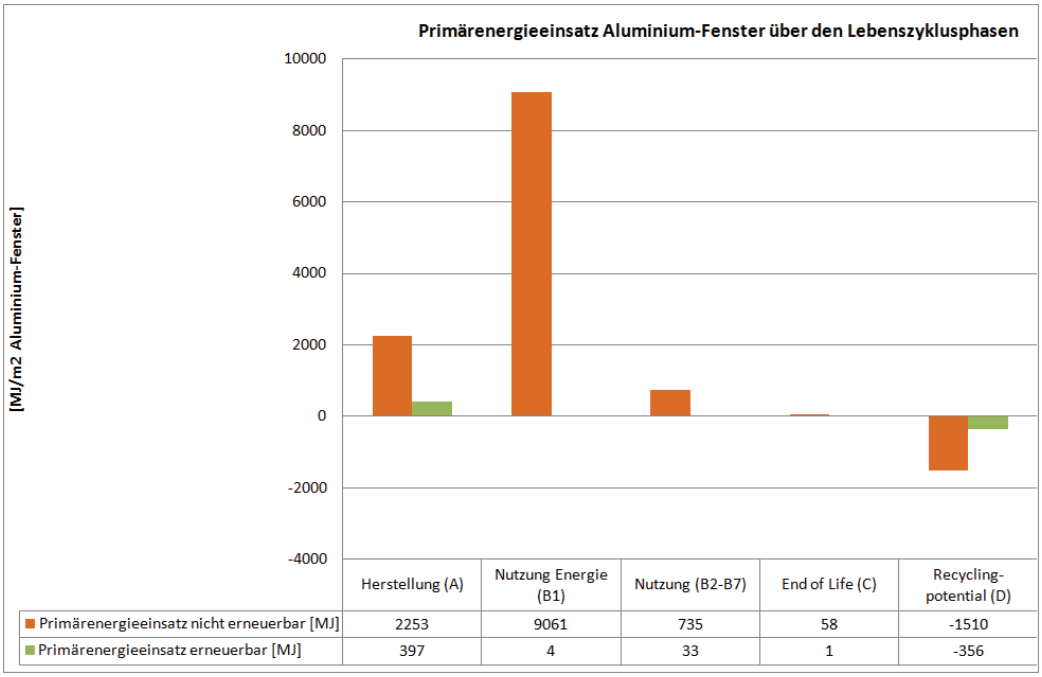


Abbildung 58 Primärenergiebedarf der einzelnen Lebenszyklusphasen für die oben definierten Grundszenarien [72]

Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen

Da der Primärenergiebedarf und auch die Umweltwirkungen der Fenster vorrangig durch den Einfluss auf den Heizwärmebedarf in der Nutzung bestimmt werden, erfolgt die nachfolgende Darstellung der Ergebnisse zum nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf ohne Modul B 1.

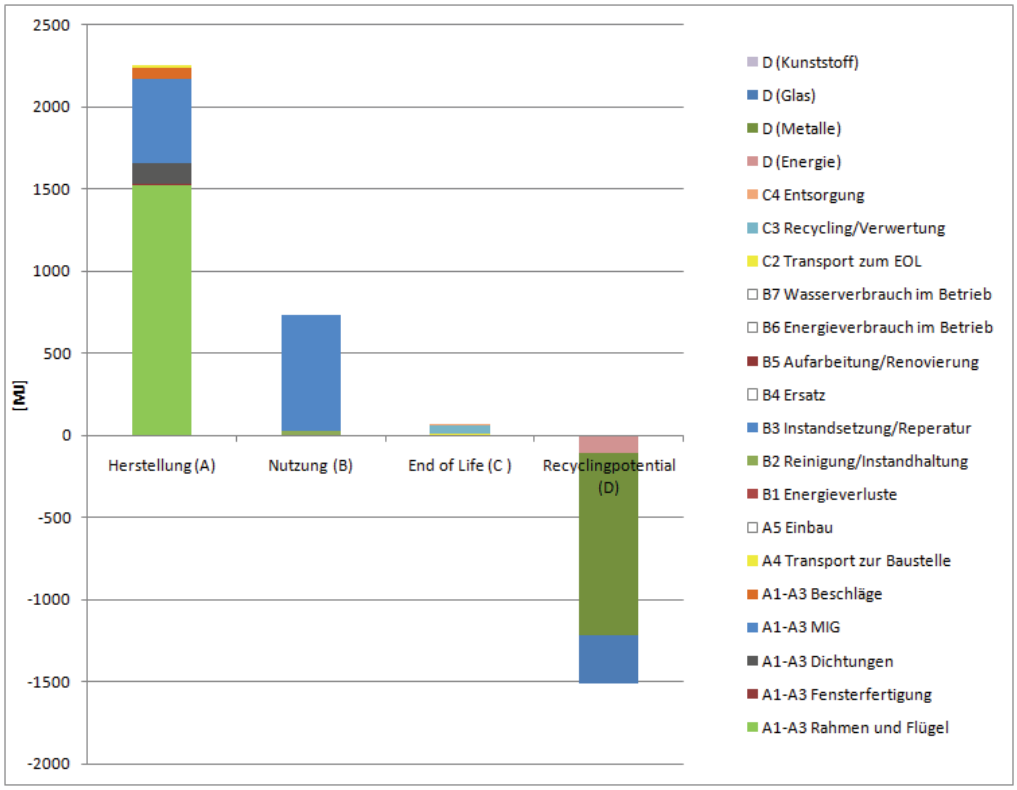


Abbildung 59 Nicht erneuerbarer Primärenergieverbrauch des Aluminiumfenster-Lebenszyklus (ohne B1 – Heizwärmebedarf) nach Lebenszyklusphasen [72]

Die nähere Auswertung des Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² Aluminiumfenster zeigt, dass bei den nicht erneuerbaren Quellen Erdgas, Erdöl und Kohle zu etwa gleichen Anteilen benötigt werden, Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt.

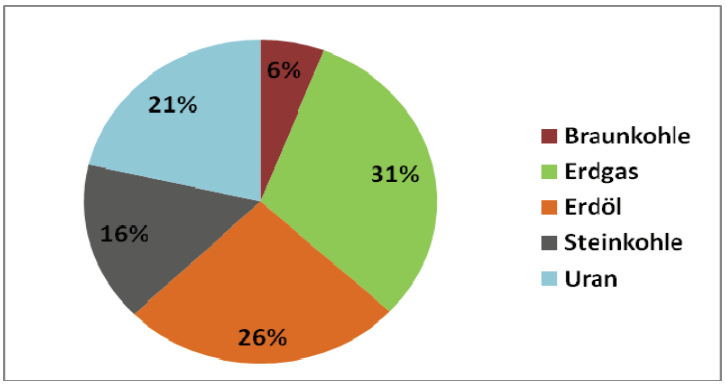


Abbildung 60 Art und Verteilung von nicht erneuerbaren Energieträgern bei der Herstellung des Aluminiumfensters [MJ] [72]

Primärenergie aus regenerierbaren Quellen

Die nähere Auswertung des erneuerbaren Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² Aluminiumfenster zeigt, dass als wesentlicher Primärenergieträger Wasserkraft eingesetzt wird. Erneuerbare Primärenergie wird überwiegend aus Wasserkraft benötigt. Wasserkraft ist im deutschen Strom-Mix und insbesondere in der Vorkette des Aluminiumprofils im europäischen Strom-Mix enthalten.

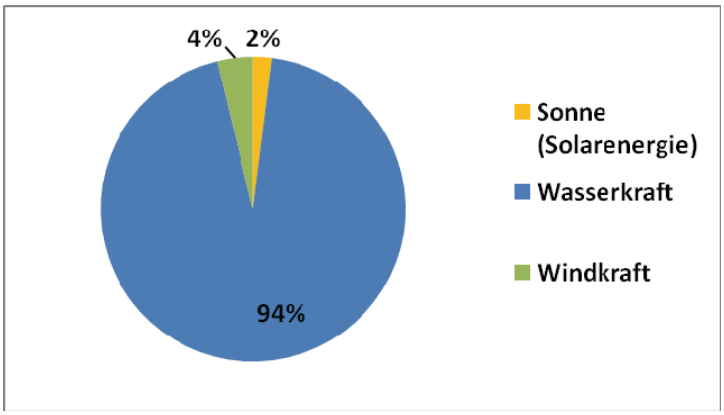


Abbildung 61 Art und Verteilung von erneuerbaren Energieträgern bei der Herstellung des Aluminiumfensters [MJ] [72]

Zusammenfassung:

Die nachfolgende Tabelle stellt den Primärenergieverbrauch für die einzelnen Module des Lebenszyklus dar.

Tabelle 12-49 Übersicht Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus des Aluminiumfensters [72]

Primärenergieeinsatz			
		nicht erneuerbar [MJ]	erneuerbar [MJ]
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	2237	397
	A4 Transport zur Baustelle	15	0
	A5 Einbau	0	0
B Nutzung	B1 Energieverluste	9061	4
	B2 Reinigung/Instandhaltung	26	2
	B3 Instandsetzung/Reperatur	709	31
	B4 Ersatz	0	0
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0	0
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0	0
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb	0	0
C End of Life	C1 Rückbau	0	0
	C2 Transport zum EOL	7	0
	C3 Recycling/Verwertung	50	1
	C4 Entsorgung	1	0
D Recyclingpotential		-1510	-356

Wassernutzung (m³)

Im Lebenszyklus des Fensters werden ca. 0,8 m^3 Wasser verbraucht, der größte Anteil während der Nutzung zur Fensterreinigung.

Tabelle 12-50 Wasserverbrauch über den Lebenszyklus des Aluminiumfensters [72]

1 m^2 Aluminiumfenster					
		Herstellung (A)	**Nutzung (B)**	**End-of-Life (C)**	**Recycling potenzial (D)**
Wassernutzung	**[kg]**	**313**	**667**	**20**	**-194**

Abfälle output-seitig

Die Auswertung des Abfallaufkommens wird getrennt für die drei Hauptfraktionen Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle) und gefährliche Abfälle (inklusi-

ve radioaktive- und Sonderabfälle) dargestellt. Da die Abfallbehandlung innerhalb der Systemgrenzen modelliert ist, sind die dargestellten Mengen die abgelagerten Abfälle.

Die **Haldengüter** stellen bei der Herstellung den größten Anteil dar. Dieser ist vorrangig auf die Strombereitstellungskette zurückzuführen. Haldengüter entstehen hierbei während der Gewinnung von Energieträgern. Sonderabfälle und radioaktive Abfälle sind Teil der Gruppe „Gefährliche Abfälle“. Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen; radioaktive Abfälle entstehen ausschließlich durch die Stromgewinnung in Kernkraftwerken. Die nachfolgende Tabelle zeigt das Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Aluminiumfenster.

Tabelle 12-51 Abfallaufkommen des Aluminiumfensters über den Lebenszyklus [72]

1 m² Aluminiumfenster					
		Herstellung (A)	Nutzung (B)	End-of-Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Abraum/ Haldengüter	[kg]	297	174	8	-212
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg]	0,684	1,231	0,814	-0,411
Sonderabfälle	[kg]	0,707	0,102	0,192	-0,327
Radioaktive Abfälle	[kg]	0,172	0,044	0,001	-0,120

Grundsätzlich werden alle Entsorgungsprozesse bis zur endgültigen Deponierung (einschließlich 100 Jahre Deponiebetrieb) modelliert. Die Menge an ungefährlichen Abfällen ist gering, da diese meist thermisch behandelt werden, was zu einer deutlichen Reduktion der Mengen und zu deponierenden Sonderabfällen (z. B. Filterstäube) führt. Die Mengen an radioaktiven Abfällen werden nur dokumentiert, da für diese bisher noch kein Szenario für eine Endlagerung existiert.

12.3 Wirkungsabschätzung

12.3.1 Indikatoren der Wirkungsabschätzung

Es folgt die Darstellung der Umweltwirkungen über den Lebenszyklus von jeweils 1 m² Holzfenster, Kunststofffenster und Aluminiumfenster. Es handelt sich um eine “cradle-to-grave“-Untersuchung.
Um die möglichen Umweltwirkungen des Lebenszyklus der betrachteten Fenster zu ermitteln, wird die CML-Methodik mit den Charakterisierungsfaktoren von 2009 verwendet. Folgende Wirkkategorien werden betrachtet und bezogen auf die deklarierte Einheit dargestellt:

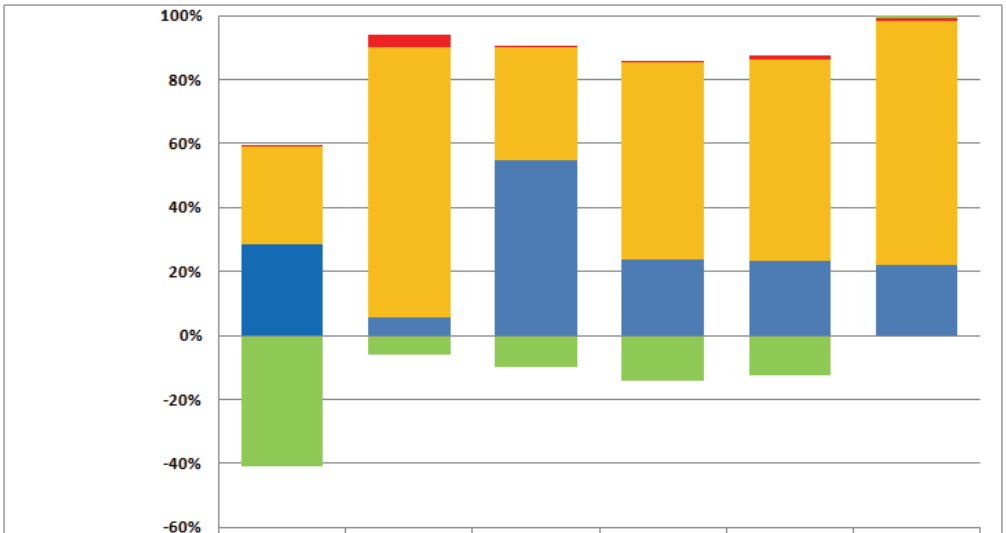
- Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP elements)
- Treibhauspotenzial (GWP)
- Ozonabbaupotenzial (ODP)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Eutrophierungspotenzial (EP)
- Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (POCP)

Die Umweltwirkungen sind nachfolgend quantitativ für den Lebenszyklus von 1 m² Fenster dargestellt. Die **Ökobilanz** wurde nach DIN EN ISO 14040/44 durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten von verschiedenen Firmen, generische Daten der Datenbank „GaBi 4“ herangezogen. Die Ökobilanz wurde für alle Lebenszyklusphasen unter Berücksichtigung sämtlicher Vorketten wie Rohstoffgewinnung, Energiebereitstellung und Transporte („cradle to grave“) durchgeführt.

Die Bauphase, Nutzung durch Heizwärmebedarf (B1), Reinigung, Instandhaltung und Renovierung (B2-B7), End-of-Life (C) sowie potenzielle Gutschriften für einen weiteren Lebenszyklus (D) sind als Szenarien dargestellt. Für die dargestellten Umweltwirkungen wurde jeweils ein Grundszenario festgelegt.

12.3.2 Wirkungsabschätzung Holzfenster

Die folgende Abbildung zeigt die Umweltwirkungen von 1 m² Holzfenster:



	[kg Sb-Äqv.] ADP elements	[kg CO2-Äqv.] GWP	[kg R11-Äqv.] ODP	[kg SO2-Äqv.] AP	[kg PO4-Äqv.] EP	[kg C2H4-Äqv.] POCP
Recyclingpotential (D)	-0,0019	-41,4	-9,39E-07	-0,1550	-0,0185	0,0014
End of Life (C)	2,64E-07	29,4	8,50E-09	0,0066	0,0021	0,0006
Nutzung (B)	0,0014	594,0	3,39E-06	0,6713	0,0933	0,1056
Herstellung (A)	0,0013	39,1	5,23E-06	0,2599	0,0345	0,0305

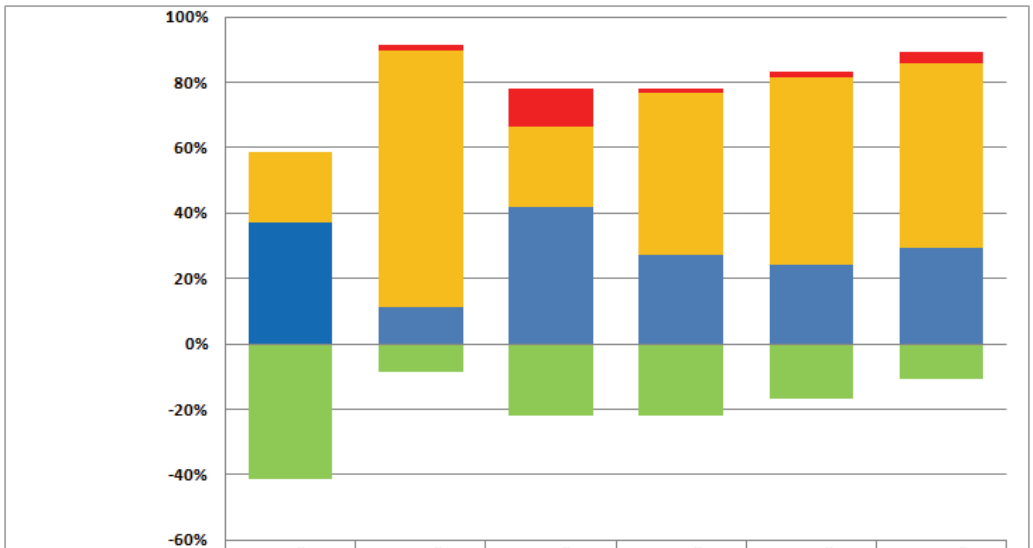
Abbildung 62 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m^2 Holzfenster (Lebenszyklusphasen) [72]

Tabelle 12-52 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Holzfenster [72]

Wirkungsabschätzung 1 m^2 Holz-Fenster							
		ADP elements	GWP	ODP	AP	EP	POCP
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	0,00135	38	5,2E-06	2,5E-01	0,0332	0,0300
	A4 Transport zur Baustelle	0,00000	1	2,0E-09	5,6E-03	0,0013	0,0006
	A5 Einbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
B Nutzung	B1 Energieverluste	0,00004	540	8,3E-07	4,2E-01	0,0624	0,0505
	B2 Reinigung/Instandhaltung	0,00000	1	6,0E-08	3,0E-03	0,0011	0,0010
	B3 Instandsetzung/Reperatur	0,00131	39	2,0E-06	1,7E-01	0,0246	0,0124
	B4 Ersatz	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0,00009	14	5,2E-07	8,0E-02	0,0052	0,0417
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb						
C End of Life	C1 Rückbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	C2 Transport zum EOL	0,00000	0	4,3E-10	7,4E-04	0,0002	0,0001
	C3 Recycling/Verwertung	0,00000	29	6,6E-09	5,3E-03	0,0014	0,0005
	C4 Entsorgung	0,00000	0	1,4E-09	6,0E-04	0,0005	0,0001
D Recyclingpotential		-0,00192	-41	-9,4E-07	-1,5E-01	-0,0185	0,0014

12.3.3 Wirkungsabschätzung Kunststofffenster

Die folgende Abbildung zeigt die Umweltwirkungen von 1 m² Kunststofffenster.



	[kg Sb-Äqv.] ADP elements	[kg CO2-Äqv.] GWP	[kg R11-Äqv.] ODP	[kg SO2-Äqv.] AP	[kg PO4-Äqv.] EP	[kg C2H4-Äqv.] POCP
Recyclingpotential (D)	-0,0027	-63,1	-2,6E-06	-0,2668	-0,0269	-0,0122
End of Life (C)	-2,6E-05	13,5	1,4E-06	0,0182	0,0027	0,0038
Nutzung (B)	0,0014	583,0	2,9E-06	0,6072	0,0909	0,0647
Herstellung (A)	0,0024	84,7	5,0E-06	0,3318	0,0384	0,0334

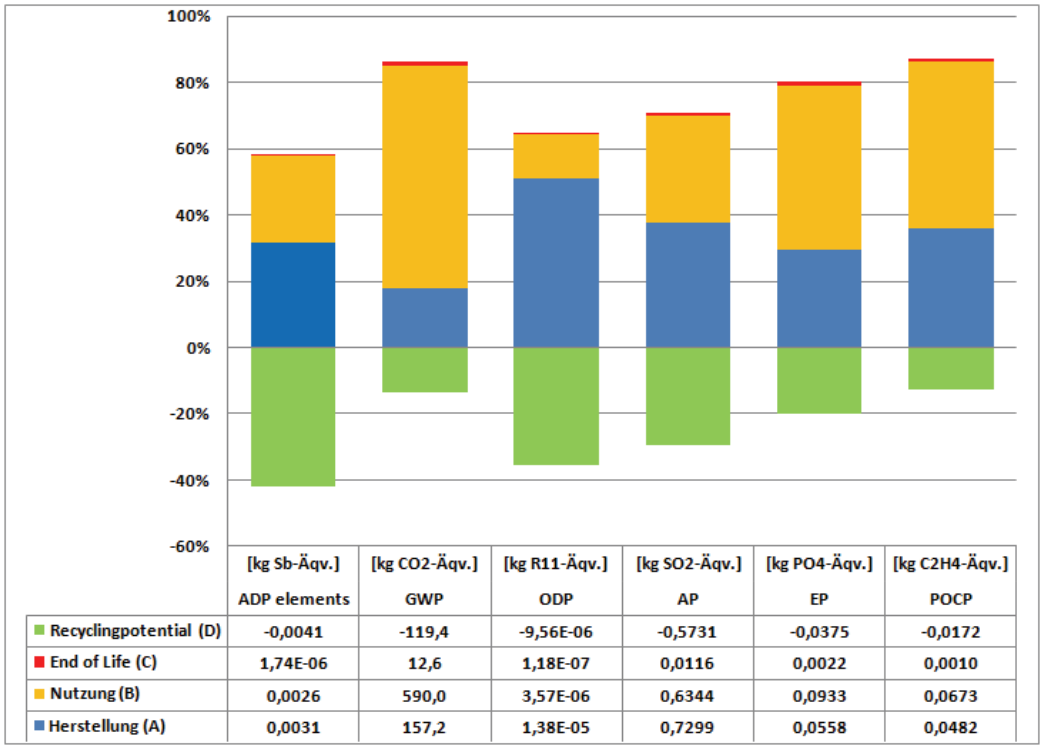
Abbildung 63 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Kunststofffenster (Lebenszyklusphasen) [72]

Tabelle 12-53 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Kunststofffenster [72]

Wirkungsabschätzung 1 m² PVC-Fenster							
		ADP elements	GWP	ODP	AP	EP	POCP
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	0,00242	84	5,0E-06	3,3E-01	0,0370	0,0328
	A4 Transport zur Baustelle	0,00000	1	2,1E-09	5,9E-03	0,0014	0,0006
	A5 Einbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
B Nutzung	B1 Energieverluste	0,00004	540	8,3E-07	4,2E-01	0,0624	0,0505
	B2 Reinigung/Instandhaltung	0,00000	1	6,0E-08	3,0E-03	0,0011	0,0010
	B3 Instandsetzung/Reperatur	0,00139	42	2,0E-06	1,8E-01	0,0273	0,0132
	B4 Ersatz	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb						
C End of Life	C1 Rückbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	C2 Transport zum EOL	0,00000	1	9,6E-10	1,7E-03	0,0004	0,0002
	C3 Recycling/Verwertung	-0,00003	13	1,4E-06	1,6E-02	0,0018	0,0035
	C4 Entsorgung	0,00000	0	1,4E-09	6,0E-04	0,0005	0,0001
D Recyclingpotential		-0,00267	-63	-2,6E-06	-2,7E-01	-0,0269	-0,0122

12.3.4 Wirkungsabschätzung Aluminiumfenster

Die folgende Abbildung zeigt die Umweltwirkungen von 1 m² Aluminiumfenster:



	[kg Sb-Äqv.] ADP elements	[kg CO2-Äqv.] GWP	[kg R11-Äqv.] ODP	[kg SO2-Äqv.] AP	[kg PO4-Äqv.] EP	[kg C2H4-Äqv.] POCP
Recyclingpotential (D)	-0,0041	-119,4	-9,56E-06	-0,5731	-0,0375	-0,0172
End of Life (C)	1,74E-06	12,6	1,18E-07	0,0116	0,0022	0,0010
Nutzung (B)	0,0026	590,0	3,57E-06	0,6344	0,0933	0,0673
Herstellung (A)	0,0031	157,2	1,38E-05	0,7299	0,0558	0,0482

Abbildung 64 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m^2 Aluminiumfenster (Lebenszyklusphasen) [72]

Tabelle 12-54 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Aluminiumfenster [72]

Wirkungsabschätzung 1 m^2 Aluminium-Fenster							
		ADP elements	GWP	ODP	AP	EP	POCP
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	0,00310	156	1,4E-05	7,2E-01	0,0545	0,0476
	A4 Transport zur Baustelle	0,00000	1	1,9E-09	5,5E-03	0,0013	0,0005
	A5 Einbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
B Nutzung	B1 Energieverluste	0,00004	540	8,3E-07	4,2E-01	0,0624	0,0505
	B2 Reinigung/Instandhaltung	0,00000	1	6,0E-08	3,0E-03	0,0011	0,0010
	B3 Instandsetzung/Reperatur	0,00255	49	2,7E-06	2,1E-01	0,0298	0,0158
	B4 Ersatz	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb						
C End of Life	C1 Rückbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	C2 Transport zum EOL	0,00000	1	8,9E-10	1,6E-03	0,0003	0,0002
	C3 Recycling/Verwertung	0,00000	12	1,2E-07	9,7E-03	0,0014	0,0007
	C4 Entsorgung	0,00000	0	1,0E-09	4,2E-04	0,0004	0,0001
D Recyclingpotential		-0,00414	-119	-9,6E-06	-5,7E-01	-0,0375	-0,0172

12.4 Interpretation

Im Rahmen einer Dominanzanalyse der Ökobilanzergebnisse des Lebenszyklus von Fenstern werden die relevanten Einflüsse einzelner Subsysteme in den einzelnen Wirkkategorien sowie im Primärenergieverbrauch ermittelt.

Holzfenster

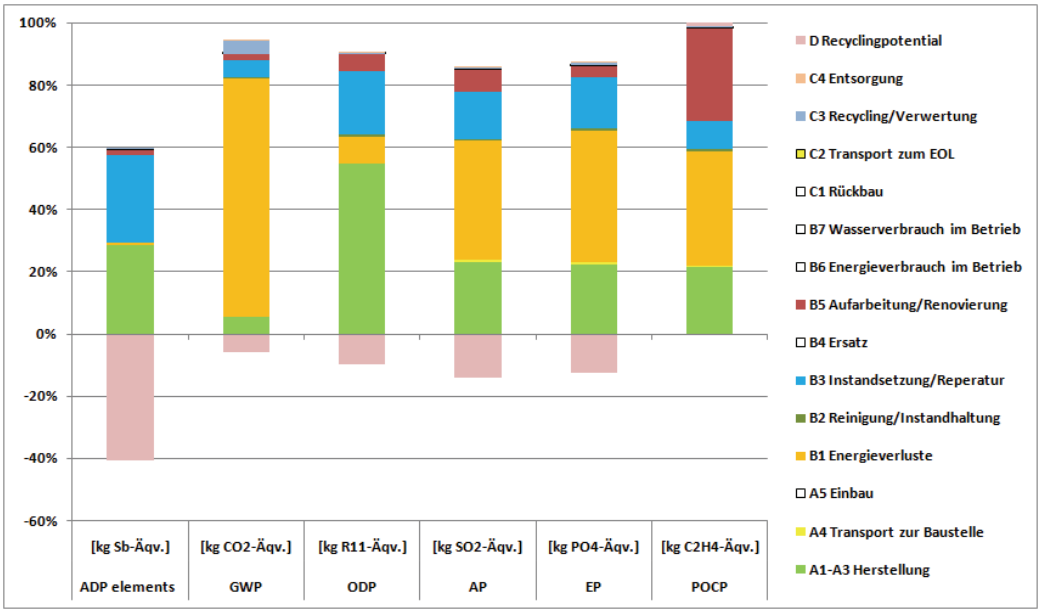


Abbildung 65 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m^2 Holzfenster nach Einzelmodulen [72]

Der abiotische Ressourcenverbrauch ($ADP_{elements}$) wird durch die für die Glasgewinnung benötigten Rohstoffe sowie die eingesetzten Erze für den Beschlag bestimmt. Durch eine hohe Verwertungsquote ergibt sich dadurch ein deutlich erkennbares Recyclingpotenzial. Das Treibhauspotenzial wird von Kohlendioxidemissionen dominiert. Den größten Beitrag liefern Heizwärmeverluste. Das im Holz des Holzfensters eingebundene Kohlendioxid wird bei der thermischen Verwertung wieder freigesetzt.

Den wesentlichsten Anteil am Ozonabbaupotenzial hat der Stromverbrauch während der Herstellung. Zum Versauerungspotenzial tragen vor allem Schwefeldioxid und Stickoxidemissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung bei. Das Überdüngungspotenzial

wird durch Stickoxidemissionen dominiert. Das photochem. Oxidantienbildungspotenzial wird durch VOC-Emissionen der Lackierung des Fensters in Herstellung und Renovierung dominiert.

Kunststofffenster

Der abiotische Ressourcenverbrauch ($ADP_{elements}$) wird durch die für die Glasgewinnung benötigten Rohstoffe sowie die eingesetzten Erze für den Beschlag bestimmt. Durch eine hohe Verwertungsquote ergibt sich dadurch ein deutlich erkennbares Recyclingpotenzial. Das Treibhauspotenzial wird von Kohlendioxidemissionen dominiert. Den größten Beitrag liefern Heizwärmeverluste. Den wesentlichsten Anteil am Ozonabbaupotenzial hat der Stromverbrauch während der Herstellung.

Zum Versauerungspotenzial tragen vor allem Schwefeldioxid und Stickoxidemissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung bei. Das Überdüngungspotenzial wird durch Stickoxidemissionen dominiert. Das photochem. Oxidantienbildungspotenzial wird durch VOC-Emissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung dominiert.

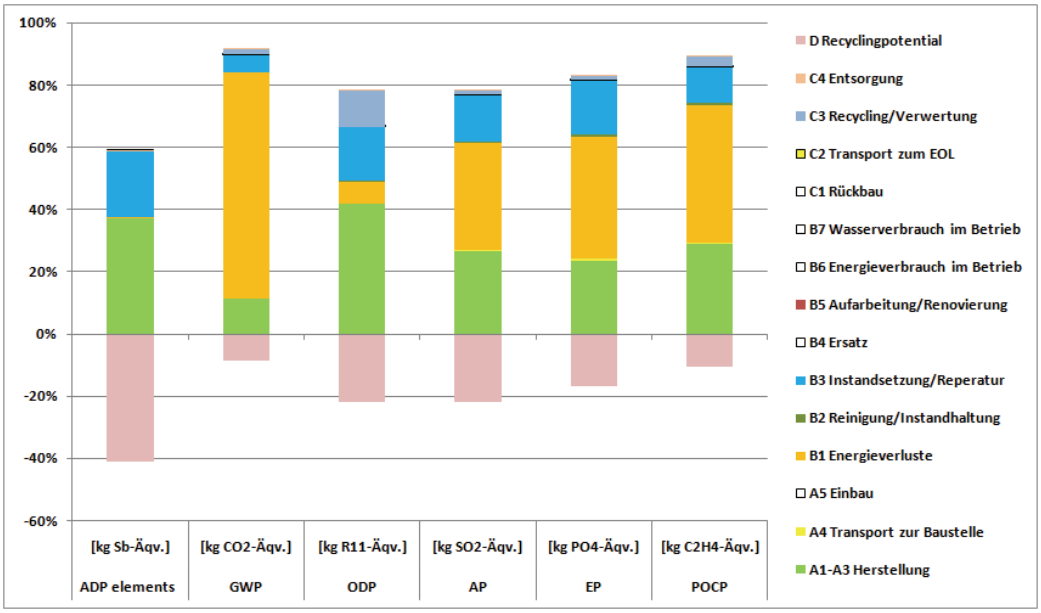


Abbildung 66 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m^2 Kunststofffenster nach Einzelmodulen [72]

Aluminiumfenster

Der abiotische Ressourcenverbrauch ($ADP_{elements}$) wird durch die für die Glasgewinnung benötigten Rohstoffe sowie die eingesetzten Erze für den Beschlag bestimmt. Durch eine hohe Verwertungsquote ergibt sich dadurch ein deutlich erkennbares Recyclingpotenzial. Das Treibhauspotenzial wird von Kohlendioxidemissionen dominiert. Den größten Beitrag liefern Heizwärmeverluste. Den wesentlichsten Anteil am Ozonabbaupotenzial hat der Stromverbrauch während der Herstellung des Aluminiumprofils.

Zum Versauerungspotenzial tragen vor allem Schwefeldioxid und Stickoxidemissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung bei. Das Überdüngungspotenzial wird durch Stickoxidemissionen dominiert.

Das photochem. Oxidantienbildungspotenzial wird durch VOC-Emissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung dominiert.

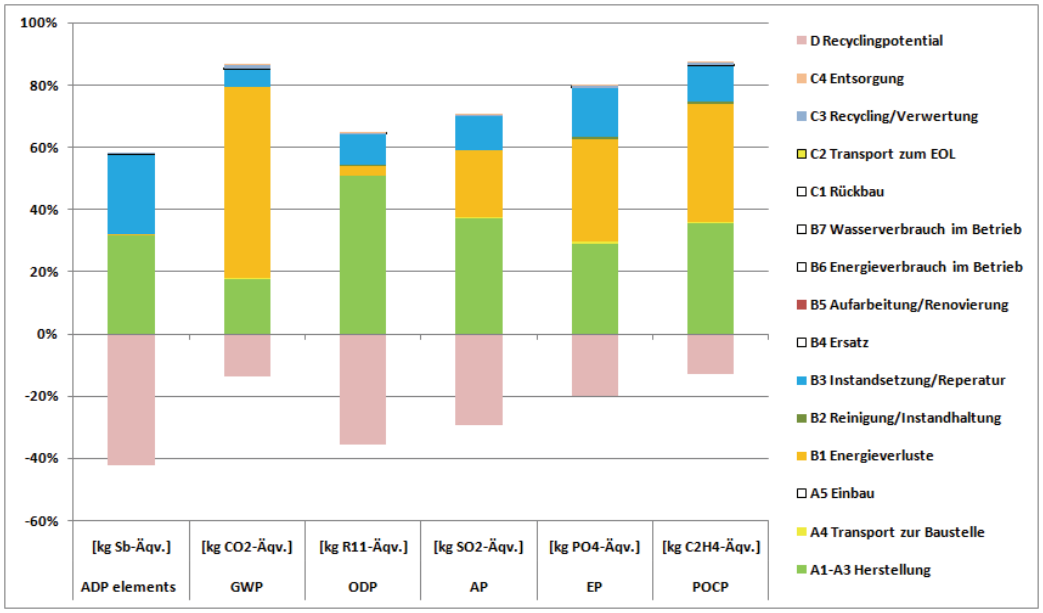


Abbildung 67 Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m^2 Aluminiumfenster nach Einzelmodulen [72]

13 Erstellung der Umweltproduktdeklarationen für Glas

13.1 Ökobilanzierung

13.1.1 Ziel der Untersuchung

Ziel ist die Ermittlung der Umweltwirkungen über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas (MIG), Flachglas (FG), Einscheibensicherheitsglas (ESG) und Verbundsicherheitsglas (VSG). Es wurden zwei Umweltproduktdeklarationen für Glas erstellt:

eine Umweltproduktdeklaration für:

- Flachglas,
- Einscheiben-Sicherheitsglas,
- Verbund-Sicherheitsglas

und eine Umweltproduktdeklaration für Mehrscheibenisolierglas:

- 2-Scheibenisolierglas,
- 3-Scheibenisolierglas.

Verwendet wurden durchschnittliche Industriedaten, im Wesentlichen aus den Jahren 2009/2010, zur Verfügung gestellt vom Bundesverband Flachglas und dessen Mitgliedsunternehmen sowie dem Verband Glass for Europe und dessen Mitgliedsunternehmen. Ziel der Auswertung ist es, die Ökobilanz-Informationen so auszuwerten, dass diese für die Umweltproduktdeklaration (Typ III) direkt verwendbar sind. Die Verwendung der Studie ist vorgesehen zur Anwendung und Auswertung der Aussagen innerhalb der oben genannten Umweltproduktdeklarationen. Zielgruppe sind hierbei insbesondere Planer, Architekten und interessierte Fachkreise. Die vorliegende Ökobilanz wird mit der Ökobilanzsoftware GaBi 4 (GABI 2009) nach den Vorgaben der ISO 14025 durchgeführt.

Die Durchführung der Ökobilanz erfolgt nach den im PCR Flachglas im Bauwesen und den im allgemeinen Leitfaden des Instituts Bauen und Umwelt e.V. IBU 2006 beschriebenen Randbedingungen

13.1.2 Deklarierte Einheit

EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas

Die deklarierte Einheit bezieht sich auf Herstellung und das End-of-Life von jeweils 1 m² Flachglas, Einscheibensicherheitsglas (ESG) und Verbundsicherheitsglas (VSG), jeweils mit 1 mm Dicke.

EPD Mehrscheibenisolierglas

Die deklarierte Einheit bezieht sich auf Herstellung und das End-of-Life von 1 m² beschichtetem 2-Scheibenisolierglas (4-16-4) und 3-Scheibenisolierglas (4-12-4-12-4).

13.1.3 Produktbeschreibung

Innerhalb der jeweiligen EPD werden sogenannten Muster-EPDs mit folgenden Charakteristika adressiert:

Flachglas:

Oberbegriff für Glaserzeugnisse in flächiger Form, eben oder gebogen mit im Wesentlichen parallelen Oberflächen (Gegensatz: Gläser in hohler Form, Hohlglas).

Floatglas:

Floatglas (nach DIN EN 572, Teil 2) ist planes, durchsichtiges, klares oder gefärbtes Kalk-Natronsilicatglas mit parallelen und feuerpolierten Oberflächen. Es wird durch kontinuierliches Aufgießen und Fließen über ein Metallbad hergestellt.

Es gibt Floatglas:

als üblich helles, ungefärbtes Glas mit einer geringen grünen Eigenfarbe, die mit zunehmender Dicke deutlicher werden kann, als in der Masse eingefärbtes Glas und auch als sehr klares Glas mit geringer Eigenfarbe (Weißglas) und als planes, durchsichtiges Kalk-Natronglas, das parallele Oberflächen hat. Die Herstellung erfolgt durch Aufgießen und Fließen über ein Metallbad. Dabei wird die dem Metallbad abgewandte Oberfläche feuerpoliert.

Einscheiben-Sicherheitsglas:

ESG ist ein thermisch vorgespanntes Glaserzeugnis, das aufgrund seiner Vorspannung eine stark erhöhte Schlag- und Biegefestigkeit sowie Temperaturwechselbeständigkeit aufweist. Beim Bruch zerfällt es in eine Vielzahl kleiner Krümel mit wesentlich verminderter Verletzungsgefahr (DIN EN 12150). Einscheiben-Sicherheitsglas unterliegt einer Kennzeichnungspflicht.

Verbund-Sicherheitsglas:

Verbund-Sicherheitsglas VSG ist ein Flachglas, welches aus mindestens zwei Glasscheiben (Floatglas, Einscheibensicherheitsglas ESG, Teilvorgespanntes Glas TVG, oder deren Kombinationen) mit Zwischenlagen aus hoch reißfesten, klar transparenten Kunststofffolien, im Regelfall aus Polyvinylbutyral-Folien (PVB), hergestellt wird.

Mehrscheibenisolierglas:

Verglasungseinheit aus zwei oder mehreren Glasscheiben, die durch einen oder mehrere luft- bzw. gasgefüllte Zwischenräume voneinander getrennt sind. An den Rändern sind die Scheiben hermetisch (luft- bzw. gas- und feuchtigkeitsdicht) durch zu: organische Dichtungsmassen versiegelt. Der Scheibenzwischenraum/die Scheibenzwischenräume (SZR) können unterschiedlich dick sein.

13.1.4 Anwendungsbereich

Es handelt sich um Glas zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden. Flachglas dient dem Einbau in Fenster, Türen, Vorhangfassaden, Dachkonstruktionen und Trennwänden.

13.1.5 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen beziehen alle Prozessschritte für die Herstellung des Glases von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Auslieferung des versandfertigen Produkts am Werkstor ein.

Die Nutzung wird wegen der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten und Konstruktionen nicht in die Berechnung einbezogen. Es werden fast keine Scheiben direkt vom Glashersteller direkt auf die Baustelle geliefert. Der Einbau und auch der spätere Ausbau sind immer in Kombination des gesamten Einbausystems zu betrachten.

Für aufbereitete Flachglasscherben gibt es sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten. Diese reichen von der Wiederverwertung in der Flachglasproduktion über die Herstellung von Gussglas, Behälterglas, Dämmwolle, Schmirgelpapier bis hin zur Produktion von Glasbausteinen.

In Form eines Szenarios wird die Wiederverwertung in der Herstellung von Behälterglas bilanziert. Transporte zum End-of-Life sind ebenfalls berücksichtigt.

13.1.6 Abschneidekriterien

Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d. h. alle nach Zusammensetzung eingesetzten Ausgangsstoffe, die eingesetzte elektrische Energie, der interne Verbrauch von Betriebsstoffen sowie alle direkt dem Produkt zuordnenbaren Produktionsabfälle sowie alle Ergebnisse der zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen aus den Werken in der Bilanzierung berücksichtigt. Damit sind auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von kleiner als 1 Prozent Beitrag berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5 % der Ergebnisse der einzelnen Wirkkategorien nicht übersteigt.

Die Herstellung von Maschinen und Anlagen wurden vernachlässigt.

13.1.7 Betrachtungszeitraum

Die Grundlage der Daten für die Herstellung von Flachglas (beschichtet sowie unbeschichtet) stammen aus dem Jahr 2005. Die Daten der Herstellung von ESG und VSG sowie die Daten für die Produktion von MIG basieren auf dem Jahr 2010. Die Mengen an eingesetzten Rohstoffen, Energie, Hilfs- und Betriebsstoffen sind als Jahresmittelwert erhoben.

13.1.8 Hintergrunddaten

Zur Modellierung des Lebenszyklus für die verschiedenen Fenster wurde das von der PE INERNATIONAL GmbH entwickelte Software-System zur ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt (GaBi 4 2009 [32]). Die in der GaBi-Datenbank enthaltenen konsistenten Datensätze sind dokumentiert in der online GaBi-Dokumentation (GaBi 4 2009_B [34]). Die Basisdaten der GaBi-Datenbank wurden für Energie, Transporte und Hilfsstoffe verwendet.

Die Ökobilanz wurde für den Bezugsraum Deutschland erstellt. Dies hat zur Folge, dass neben den Produktionsprozessen unter diesen Randbedingungen auch (vorrangig) die für Deutschland relevanten Vorstufen, wie Strom- oder Energieträgerbereitstellung, verwendet wurden. Das Alter der verwendeten Ökobilanz-Hintergrunddaten liegt unter acht Jahren.

Für die Produktion von VSG, ESG sowie Mehrscheiben-Isolierglas wird der Strom-Mix für Deutschland mit dem Bezugsjahr 2008 verwendet.

Die folgende Tabelle veranschaulicht die im Wesentlichen verwendeten Hintergrunddaten im GaBi-Modell.

Tabelle 13-55 Wesentliche verwendete Hintergrunddaten im GaBi-Modell [73]

Rohstoffe/ Vorprodukte/ Energieträger	Quelle	Räumlicher Bezug	Zeitlicher Bezug	Link zur GaBi-Dokumentation
Feldspat	PE-GaBi	Deutschland	2005	
Sand	PE-GaBi	Europa	2005	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B4cb83c4d-5a3e-460d-9969-9c42ad57c1fe%7D.xml
Dolomitgestein	PE-GaBi	Europa	2009	
Natriumkarbonat	PE-GaBi	Europa	2010	
Kohle	ELCD/ PE-GaBi	EU-25	2002	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7Bf52074d1-8aaa-44ad-87b1-b34456d9cf29%7D.xml
Schweröl	ELCD/ PE-GaBi	EU-15	2003	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B50462b0d-7d2b-40d4-843e-9857061e3c08%7D.xml
Wasserstoff	PE-GaBi	Europa	2005	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B79db7481-6214-417e-888c-3fb5c1ee4015%7D.xml
Kalkstein	PE-GaBi	Europa	2005	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7Bf5dcd4d0-6ee3-424c-a82b-addf92bbd66d%7D.xml
Erdgas	ELCD/ PE-GaBi	EU-25	2002	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7Bcfe8972e-6b51-4a17-b499-d78477fa4294%7D.xml
Stickstoff	PE-GaBi	Deutschland	2005	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7B1c6c4d18-f3b4-4f5d-a25c-62c909510418%7D.xml
Sauerstoff	PE-GaBi	Deutschland	2005	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7Ba6334129-f3d4-46ec-a4f3-41d2b549c92d%7D.xml
Natriumchlorid	PE-GaBi	Europa	2005	
Natriumsulfat	PE-GaBi	weltweit	2005	
Elektrizität aus dem Stromnetz	PE-GaBi	EU-25	2008	http://documentation.GaBi-software.com/sample_data/processes/%7Bffe526f1-6fa2-49dc-91c0-dd2ba5bb2d0b%7D.xml

13.1.9 Datenqualität

Die Daten für Flachglas, Glasbeschichtung sowie die Fertigung des Mehrscheibenisolierglases wurde über den Bundesverband Flachglas koordiniert. Für Flachglas wurden Daten einer umfangreichen Datenerhebung in Europe von Glass for Europe verwendet, die Weiterverarbeitung wurde bei einzelnen Mitgliedsunternehmen des BV Flachglas erhoben und gemittelt.

Die Primärdaten für die Flachglasherstellung, welche von GfE (Glass for Europe) bereitgestellt wurden, beziehen sich auf das Jahr 2005. Die Durchschnittswerte stellen die Jahresproduktion (der teilnehmenden Standorte) dar und sind auf 1 kg Flachglas skaliert. Die Daten wurden von 25 Standorten bereitgestellt, welche drei Unternehmen und ca. 50 % des europäischen Marktvolumens widerspiegeln. Für die Durchschnittsbildung wurden die Werke über die Produktionsmenge gemittelt. Für die Herstellung von ESG und VSG wurden typische Industriedaten auf Basis eines jährlichen Durchschnitts (2009) im Bundesverband Glasindustrie e.V. erhoben und mit den Mitgliedsunternehmen abgestimmt.

13.1.10 Transporte

Sämtliche Transporte der eingesetzten Roh- und Hilfsstoffe in den Vorketten und zum Verarbeiter wurden in den Bilanzen berücksichtigt.

Die Transportentfernungen wurden als Durchschnittswerte der unterschiedlichen Transportmittel angegeben.

Die Transportkette kann sich jeweils in LkW-Transport mit Spedition, Transport via LkW-Sattelzug (Fuhrpark, Hinfahrt voll, Rückfahrt Leerfahrt), Schienentransport (Annahme Dieseltraktion) sowie Übersee-Schifftransport gliedern.

Die dokumentierten Entfernungen der Energieträger verstehen sich ab Umschlagpunkt im jeweiligen Verbrauchsland, da der Transport dorthin schon im Datensatz des jeweiligen Verbrauchsmix enthalten ist.

Es wird angenommen, dass die Prozessgase Stickstoff und Sauerstoff vor Ort produziert werden

Tabelle 13-56 Transportentfernungen (Herstellung) [73]

Rohstoffe	Transportmittel, Transport-km, Auslastung
Kaolin	27 t LKW, 85 % Auslastung, 200 km; 27 t LKW-Zug, 50 % Auslastung, 150 km; Seeschiff Ozeane, 300 km
Quarzsand	27 t LKW, 85 % Auslastung, 100 km; 27 t LKW-Zug, 50 % Auslastung, 50 km; Diesel Zug, 60 % Auslastung, 100 km; Seeschiff Ozeane, 100 km
Dolomit gemahlen	27 t LKW, 85 % Auslastung, 200 km; 27 t LKW-Zug, 50 % Auslastung, 50 km;
Soda (Na2CO3)	27 t LKW, 85 % Auslastung, 100 km; 27 t LKW-Zug, 50 % Auslastung, 100 km; Diesel Zug, 60 % Auslastung, 100 km; Seeschiff Ozeane, 200 km
Steinkohle	27 t LKW, 85 % Auslastung, 100 km; Diesel Zug, 60 % Auslastung, 100 km;
Heizöl (schwer)	27 t LKW, 85 % Auslastung, 100 km; Diesel Zug, 60 % Auslastung, 100 km;
Wasserstoff	27 t LKW, 85 % Auslastung, 100 km; Diesel Zug, 60 % Auslastung, 100 km;
Kalkstein Mehl	27 t LKW, 85 % Auslastung, 100 km; 27 t LKW-Zug, 50 % Auslastung, 50 km;
Natriumchlorid	27 t LKW, 85 % Auslastung, 300 km;
Natriumsulfat	27 t LKW, 85 % Auslastung, 300 km; 27 t LKW-Zug, 50 % Auslastung, 200 km; Seeschiff Ozeane, 50 km
Flachglas Scherben	27 t LKW, 85% Beladung, 100 km

Der Transport zur Entsorgung, in diesem Fall dem Glasrecycling, wurde ebenfalls berücksichtigt. Es wurde eine Entfernung von 50 km angesetzt, da davon ausgegangen werden kann, dass in Deutschland alle 50 km eine Verwertungsanlage vorhanden ist. Die Auslastung dieser Transporte wurde auf 50% festgesetzt, da angenommen wird, dass der LKW voll beladen hin und leer wieder zurück zur Baustelle fährt. Als LKW wurde ein LKW mit 27 t Nutzlast angenommen.

13.1.11 Zuordnung von Werksdaten zu deklarierten Produkten

Alle Werksdaten beziehen sich auf das deklarierte Produkt. Im Rahmen der Ökobilanz wurden hierfür keine Allokationen durchgeführt.

13.1.12 Allokation von Kuppelprodukten

Im Rahmen der Ökobilanz wurden hierfür keine Allokationen durchgeführt.

Allokationen (d. h. die Zuordnung von Umweltlasten eines Prozesses auf mehrere Produkte) können in den verwendeten Hintergrunddatensätzen der GaBi 4-Datenbank vorgenommen worden sein, die dann in den zugehörigen Einzeldokumentationen hinterlegt sind (GaBi 2009 [32]).

13.1.13 Allokation bei Multi-Input-Prozessen

Nicht verwertete inerte Reststoffe werden auf einer geeigneten Deponie abgelagert und die Lasten inputspezifisch zugerechnet.
Im Modell werden diese Ablagerungsgüter input-spezifisch entsprechend ihrer elementaren Zusammensetzung modelliert (inklusive der dabei auftretenden Emissionen).

13.1.14 Allokation bei open und closed loop Recycling auf der Inputseite

Alle während der Produktion und der Endfertigung von Flachglas anfallenden Produktionsabfälle werden intern rezykliert.

13.1.15 Hinweise zur Nutzungsphase

Die Nutzung wird wegen der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten und Konstruktionen nicht in die Berechnung einbezogen.

Das Nutzungsstadium muss für eine Bewertung im Kontext des Gebäudes ergänzt werden.

13.1.16 Wahl des Entsorgungsverfahrens

Für aufbereitete Flachglasscherben gibt es sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten. Diese reichen von der Wiederverwertung in der Flachglasproduktion über die Herstellung von Gussglas, Behälterglas, Dämmwolle, Schmirgelpapier bis hin zur Produktion von Glasbausteinen. In Form eines Szenarios wird die Wiederverwertung in der Herstellung von Behälterglas bilanziert. Transporte zum End-of-Life sind ebenfalls berücksichtigt.

Tabelle 13-57 Materialflüsse und zugehörige Entsorgungsverfahren [73]

Material/Rohstoff	Datensätze der Entsorgungsverfahren
Verluste, inertes Material	DE: Inertstoffdeponie (Bauschutt)
Gesammeltes Bruchglas	Recycling zu Containerglas

13.1.17 Allokation beim End-of-Life Recycling

Das End-of-Life-Szenario des Glases umfasst die Sammlung und das Recycling zu Behälterglas. Dieser Verwertungsweg wurde gewählt, da er dem Stand der Technik entspricht, eine gute Datengrundlage verfügbar war und zudem vergleichbare Ergebnisse wie bei einem Recycling in andere Glasprodukte erzielbar sind. Zudem ist die chemische Zusammensetzung der beiden Glasarten ähnlich.

Die Einsparungen beim Einsatz von Sekundärmaterial ergeben sich dabei vor allem aus einem geringeren Energieverbrauch bei der Glasschmelze (keine erneute Glasbildung notwendig) sowie einem reduzierten Einsatz von Vorprodukten, welche in ihrer Herstellung teilweise wiederum energieintensiv sind (z. B. Soda). Zudem treten beim Einsatz von Scherben deutlich geringere stoffliche CO2-Emissionen auf (keine Reduktion von Na2CO3 zu Na2O und CO2) Die Energieeinsparung wurde mit den Äquivalenzprozessen DE: Strom und DE: Thermische Energie aus Erdgas (jeweils GaBi 2009) gerechnet, die Rohstoffe entsprechend der in der Floatproduktion eingesetzten Rohstoffe.

Für das End of Life von Flachglas wurde eine Sammelquote von 90 % angenommen. Für die verbleibenden 10% wird eine Deponierung auf einer Bauschuttdeponie modelliert. Ausnahme bildet das VSG. Da hierbei ein Trennen des Verbundes zwischen Glas und Kunststofffolie nötig ist, wird ein zusätzlicher

Stromverbrauch für das Auftrennen berücksichtigt (0,15 kWh/kg Glasverbund). Die Summe an Bruchglas zur Verwertung wird geringer, durch den Verbleib an daran haftendem Glas (Reduktion um 10%).

13.1.18 Allokation bei der thermischen Verwertung

Eine thermische Verwertung wird nicht angenommen. Demnach entstehen auch keine Gutschriften infolge der thermischen Verwertung. Dichtungen und Abstandhalter beim Mehrscheibenisolierglas sind von sehr geringer Masse (< 1 %) und werden als nicht thermisch verwertbare Reststoffe gehandhabt und demnach deponiert. Ein Aussortieren dieser geringen Fraktion wird aus ökonomischen Gründen nicht praktiziert.

13.1.19 Sensitivitätsanalyse Transporte

Bezüglich der gewählten Transportentfernungen bei den Rohstoffen und Energieträgern der Flachglasherstellung wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Hierzu wird der Transport mit dem Schiff (Ozean) von 50 km (Standardeinstellung) auf 1000 km gesetzt.

Die geänderten Parametereinstellungen wurden für folgende Inputs vorgenommen:

Tabelle 13-58 Transportentfernung je Rohstoff [73]

	Standard-Szenario Schiff Ozean [km]	Szenario Schiff Ozean [km]
Dolomit	50	1000
Kalksteinmehl	50	1000
Kaolin	50	1000
Natriumsulfat	50	1000
Natriumchlorid	50	1000
Soda	50	1000
Steinkohle	50	1000

Auf eine Heraufsetzung der Transportdistanz für Sand wird verzichtet, da dies als nicht praxisnah erachtet wird.

13.2 Sachbilanz

Entsprechend der Zieldefinition werden in der Sachbilanz alle maßgeblichen Input- und Outputströme, die im Zusammenhang mit dem betrachteten Produkt oder Produktsystem auftreten, identifiziert und quantifiziert.

13.2.1 Datenerhebung und -verarbeitung

Die Daten für Flachglas, Glasbeschichtung sowie die Fertigung des Mehrscheibenisolierglases wurde über den Bundesverband Flachglas koordiniert. Für Flachglas wurden Daten einer umfangreichen Datenerhebung in Europa von Glass for Europe verwendet, die Weiterverarbeitung wurde bei einzelnen Mitgliedsunternehmen des BV Flachglas erhoben und gemittelt. Für die Herstellung von VSG und ESG konnten repräsentativen Daten erhoben werden. Das Flachglas-Modell bildet die Basis für alle weiteren betrachteten Glasprodukte.

Flachglas

Die Primärdaten für die Flachglasherstellung, welche von GfE (Glass for Europe) bereitgestellt wurden, beziehen sich auf das Jahr 2005. Die Durchschnittswerte stellen die Jahresproduktion (der teilnehmenden Standorte) dar und sind auf 1 kg Flachglas skaliert. Die Daten wurden von 25 Standorten bereitgestellt, welche 3 Unternehmen und ca. 50 % des europäischen Marktvolumens widerspiegeln.

Stickstoffoxide (NO_2) wurden von GfE als NO_X berichtet. Für die Emissionen der Glasindustrie sind für NO_2-Emissionen 10% und für NO-Emissionen 90 % anzunehmen (Entsprechend BREF-Dokument). Diese Aufteilung wurde für die Daten herangezogen und beeinflusst die Wirkungskategorie POCP, wie im Ergebniskapitel zu erkennen ist. Diese Emissionen haben unterschiedliche Umweltauswirkungen, weshalb die Aufteilung der Emissionen zu berücksichtigen ist.

Die Emissionen von Schwefeloxiden (SO_X) beinhalten sowohl Schwefeldioxide (SO_2) als auch Schwefeltrioxide (SO_3) und wurden als SO_X-Äquivalente berichtet. Die beiden Hauptquellen von Schwefeloxid-Emissionen sind zum einen die Oxidation von Schwefel in Treibstoffen und zum anderen die Zersetzung/Oxidation von Schwefelverbindungen in Rohmaterialien. Auf Grundlage des BREF-Dokuments wurde folgende Aufteilung angewandt: 95 % SO_2 und 5 % SO_3. Die folgende Tabelle stellt einen Überblick über die Daten dar, die für die Modellierung der Sachbilanz verwendet wurden.

Tabelle 13-59 Input/Output-Daten (Gate-to-Gate) bezogen auf 1 kg Flachglas [73]

Input-Ströme pro kg Flachglas (Gate-to-Gate)		Einheit
Materialien	Sand	kg
	Natriumkarbonat	kg
	Dolomitgestein	kg
	Glasscherben	kg
	Kalkstein	kg
	Natriumsulfat	kg
	Feldspat	kg
	Stickstoff	kg
	Sauerstoff	kg
	Wasserstoff	kg
	Natriumchlorid	kg
	Schlacke	kg
Energie	Erdgas	MJ
	Elektrizität aus dem Stromnetz	MJ
	Schweröl	MJ
	Kohle	MJ
Wasser	Wasser	kg
Output-Ströme pro kg Flachglas (Gate-to-Gate)		Einheit
Produkt	Flachglas	kg
Emissionen in die Luft	Kohlendioxid	kg
	Kohlenmonoxid	kg
	Schwefeldioxid	kg
	Schwefeltrioxid	kg
	Stickstoffdioxid	kg
	Stickstoffoxid	kg
	VOC	kg
	Chrom (unspezifisch)	kg
	Staub	kg
	Chlorwasserstoff	kg
	Fluorwasserstoff	kg
	Blei (+II)	kg
	Nickel	kg
Emissionen in Wasser	Ammoniak	kg
	Feststoffe (gelöst)	kg

	Schwebstoffe	kg
	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	kg
	Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB)	kg
	Gesamter organischer Kohlenstoff	kg
	Metalle (unspezifisch)	kg
	Chlorid	kg
	Fluor	kg
	Sulfat	kg
	Phosphor	kg
	Stickstoff	kg
	Nickel (+II)	kg
	Waste water	kg
	Zink (+II)	kg
	Öl (unspezifisch)	kg
Abfall	Abfall zur Entsorgung	kg

Für sämtliche Input-Materialen, für die verschiedenen Energiequellen (Elektrizität, Treibstoffe) und für alle Transportprozesse wurden Bestandsdaten aus den Gabe-Datenbanken verwendet. Diese Bestandsdaten sind Tabelle 13-60 zu entnehmen.

Anmerkung: Die Mengenangaben können aufgrund geschlossener Geheimhaltungsvereinbarungen hier nicht angegeben werden.

Tabelle 13-60 Im Flachglas GaBi-Modell verwendete Hintergrunddaten [73]

Rohmaterialien/ Energieträger	Quelle	Räumlicher Bezug	Link zur GaBi-Dokumentation
Feldspat	PE-GaBi	Deutschland	
Sand	PE-GaBi	Europa	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7B4cb83c4d-5a3e-460d-9969-9c42ad57c1fe%7D.xml
Dolomitgestein	PE-GaBi	Europa	
Natriumkarbonat	PE-GaBi	Europa	
Kohle	ELCD/ PE-GaBi	EU-25	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7Bf52074d1-8aaa-44ad-87b1-b34456d9cf29%7D.xml
Schweröl	ELCD/ PE-GaBi	EU-15	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7B909c9a65-3b16-4923-9c91-fe585ca9d194%7D.xml
Wasserstoff	PE-GaBi	Europa	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7B79db7481-6214-417e-888c-3fb5c1ee4015%7D.xml
Kalkstein	PE-GaBi	Europa	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7Bf5dcd4d0-6ee3-424c-a82b-addf92bbd66d%7D.xml
Erdgas	ELCD/ PE-GaBi	EU-25	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7Bcfe8972e-6b51-4a17-b499-d78477fa4294%7D.xml
Stickstoff	PE-GaBi	Deutschland	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7B1c6c4d18-f3b4-4f5d-a25c-62c909510418%7D.xml%5e
Sauerstoff	PE-GaBi	Deutschland	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7Ba6334129-f3d4-46ec-a4f3-41d2b549c92d%7D.xml
Natriumchlorid	PE-GaBi	Europa	
Natriumsulfat	PE-GaBi	weltweit	
Elektrizität aus dem Stromnetz	PE-GaBi	EU-25	http://documentation.GaBi-soft-ware.com/sample_data/processes/%7Bffe526f1-6fa2-49dc-91c0-dd2ba5bb2d0b%7D.xml

Die Herstellung für 1 m² Flachglas mit einer Dicke von 1 mm ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

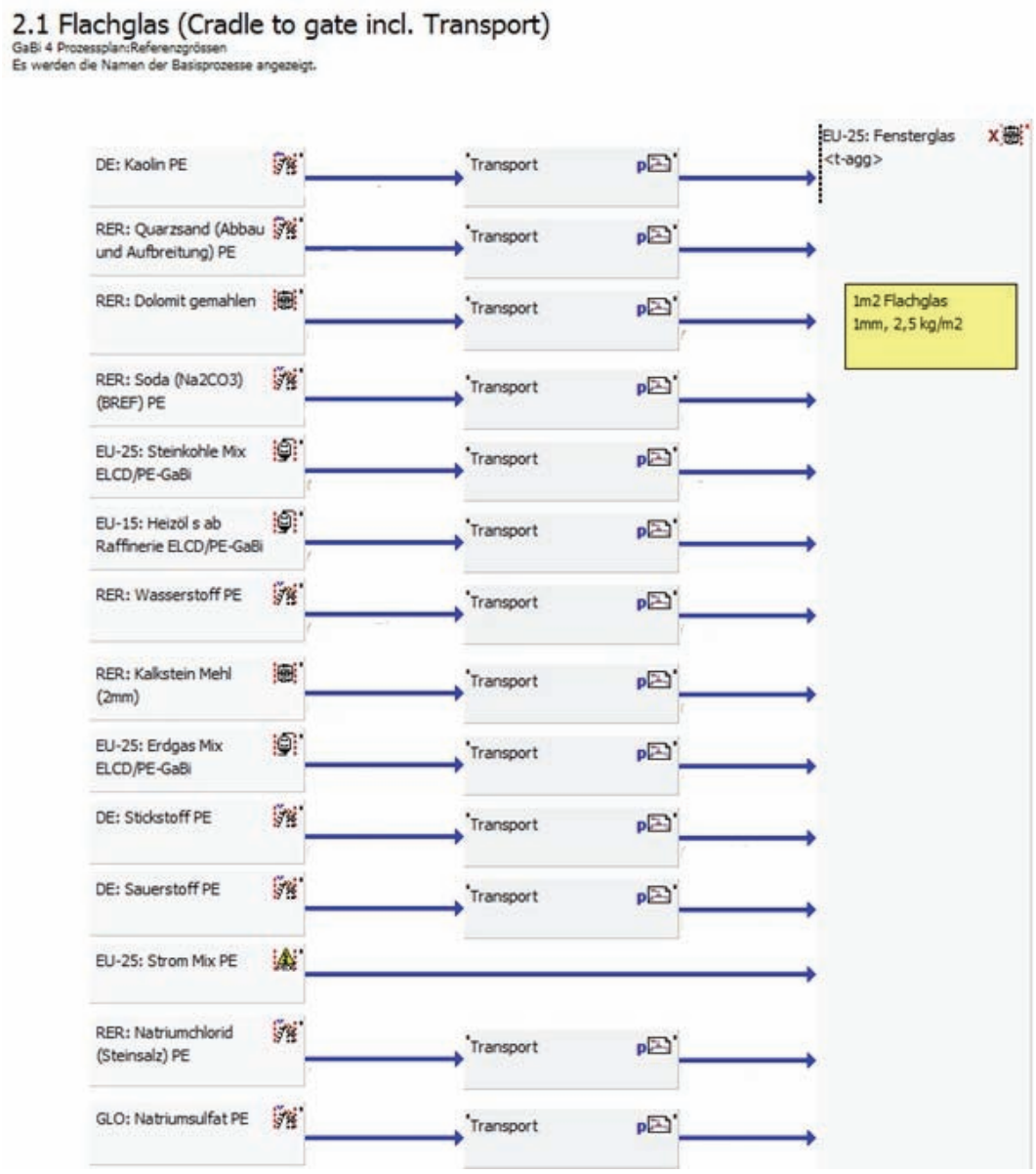


Abbildung 68 GaBi-Plan für die Herstellung von 1 m² Flachglas mit einer Dicke von 1 mm (GaBi Screenshot) [73]

Einscheibensicherheitsglas

ESG ist ein speziell wärmebehandeltes Glas. Zusätzlich zur Flachglasherstellung ist hierbei ein zusätzlicher Energieeintrag notwendig, um das Glas zu härten.

Die Herstellung für 1 m² ESG mit einer Dicke von 1 mm ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

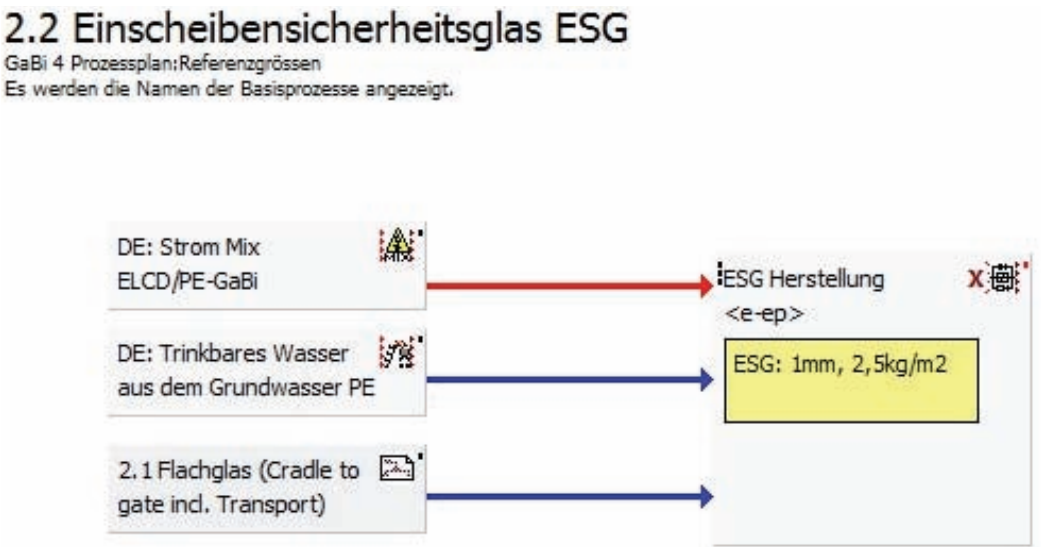


Abbildung 69 GaBi-Plan für die Herstellung von 1m² ESG mit einer Dicke von 1 mm (GaBi Screenshot) [73]

Verbundsicherheitsglas

Beim VSG wird zusätzlich zur Erhöhung der Reißfestigkeit zwischen die Glasscheiben eine Folie aus z. B. Polyvinylbutyral eingebracht. Mittels einer Walzenpresse wird ein so genannter „Vorverbund“ zwischen Glasscheiben und Folie hergestellt. Im Autoklaven wird anschließend ein dauerhafter Verbund von Glas und Folie geschaffen.

Die Datenerhebung erfolgte auf Basis eines Quadratmeters VSG mit einer Dicke von 2 x 8 mm Glas zuzüglich der Folie (Gesamtgewicht 40,8 kg/m²). Anschließend erfolgte im GaBi-Modell eine Skalierung auf 1 mm und dementsprechend einem Gesamtgewicht von 2,55 kg/m². Die Herstellung für 1 m² VSG mit einer Dicke von 1 mm ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

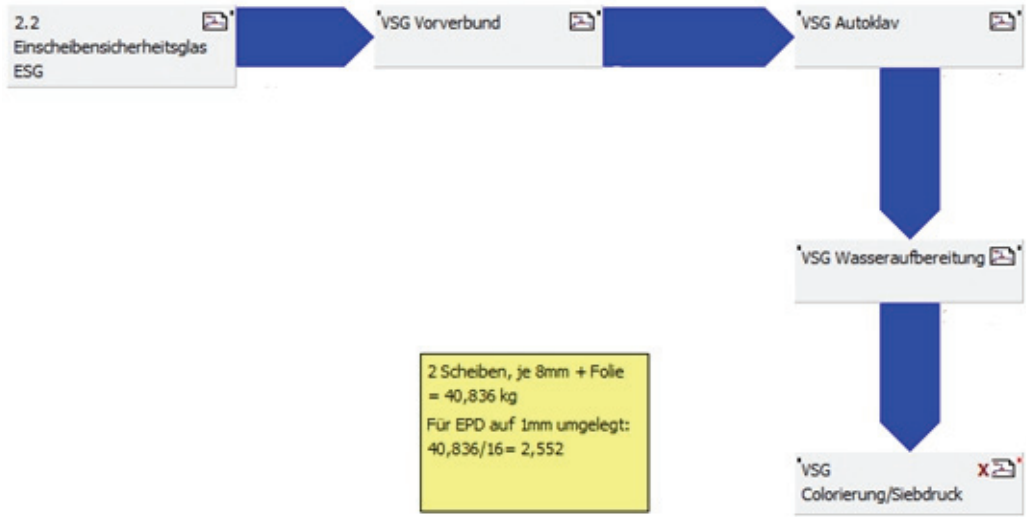


Abbildung 70 GaBi-Plan für die Herstellung von 1 m² VSG mit einer Dicke von 1 mm (GaBi-Screenshot) [73]

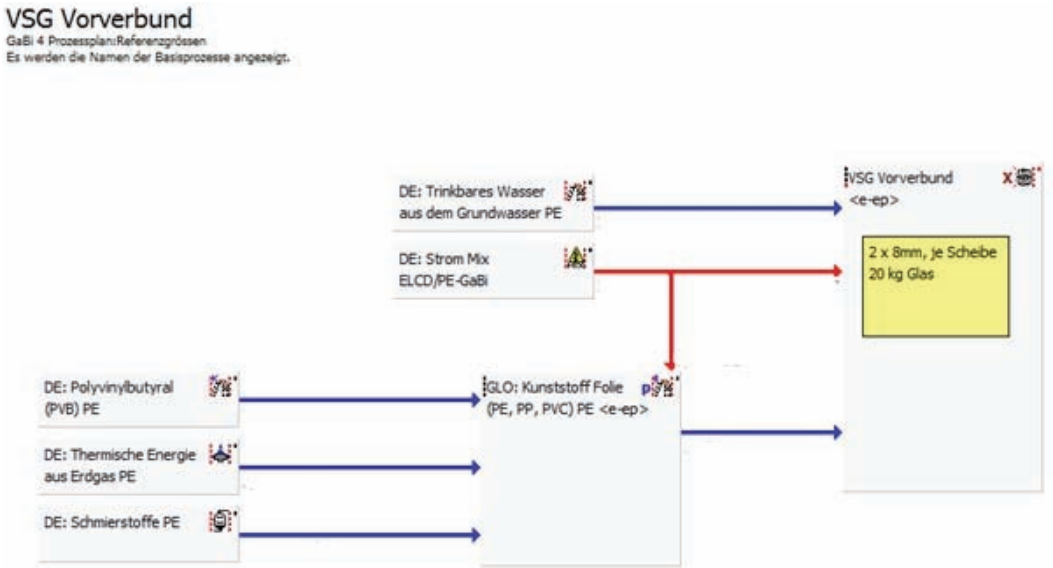


Abbildung 71 GaBi-Plan für den Prozess „Herstellung des Vorverbundes“ als Teil der Herstellung von 1 m² VSG (GaBi-Screenshot bezogen auf 1 m² mit 40,8 kg/m²) [73]

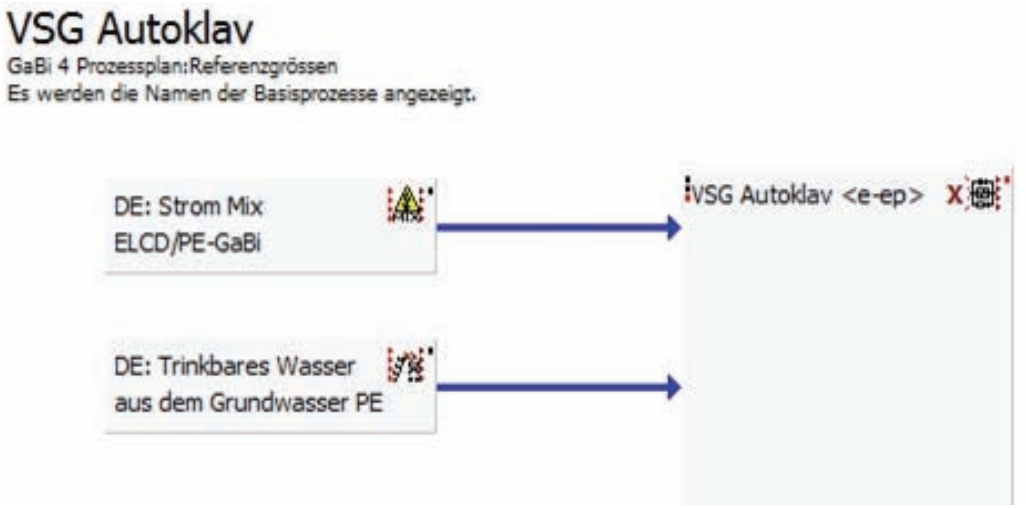


Abbildung 72 GaBi-Plan für den Prozess „Autoklav“ als Teil der Herstellung von 1 m² VSG (GaBi-Screenshot bezogen auf 1 m² mit 40,8 kg/m²) [73]

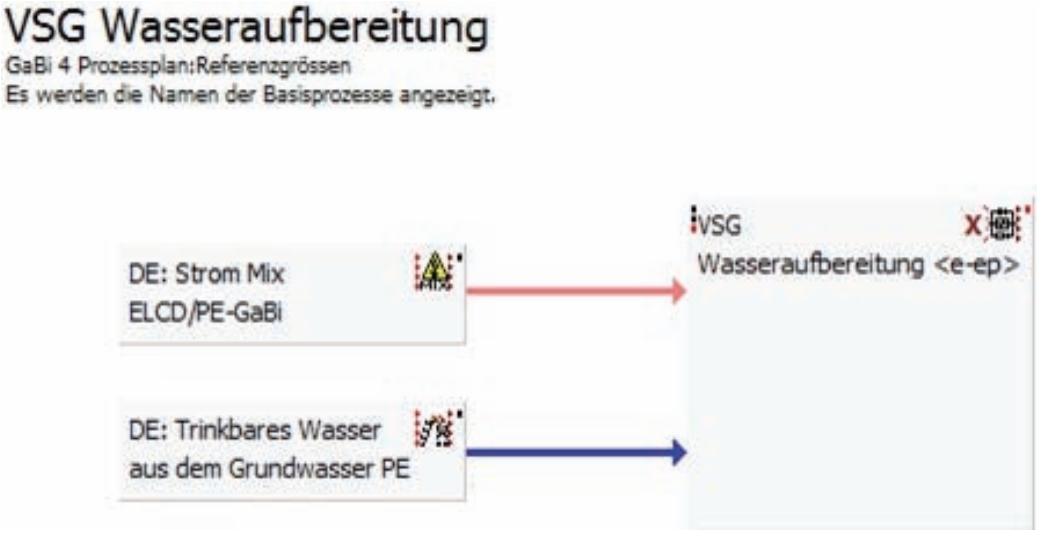


Abbildung 73 GaBi-Plan für den Prozess „Wasseraufbereitung“ als Teil der Herstellung von 1 m² VSG (GaBi-Screenshot bezogen auf 1 m² mit 40,8 kg/m²) [73]

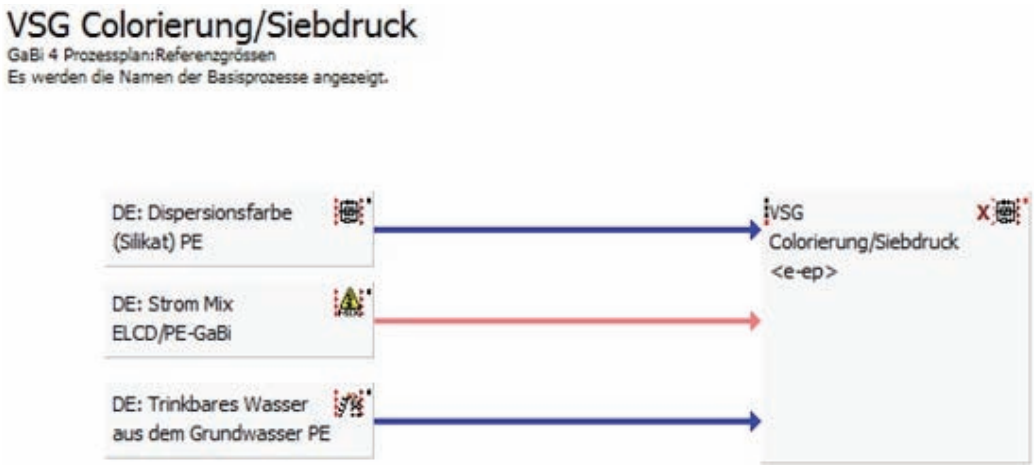


Abbildung 74 GaBi-Plan für den Prozess „Colorierung/Siebdruck“ als Teil der Herstellung von 1 m² VSG (GaBi-Screenshot bezogen auf 1 m² mit 40,8 kg/m²) [73]

Mehrscheibenisolierglas

Die Herstellung für 1 m² Mehrscheibenisolierglas (zwei Scheiben) ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

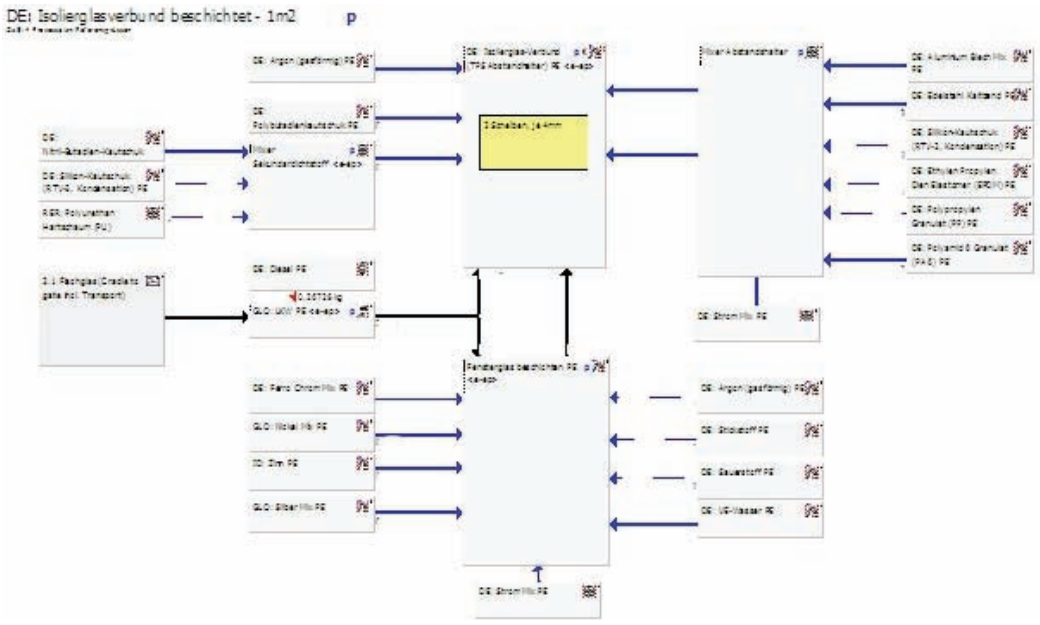


Abbildung 75 GaBi-Plan für die Herstellung von 1m² MIG, 2-Scheiben (4-16-4)(GaBi-Screenshot) [73]

Die Herstellung für 1 m² Mehrscheibenisolierglas (3 Scheiben) ist im GaBi-Modell wie folgt abgebildet:

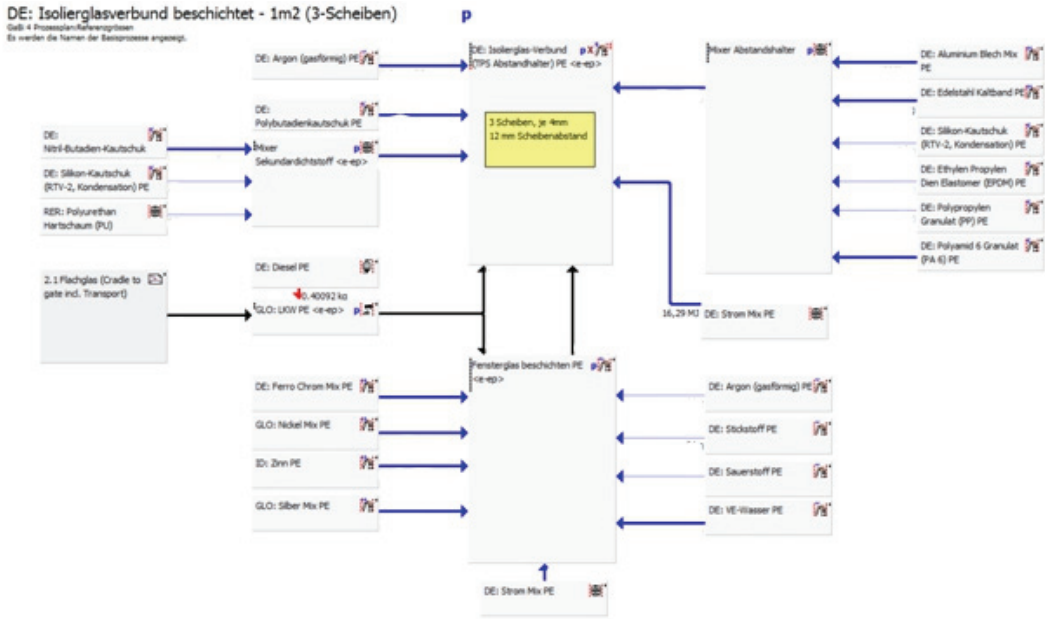


Abbildung 76 GaBi-Plan für die Herstellung von 1 m² MIG, 3-Scheiben (4-12-4-12-4) (GaBi-Screenshot) [73]

Die folgende Tabelle fasst die Inputs und Outputs während der Herstellung der beiden MIG zusammen.

Tabelle 13-61 Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas (ohne Vorketten) [73]

Prozessdaten (ohne Vorketten)	Einheit	Pro m² MIG, 2 Scheiben	Pro m² MIG, 3 Scheiben
INPUT			
Füllgas			
Argon	kg		
Dichtstoffe			
Polybutadienkautschuk	kg		
Polysulfidpolymer	kg		
Abstandhalter			
Aluminium Blech	kg		
Edelstahl	kg		

Prozessdaten (ohne Vorketten)	Einheit	Pro m^2 MIG, 2 Scheiben	Pro m^2 MIG, 3 Scheiben
Polyamid 6	kg		
Beschichtung			
Ferro Chrom	kg		
Nickel	kg		
Zinn	kg		
Silber	kg		
Wasser vollentsalzt	kg		
Strom (Beschichtung)	MJ		
Energie für Produktion			
Diesel	MJ		
Strom	MJ		
Flachglas	kg		
OUTPUT			
Isolierglasverbund	kg		
Abfalle zur Verwertung	kg		
Emissionen in Luft (aus Beschichtung)			
Stickoxide	kg		

Anmerkung: Die Mengenangaben können aufgrund geschlossener Geheimhaltungsvereinbarungen hier nicht angegeben werden. Sie sind jedoch im Hintergrundbericht zur Ökobilanz enthalten.

End-of-Life (alle Produkte außer VSG)

Das End-of-Life-Szenario des Glases umfasst die Sammlung und das Recycling zu Behälterglas (inklusive Gutschriften für einen geringeren Einsatz an Primärenergie in der Herstellung beim Einsatz von Sekundärmaterial sowie stoffliche Batch-Gutschriften). Für das Glas ist eine Sammelquote von 90 % angenommen. Für die verbleibenden 10 % wird eine Deponierung auf einer Bauschuttdeponie angenommen.

Beim Glasrecycling zu Containerglas werden die stofflichen Materialien durch Äquivalenzprozesse gutgeschrieben, die ebenfalls in der Herstellung verwendet wurden (für Sand, Soda, Kalksteinmehl).

Der Einsatz von Sekundärmaterialien senkt den Energieaufwand in der Herstellung. Diese Einsparung wird mit den Äquivalenzprozessen DE: Strom und DE: Thermische Energie aus Erdgas (jeweils GaBi 2009 [32) gegen gerechnet. Die Gutschriften für das rezyklierte Glas werden über die entsprechende Primärproduktion errechnet.

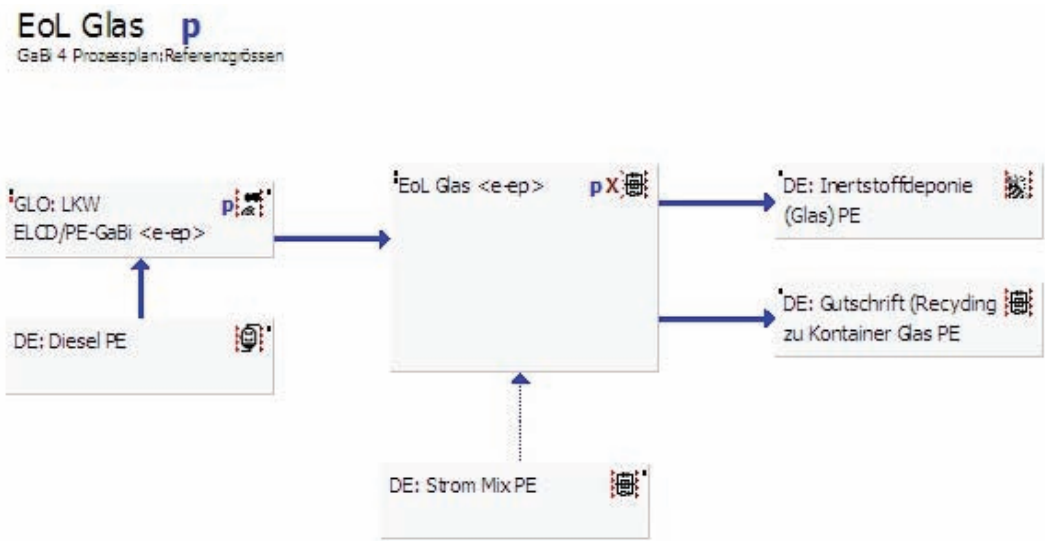


Abbildung 77 GaBi Plan für das End-of-Life von 1 kg Glas, außer VSG (GaBi-Screenshot) [73]

End-of-Life für VSG

Auch hier umfasst das End–of-Life-Szenario des Glases die Sammlung und das Recycling zu Behälterglas (inklusive Gutschriften für einen geringeren Einsatz an Primärenergie in der Herstellung beim Einsatz von Sekundärmaterial sowie stoffliche Batch-Gutschriften). Für das zurückgewonnene Glas wird ebenfalls eine Sammelquote von 90 % angenommen. Zudem wird eine weitere Reduktion von 10 % angenommen, da die Summe an Bruchglas zur Verwertung durch den an Folie haftenden Glasanteil geringer wird. Für die verbleibende Masse wird eine Deponierung auf einer Bauschuttdeponie angenommen.

Da beim VSG ein Trennen des Verbundes zwischen Glas und Kunststofffolie nötig ist, wird ein zusätzlicher Stromverbrauch für das Auftrennen berücksichtigt (0,15 kWh/kg Glasverbund). Die Gutschriften für das rezyklierte Glas werden über die entsprechende Primärproduktion errechnet.

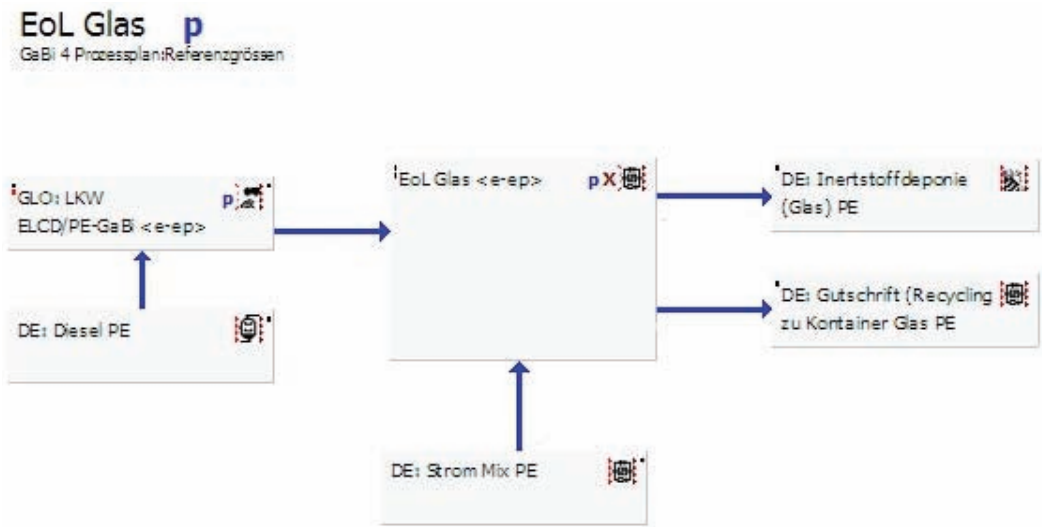


Abbildung 78 GaBi Plan für das End-of-Life von 1 kg VSG (GaBi-Screenshot) [73]

Gutschrift (Recycling zu Containerglas)

Beim Glasrecycling zu Containerglas werden die stofflichen Materialien durch Äquivalenzprozesse gutgeschrieben, die ebenfalls in der Herstellung verwendet wurden (für Sand, Soda, Kalksteinmehl). Der Einsatz von Sekundärmaterialien senkt den Energieaufwand in der Herstellung. Diese Einsparung wird mit den Äquivalenzprozessen DE: Strom und DE: Thermische Energie aus Erdgas (jeweils GaBi 2009 [32]) gegengerechnet.

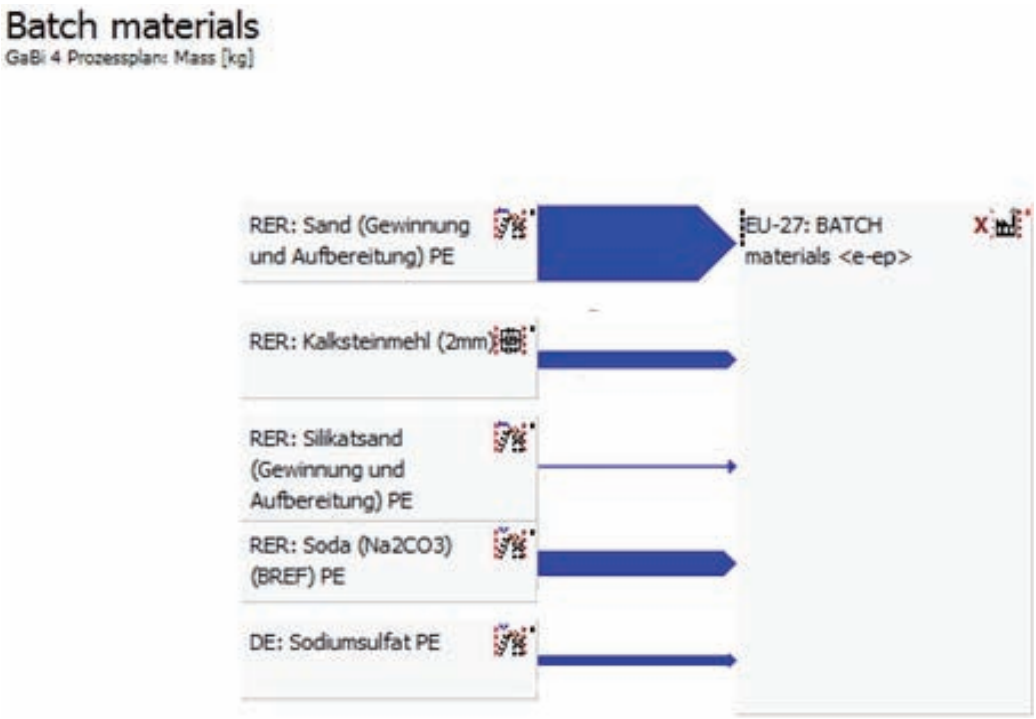


Abbildung 79 GaBi-Plan für die Zusammensetzung von 1 kg Batch-Material [73]

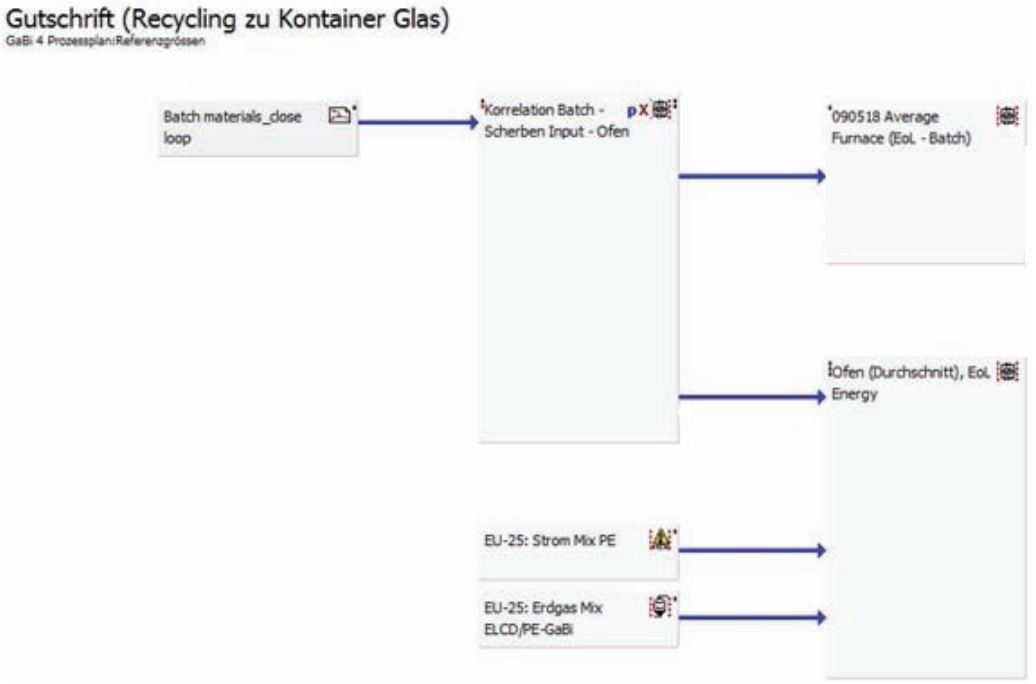


Abbildung 80 GaBi-Plan für die Gutschrift von 1 kg Scherben im End-of-Life [73]

Die Berechnung der Gutschrift basiert auf folgenden Grundsätzen:

- 1 kg Scherben ersetzt 1,2 kg Batch in der Glasherstellung.
- Der Energieverbrauch reduziert sich in Abhängigkeit des Einsatzes von Scherben: 1 kg Scherben spart 30 % Primärenergie (-0,3 x Scherbeninput x Energieinput).
- Die Emissionen verringern sich mit dem Einsatz von Scherben: Reduktion von CO_2 in Abhängigkeit von Batch- und Energie-Input (1,2 kg Batch spart 0,177 kg CO_2 resultierend aus den Rohstoffen ein), Reduktion von CO_2, NO_x, Staub, SO_2 in Abhängigkeit des Energieeinsatzes.

13.2.2 Datenerhebung und -verarbeitung

Die Daten für Flachglas, Glasbeschichtung sowie die Fertigung des Mehrscheibenisolierglases wurde über den Bundesverband Flachglas koordiniert. Für Flachglas wurden Daten einer umfangreichen Datenerhebung in Europa von Glass for Europe verwendet, die Weiterverarbeitung wurde bei einzelnen Mitgliedsunternehmen des BV Flachglas erhoben und gemittelt. Das Flachglas-Modell bildet die Basis für alle weiteren betrachteten Glasprodukte. Die Primärdaten für die Flachglasherstellung, welche von GfE (Glass for Europe) bereitgestellt wurden, beziehen sich auf das Jahr 2005. Die Durchschnittswerte stellen die Jahresproduktion (der teilnehmenden Standorte) dar und sind auf 1 kg Flachglas skaliert. Die Daten wurden von 25 Standorten bereitgestellt, welche drei Unternehmen und ca. 50 % des europäischen Marktvolumens widerspiegeln.

Mit Hilfe von Fragebögen zur Erfassung der Input- und Output-Flüsse in den Werken wurden alle relevanten Material- und Energieflüsse zusammengestellt und auf das Endprodukt bezogen. Die Gewichtung der teilnehmenden Firmen und Standorte untereinander erfolgte über das jeweils produzierte Produktvolumen. Für die Herstellung von ESG und VSG wurden typische Industriedaten im Bundesverband Glasindustrie e.V. erhoben und mit den Mitgliedsunternehmen abgestimmt. Die Datengrundlage für die Darstellung der Umweltwirkungen für ESG und VSG ist jedoch nicht repräsentativ. Auf Basis dieser Datengrundlage erfolgte die Modellbildung mit Hilfe der Ökobilanzsoftware GaBi 4 (GABI 4 2010 [33]) nach den Vorgaben der DIN ISO 14044 2006 [53].

Ergebnisdarstellung FG, ESG und VSG

Die Ergebnisse für FG und ESG sind separat für folgende Sektoren dargestellt: Rohstoffe, Produktion, Transporte und End-of-Life. Dabei sind unter „**Rohstoffe**“ folgende Prozesse zusammengefasst:

- Herstellung/Gewinnung von Kaolin
- Herstellung/Gewinnung von Dolomit
- Herstellung/Gewinnung von Kalkstein
- Herstellung/Gewinnung von Natriumsulfat
- Herstellung/Gewinnung von Sand
- Herstellung/Gewinnung von Natriumcarbonat
- Herstellung/Gewinnung von Natriumchlorid

Folgende Subsysteme sind dabei unter „**Produktion**“ zusammengefasst:

- energetische Aufwendungen zur Produktion (thermische Energie aus Heizöl, aus Erdgas, aus Propan, aus Butan und Strom),
- Verbrennung von Diesel in Baumaschinen,
- Herstellung von Hilfsstoffen wie Stickstoff, Sauerstoff, Schmierstoff,
- Entsorgung von Produktionsrückständen (Abwasser, Bauschutt).

Die **Transporte** umschließen die in Kapitel 13.1.10 dokumentierten Transport-aufwendungen.

Folgende Subsysteme sind dabei unter „**End-of-Life**“ zusammengefasst:

- Transport zum EoL inklusive LkW und Dieselverbrauch
- Strom zum Auftrennen des Verbundes nur beim VSG
- EoL der Produkts (Bauschuttdeponie, Recycling zu Containerglas)

Beim VSG werden folgende zwei Subsysteme zusätzlich separat ausgewiesen: PVB-Folie und Autoklav.

Folgende Subsysteme sind dabei unter „**PVB-Folie**“ zusammengefasst:

- Herstellung der Kunststofffolie inklusive PVB-Granulat-Herstellung, Strom, thermische Energie und Schmierstoffe

Folgende Subsysteme sind dabei unter „**Autoklav**“ zusammengefasst:

- Strom-Mix

Ergebnisdarstellung MIG:

Die Ergebnisse für MIG sind für folgende Sektoren dargestellt:

Füllgas, Abstandhalter, Dichtungen, Beschichtung, Flachglas, Produktion, Transport und End-of-Life. Die unter „**Füllgas**“, „**Abstandhalter**“, „**Dichtungen**“, „**Produktion**“ und „**Beschichtung**“ zusammengefassten Prozesse/Datensätze sind Tabelle 13-61 zu entnehmen. Das „**Flachglas**“ umfasst den im EPD Flachglas dargestellten Lebenswegabschnitt cradle-to-gate. Die **Transporte** umschließen die in Kapitel 13.1.10 dokumentierten Transportaufwendungen.

Folgende Subsysteme sind dabei unter „**End-of-Life**“ zusammengefasst:

- Transport zum EoL inklusive LKW und Dieselverbrauch
- Kein Herauslösen von Kleinteilen (Abstandhalter, Dichtungen etc., da unter 1 %)
- **EoL** der Produkte (Bauschuttdeponie, Recycling zu Containerglas)

13.2.3 Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas

Stoff- und Energieströme entlang des Produktlebenszyklus werden in diesem Schritt bestimmt und – auf die deklarierte Einheit bezogen – addiert. Man erhält eine Liste an Stoffen, Energien und Emissionen, deren Umweltwirkungen jedoch erst im nächsten Teilschritt, der Wirkungsabschätzung (Kapitel 13.3) ermittelt und der Übersichtlichkeit halber auch dort dargestellt werden.

Nachfolgend werden für Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas ausgewählte Sachbilanzdaten für den Primärenergieverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasserverbrauch, Abfallaufkommen, Verwendung von Sekundärbrennstoffen sowie nicht erneuerbaren stofflichen Ressourcen aufgezeigt.

Primärenergie input-seitig:

Herstellung

Der Primärenergiebedarf der einzelnen Subsysteme ist nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1 m² verschiedener Gläser dargestellt, in Tabelle 13-62 für FG, in Tabelle 13-63 für ESG und in Tabelle 13-64 für VSG.

Tabelle 13-62 Primärenergiebedarf über die Herstellung von 1 m² FG, 1 mm [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate
PE, erneuerbar	[MJ]	0,56	0,08	0,01	0,64
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	27,49	8,92	1,21	37,62

Tabelle 13-63 Primärenergiebedarf über die Herstellung von 1 m² ESG, 1 mm [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate
PE, erneuerbar	[MJ]	2,09	0,08	0,01	2,18
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	58,07	8,92	1,21	68,20

Tabelle 13-64 Primärenergiebedarf über die Herstellung von 1 m² VSG, 1 mm [73]

Auswertegröße	Einheit/ m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Autoklav	PVB Folie	Total (cradle-to-gate
PE, erneuerbar	[MJ]	2,02	0,07	0,01	0,15	0,04	2,29
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	55,89	8,52	1,16	3,04	6,59	75,20

Der Primärenergiebedarf der Herstellung von Flachglas ist zu etwa 55 % von der thermischen Energie aus Erdgas und Heizöl bestimmt, die zur FG-Herstellung im Werk benötigt wird. Weitere 20 % sind auf die Vorkette der Natriumcarbonatherstellung zurückzuführen und weitere 16 % auf die Vorketten der Strombereitstellung. Die Herstellung von ESG ist zu etwa 45 % vom Stromverbrauch dominiert, der zum Erreichen der Härte benötigt wird, die verbleibenden 55 % sind auf die Vorketten der FG-Herstellung zurückzuführen. Die VSG Herstellung wird zu etwa 63 % vom Stromverbrauch des Autoklaven dominiert.

Lebenszyklus

Der Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus von 1 m² FG, ESG und VSG ist in nachfolgenden Tabellen quantitativ dargestellt, in Tabelle 13-65 für FG, in Tabelle 13-66 für ESG und in Tabelle 13-67 für VSG.

Tabelle 13-65 Primärenergiebedarf über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² FG, 1 mm [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, erneuerbar	[MJ]	0,64	-0,12	0,53
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	37,62	-16,14	21,48

Tabelle 13-66 Primärenergiebedarf über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² ESG, 1 mm [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, erneuerbar	[MJ]	2,18	-0,12	2,06
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	68,20	-16,14	52,06

Tabelle 13-67 Primärenergiebedarf über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² VSG, 1 mm [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, erneuerbar	[MJ]	2,29	0,37	2,7
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	75,20	-10,43	64,8

Die nachfolgende Grafik visualisiert den Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus der betrachteten Gläser.

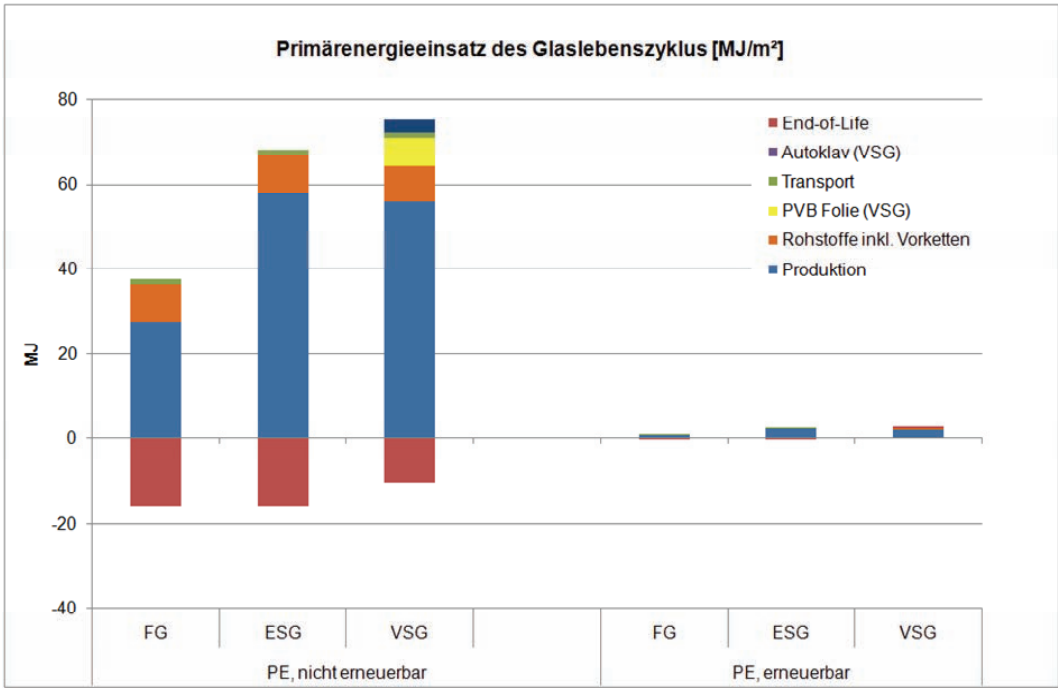


Abbildung 13-81 Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus von 1 m² FG, ESG und VSG einschließlich Vorketten in MJ /m² [73]

Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen

Die nähere Auswertung des nicht regenerierbaren Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² FG zeigt, dass als wesentlicher Primärenergieträger Erdgas eingesetzt wird. Erdgas wird maßgeblich in der Flachglasherstellung eingesetzt. Der Uran-Anteil ist ausschließlich auf den Anteil der Kernenergie im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

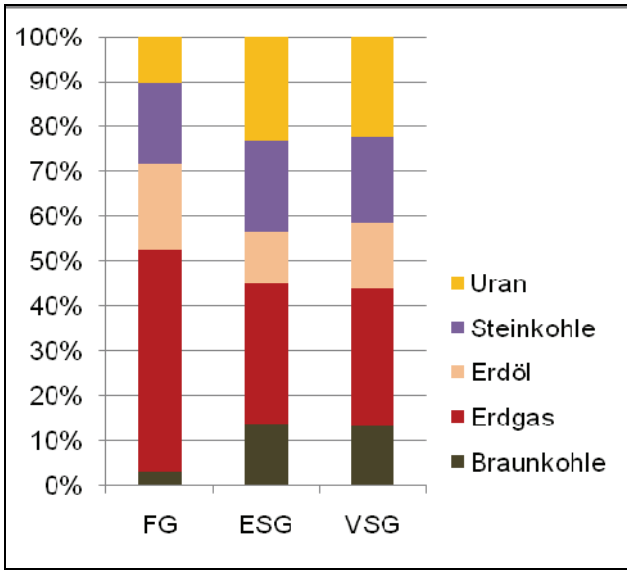


Abbildung 82 Art und Verteilung der nicht erneuerbaren Primärenergieträger [MJ] zur Herstellung von FG, ESG und VSG [73]

Primärenergie aus regenerierbaren Quellen

Die nähere Auswertung des erneuerbaren Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² FG, ESG und VSG zeigt, dass als wesentliche Energie Wasser- und Windkraft eingesetzt wird. Dies ist vorrangig auf den erneuerbaren Anteil im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

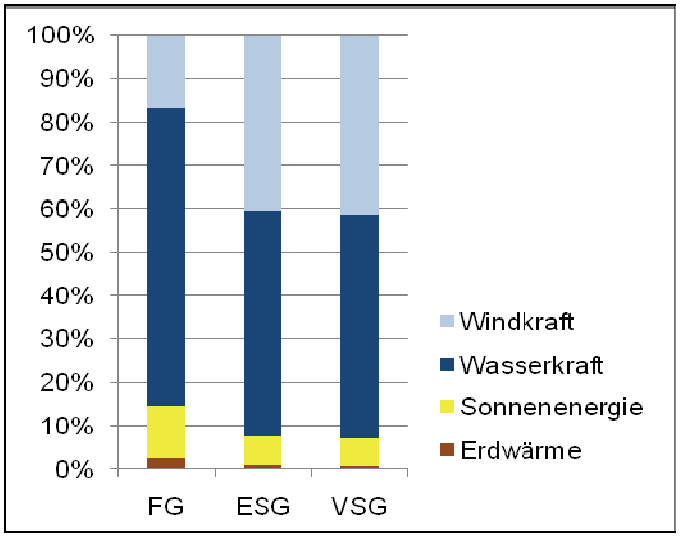


Abbildung 83 Art und Verteilung der erneuerbaren Primärenergieträger [MJ] zur Herstellung von FG, ESG und VSG [73]

Sekundärbrennstoffe

Sekundärbrennstoffe werden zur Herstellung der Produkte nicht eingesetzt.

Nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen

Genutzte, nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen stellen vorwiegend Quarzsand und Taubes Gestein dar. Die folgende Tabelle zeigt die Anteile dieser stofflichen Ressourcen am Gesamtbedarf nicht erneuerbarer stofflicher Ressourcen unter Berücksichtigung der Vorketten. Dabei stellen Sand, Dolomit und Kalkstein direkte Rezepturbestandteile bei der Flachglasherstellung dar. Natriumchlorid wird zur Herstellung von Natriumcarbonat benötigt, welches wiederum Flachglas-Rezepturbestandteil ist. Taubes Gestein beschreibt die Masse nicht verwertbaren Gesteins, im Zuge der Gewinnung von Erzen oder Energieträgern, wie Kohle etc. Die stoffliche Ressource „Boden“ resultiert insbesondere aus dem Abbau und Gewinnungsprozessen von Rohstoffen für die Energieerzeugung und beschreibt die bewegte Masse Bodenmaterial.

Tabelle 13-68 Menge der nicht regenerierbaren stofflichen Ressourcen und deren Anteile zur Herstellung von 1 m² FG, ESG und VSG in kg/m² [73]

Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen		FG		ESG		VSG	
Gesamt	kg		100%		100%		100%
Boden	kg		8%		4%		3%
Taubes Gestein	kg		41%		75%		77%
Quarzsand	kg		21%		9%		8%
Dolomit	kg		6%		2%		2%
Kalkstein	kg		13%		6%		5%
Natriumchlorid	kg		10%		4%		4%

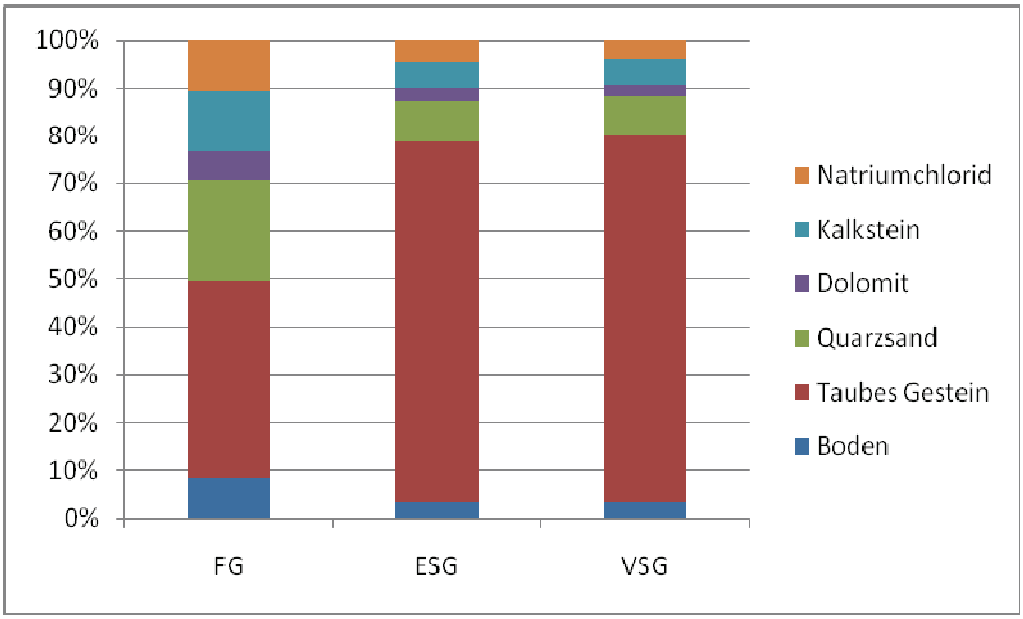


Abbildung 84 Aufteilung nicht erneuerbarer stofflichen Ressourcen bei der Herstellung von 1 m² FG, ESG und VSG inklusive Vorketten [73]

Wassernutzung

Über den Lebenszyklus von 1 m² FG werden rund 11 l Wasser benötigt, 19 kg über den Lebenszyklus von ESG und beim VSG 56 l Wasser einschließlich der Vorketten. Der in der Herstellung von FG und ESG benötigte Wasserbedarf ist zu rund einem Viertel auf dem direkt im Herstellwerk benötigten Wasserbedarf zurückzuführen, weiterhin ist ein Großteil auf die Vorketten der Energieträger-

bereitstellung zurückzuführen (besonders bei ESG) sowie auf die Vorkette der Natriumkarbonat-Herstellung (beim FG). Der Wasserbedarf bei der VSG-Herstellung ist hauptsächlich von der Vorkette der Strombereitstellung für den Autoklaven dominiert. Folgende Wassermengen werden über den Lebenszyklus von 1 m² verschiedener Gläser mit einer Dicke von 1 mm benötigt.

Tabelle 13-69 Wassernutzung über den Lebenszyklus von 1 m² verschiedener Gläser in kg/m² [73]

Wassernutzung	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
FG	[kg/m²]	15,05	-4,49	10,56
ESG	[kg/m²]	23,56	-4,49	19,07
VSG	[kg/m²]	23,91	-1,53	22,38

Abfälle (output-seitig)

Die Auswertung des Abfallaufkommens wird getrennt für die drei Hauptfraktionen Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle) und gefährliche Abfälle (inklusive radioaktive- und Sonderabfälle) dargestellt.

Die Haldengüter stellen bei der Herstellung den größten Anteil dar. Haldengüter fallen vor allem in den Vorketten der Stromerzeugung an, insbesondere bei der Gewinnung von Energieträgern. Bei der Herstellung von VSG sind dies hauptsächlich Energieträger für die Strombereitstellung, die für den Autoklaven nötig ist; bei der Herstellung von ESG liegt die Ursache im Strombedarf für den Härteprozess und somit in den hiermit verbundenen Vorketten der Energieträgergewinnung. Haldengüter in der Flachglasherstellung sind hauptsächlich auf die Vorketten der Natriumcarbonatherstellung zurückzuführen.

Siedlungsabfälle sind insbesondere auf die Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung zurückzuführen. Natriumcarbonat wird in der Flachglasherstellung benötigt, welche ebenfalls einen wesentlichen Prozessschritt in der Herstellung von ESG und VSG darstellt.

Sonderabfälle und radioaktive Abfälle sind Teil der „Gefährlichen Abfälle“. Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen, insbesondere Schlamm aus den Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung. Radioaktive

Abfälle entstehen ausschließlich durch die Stromgewinnung in Kernkraftwerken. Die nachfolgenden Tabellen zeigen das Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² der untersuchten Gläser mit einer Dicke von 1 mm.

Tabelle 13-70 Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² FG, 1mm, in kg/m² [73]

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	3,95	-3,29	0,66
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,002	-0,002	0,000
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0026	-0,0026	0,0000
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0014	-0,0003	0,0011

Tabelle 13-71 Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² ESG, 1mm, in kg/m² [73]

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	14,65	-3,29	11,36
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,0018	-0,0021	-0,0003
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0026	-0,0026	0,0000
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0057	-0,0003	0,0055

Tabelle 13-72 Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² VSG, 1mm, in kg/m² [73]

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	15,45	-1,39	14,06
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,002	-0,002	0,000
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0026	-0,0023	0,0003
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0061	0,0002	0,0063

Grundsätzlich werden alle Entsorgungsprozesse bis zur endgültigen Deponierung (einschließlich 100 Jahre Deponiebetrieb) modelliert. Daher ist die Menge an ungefährlichen Abfällen gering. Anders verhält es sich mit radioaktiven Abfällen, für die bisher noch kein Szenario für das EoL festgelegt werden konnte. Deshalb erscheinen sie in der Kategorie gefährliche Abfälle.

13.2.4 Indikatoren der Sachbilanz – Mehrscheibenisolierglas

Stoff- und Energieströme entlang des Produktlebenszyklus werden in diesem Schritt bestimmt und – auf die deklarierte Einheit bezogen – addiert. Man erhält eine Liste an Stoffen, Energien und Emissionen, deren Umweltwirkungen jedoch erst im nächsten Teilschritt, der Wirkungsabschätzung (Kapitel 13.3) ermittelt und der Übersichtlichkeit halber auch dort dargestellt werden. Nachfolgend werden für 2-Scheiben-Isolierglas und 3-Scheiben-Isolierglas ausgewählte Sachbilanzdaten für den Primärenergieverbrauch (erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasserverbrauch, Abfallaufkommen, Verwendung von Sekundärbrennstoffen sowie nicht erneuerbaren stofflichen Ressourcen aufgezeigt.

Das 2-Scheiben-Isolierglas ist mit 2 x 4 mm Flachglas bilanziert. Nach Bedarf kann hierzu auch eine Scheibe durch Einscheibensicherheitsglas oder Verbundsicherheitsglas ersetzt werden. Die Ergebnisse für ESG und VSG sind in Kapitel 13.2.3 und in Kapitel 13.3.2 dargestellt. Da sich diese auf 1 mm Dicke beziehen, müssen die dort dargestellten Ergebnisse entsprechend skaliert werden und gegen die Ergebnisse einer Scheibe Flachglas ersetzt werden. Beim Einsatz von VSG ist hierbei ein zusätzlicher Verschnittfaktor von 10 % zu berücksichtigen. Die Vorgehensweise beim 3-Scheiben-Isolierglas erfolgt nach Bedarf analog. Hierbei sind die Ergebnisse auf Basis von drei FG-Scheiben bilanziert zu je 4 mm Dicke.

Primärenergie input-seitig

Herstellung
Der Primärenergiebedarf der einzelnen Subsysteme ist nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglasverbund dargestellt, in Tabelle 13-73 für 2-Scheiben-Isolierglas und in Tabelle 13-74 für 3-Scheiben-Isolierglas. Bei der Datenerfassung „Produktion“ konnte nicht zwischen 2-fach und 3-fach MIG unterschieden werden, da keine Einzelaufnahme bei gemischten Produktionsanlagen möglich ist; folglich sind diese Werte in den nachfolgenden Tabellen gleich.

Tabelle 13-73 Primärenergiebedarf über die Herstellung von 1 m² MIG, 2 Scheiben [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Abstandhalter	Füllgas	Beschichtung	Dichtung	Flachglas 4mm	Flachglas 4mm*	Produktion	Transport	Total
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	5,74	0,15	38,75	12,29	165,5	165,5	45,66	13,37	447,0
PE, erneuerbar	[MJ]	1,47	0,01	4,05	0,06	2,83	2,83	5,82	0,01	17,09

Tabelle 13-74 Primärenergiebedarf über die Herstellung von 1 m² MIG, 3 Scheiben [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Abstandhalter	Füllgas	Beschichtung	Dichtung	Flachglas 2x4mm	Flachglas 4mm*	Produktion	Transport	Total
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	8,61	0,23	77,89	24,58	331,0	165,5	45,66	20,05	673,6
PE, erneuerbar	[MJ]	2,21	0,01	8,14	0,12	5,67	2,83	5,82	0,02	24,82

Der Primärenergiebedarf der Herstellung von Mehrscheibenisolierglas ist zu 74 % von der Flachglasherstellung dominiert.

Lebenszyklus

Der Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas ist in nachfolgenden Tabellen quantitativ dargestellt, in Tabelle 13-75 für 2-Scheiben-Isolierglas und in Tabelle 13-76 für 3-Scheiben-Isolierglas.

Tabelle 13-75 Primärenergiebedarf über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 2 Scheiben [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, erneuerbar	[MJ]	17,09	-0,95	16,14
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	446,98	-129,96	317,03

Tabelle 13-76 Primärenergiebedarf über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 3 Scheiben [73]

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, erneuerbar	[MJ]	24,82	-1,42	23,40
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	673,55	-194,64	478,91

Die nachfolgende Grafik visualisiert den Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus der betrachteten Mehrscheibenisoliergläser.

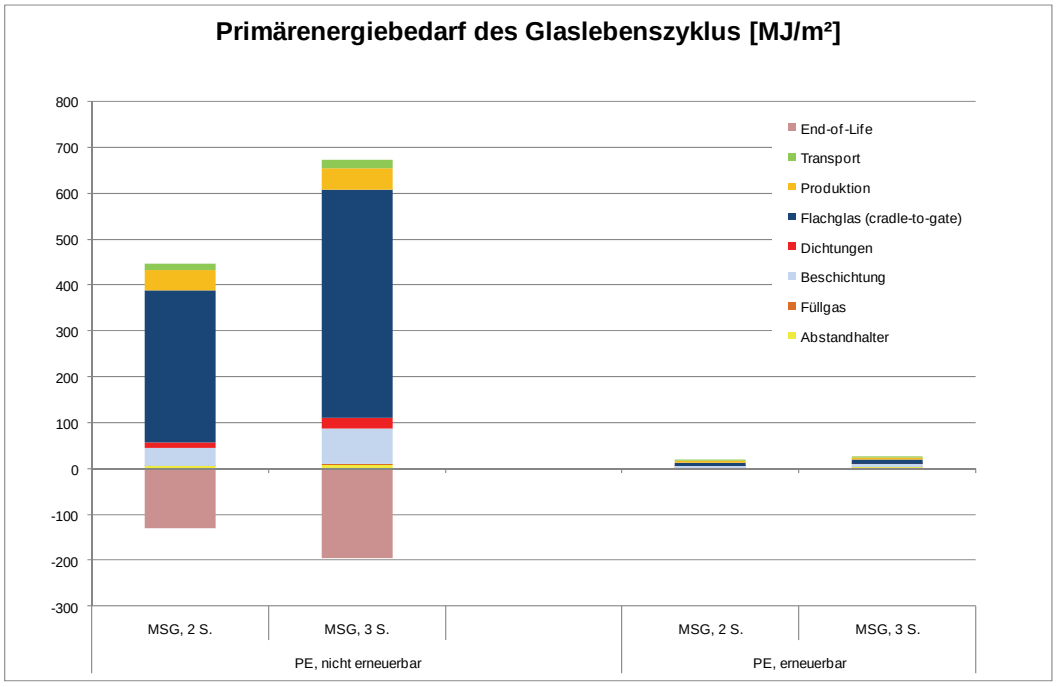


Abbildung 85 Primärenergiebedarf über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas einschließlich Vorketten in MJ /m² [73]

Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen

Die nähere Auswertung des nicht regenerierbaren Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas zeigt, dass als wesentlicher Primärenergieträger Erdgas eingesetzt wird. Erdgas wird maßgeblich in der Flachglasherstellung eingesetzt. Der Uran-Anteil ist ausschließlich auf den Anteil der Kernenergie im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

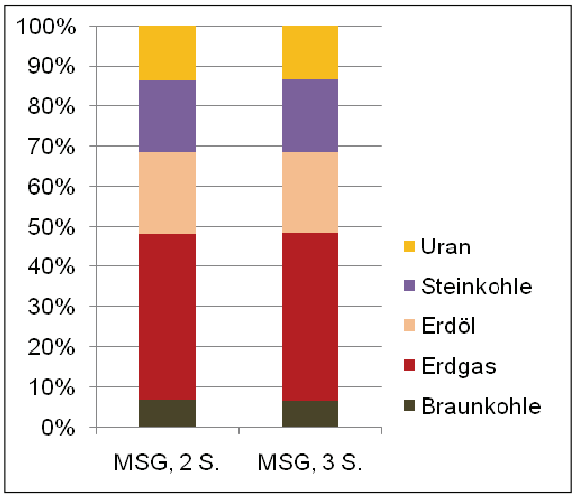


Abbildung 86 Art und Verteilung der nicht erneuerbaren Primärenergieträger [MJ] zur Herstellung von Mehrscheibenisolierglas [73]

Primärenergie aus regenerierbaren Quellen

Die nähere Auswertung des erneuerbaren Primärenergiebedarfs zur Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas zeigt, dass als wesentliche Energie Wasser- und Windkraft eingesetzt wird. Dies ist vorrangig auf den erneuerbaren Anteil im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

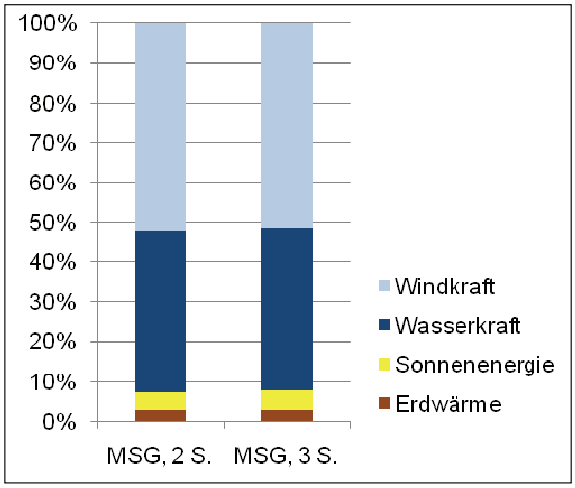


Abbildung 87 Art und Verteilung der erneuerbaren Primärenergieträger [MJ] zur Herstellung von Mehrscheibenisolierglas [73]

Sekundärbrennstoffe

Sekundärbrennstoffe werden zur Herstellung der Produkte nicht eingesetzt.

Nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen

Genutzte nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen stellen vorwiegend Quarzsand und Taubes Gestein dar. Die folgende Tabelle zeigt die Anteile dieser stofflichen Ressourcen am Gesamtbedarf nicht erneuerbarer stofflicher Ressourcen unter Berücksichtigung der Vorketten.

Während Sand, Dolomit und Kalkstein direkter Rezepturbestandteil bei der Flachglasherstellung sind, gehen die stofflichen Ressourcen Kupfer-Gold-Silber-Erz auf die Beschichtungskomponenten zurück. Natriumchlorid wird zur Herstellung von Natriumcarbonat benötigt, welches wiederum Flachglas-Rezepturbestandteil ist. Taubes Gestein beschreibt die Masse nicht verwertbaren Gesteins, im Zuge der Gewinnung von Erzen oder Energieträgern, wie Kohle etc.

Die stoffliche Ressource „Boden“ resultiert insbesondere aus dem Abbau und Gewinnungsprozessen von Rohstoffen für die Energieerzeugung und beschreibt die bewegte Masse Bodenmaterial.

Tabelle 13-77 Menge der nicht regenerierbaren stofflichen Ressourcen und deren Anteile zur Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas [73]

Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen		MIG, 2-Scheiben		MIG, 3-Scheiben	
Gesamt	**kg**		**100 %**		**100 %**
Boden	kg		5 %		5 %
Taubes Gestein	kg		59 %		59 %
Quarzsand	kg		12 %		12 %
Dolomit	kg		3 %		3 %
Kalkstein	kg		8 %		7 %
Kupfer-Gold-Silber-Erz	kg		5 %		7 %
Natriumchlorid	kg		6 %		6 %

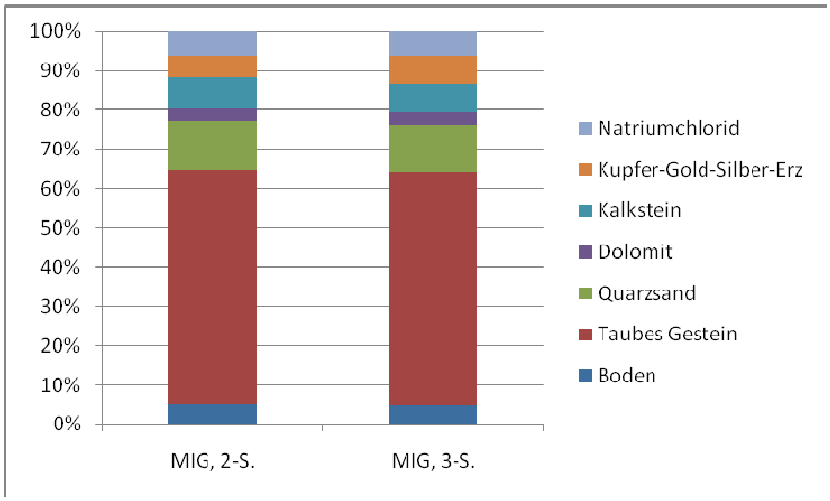


Abbildung 88 Aufteilung nicht erneuerbarer stofflichen Ressourcen bei der Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas inklusive Vorketten [73]

Wassernutzung

Über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas werden 0,17 m³ (2-Scheiben) und 0,26 m³ Wasser (3-Scheiben) benötigt, einschließlich der Vorketten. Der in der Herstellung benötigte Wasserbedarf ist zu rund einem Drittel auf die Vorkette der Natriumkarbonat-Herstellung zurückzuführen. Rund 20 % sind auf die Vorkette der Strombereitstellung im Werk (Energiebedarf für die Produktion von MIG zurückzuführen. Ebenso ist der Wasserbrauch für die Reinigung der Flachgläser berücksichtigt.). Folgende Wassermengen werden über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas benötigt.

Tabelle 13-78 Wassernutzung über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas in kg/m² [73]

Wassernutzung	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
MIG, 2-Scheiben	[kg/m²]	204,2	-36,12	168,1
MIG, 3-Scheiben	[kg/m²]	312,3	-54,10	258,2

Abfälle output-seitig

Die Auswertung des Abfallaufkommens wird getrennt für die drei Hauptfraktionen Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle) und gefährliche Abfälle (inklusi-

ve radioaktive- und Sonderabfälle) dargestellt. Die Haldengüter stellen bei der Herstellung den größten Anteil dar. Haldengüter fallen vor allem in den Vorketten der Stromerzeugung an, insbesondere bei der Gewinnung von Energieträgern. Siedlungsabfälle sind insbesondere auf die Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung zurückzuführen. Natriumcarbonat wird in der Flachglasherstellung benötigt.

Sonderabfälle und radioaktive Abfälle sind Teil der „Gefährlichen Abfälle“. Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen, insbesondere Schlamm aus den Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung. Radioaktive Abfälle entstehen ausschließlich durch die Stromgewinnung in Kernkraftwerken. Die nachfolgenden Tabellen zeigen das Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas.

Tabelle 13-79 Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas, 2-Scheiben in kg/m² [73]

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	82,95	-26,51	56,44
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,021	-0,017	0,004
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0349	-0,0210	0,0139
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0219	-0,0021	0,0198

Tabelle 13-80 Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas, 3-Scheiben in kg/m² [73]

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	132,82	-39,70	93,12
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,032	-0,025	0,007
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,057	-0,031	0,026
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,032	-0,003	0,029

Grundsätzlich werden alle Entsorgungsprozesse bis zur endgültigen Deponierung (einschließlich 100 Jahre Deponiebetrieb) modelliert. Daher ist die Menge

an ungefährlichen Abfällen gering. Anders verhält es sich mit radioaktiven Abfällen, für die bisher noch kein Szenario für das EoL festgelegt werden konnte. Deshalb erscheinen sie in der Kategorie gefährliche Abfälle.

13.3 Wirkungsabschätzung

13.3.1 Indikatoren der Wirkungsabschätzung

Es folgt die Darstellung der Umweltwirkungen über die Herstellung und das End-of-Life der Glasprodukte. Um die möglichen Umweltwirkungen der Herstellung und des End-of-Life für Mehrscheibenisolierglas, Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas zu ermitteln, wird die CML-Methodik mit den Charakterisierungsfaktoren von 2001 verwendet. Folgende Wirkkategorien werden betrachtet und bezogen auf die deklarierte Einheit dargestellt:

- Treibhauspotenzial (GWP),
- Ozonabbaupotenzial (ODP),
- Versauerungspotenzial (AP),
- Überdüngungspotenzial (NP),
- Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial (POCP).

13.3.2 Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas

Herstellung

Die Umweltwirkungen der einzelnen Subsysteme (vgl. Kapitel 13.2.2) sind nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1m² verschiedener Gläser mit 1 mm Dicke dargestellt, in Tabelle 13-81 für Flachglas, in Tabelle 13-82 für Einscheibensicherheitsglas und in Tabelle 13-83 für Verbundsicherheitsglas.

Tabelle 13-81 Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² FG, 1 mm [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate)
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	2,27	0,79	0,08	3,14
ODP	[kg R11-Äqv.]	9,51E-08	1,42E-08	1,23E-09	1,11E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	8,88E-03	3,63E-03	4,48E-04	1,30E-02
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	1,60E-03	6,01E-04	9,02E-05	2,29E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	5,80E-04	2,42E-04	4,51E-05	8,67E-04

Tabelle 13-82 Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² ESG, 1 mm [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate)
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	4,23	0,79	0,08	5,10
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,41E-07	1,42E-08	1,23E-09	4,56E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	1,23E-02	3,63E-03	4,48E-04	1,63E-02
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	1,87E-03	6,01E-04	9,02E-05	2,57E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	7,98E-04	2,42E-04	4,51E-05	1,09E-03

Tabelle 13-83 Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² VSG, 1 mm [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vor-ketten	Transport	Autoklav	PVB Folie	Total (cradle-to-gate)
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	4,06	0,76	0,08	0,19	0,34	5,44
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,26E-07	1,35E-08	1,17E-09	3,43E-08	8,08E-09	4,83E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	1,18E-02	3,47E-03	4,28E-04	3,35E-04	5,61E-04	1,65E-02
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	1,79E-03	5,74E-04	8,62E-05	2,75E-05	6,47E-05	2,55E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	7,65E-04	2,32E-04	4,31E-05	2,16E-05	1,82E-04	1,24E-03

Die Flachglasherstellung ist vom Energieträgereinsatz beim Schmelzprozess und den zugehörigen Emissionen auf Werksebene dominiert. Die Umweltwirkungen der Herstellung von ESG werden vorrangig durch den Stromverbrauch beim Prozess des Härtens in der ESG-Herstellung bestimmt.

Bei den Umweltwirkungen der Herstellung von VSG dominiert der Energieverbrauch des Autoklaven die Ergebnisse. Nachfolgend sind die Umweltwirkungen der Herstellung von 1 m² verschiedener Gläser beispielhaft für ausgewählte Wirkkategorien dargestellt.

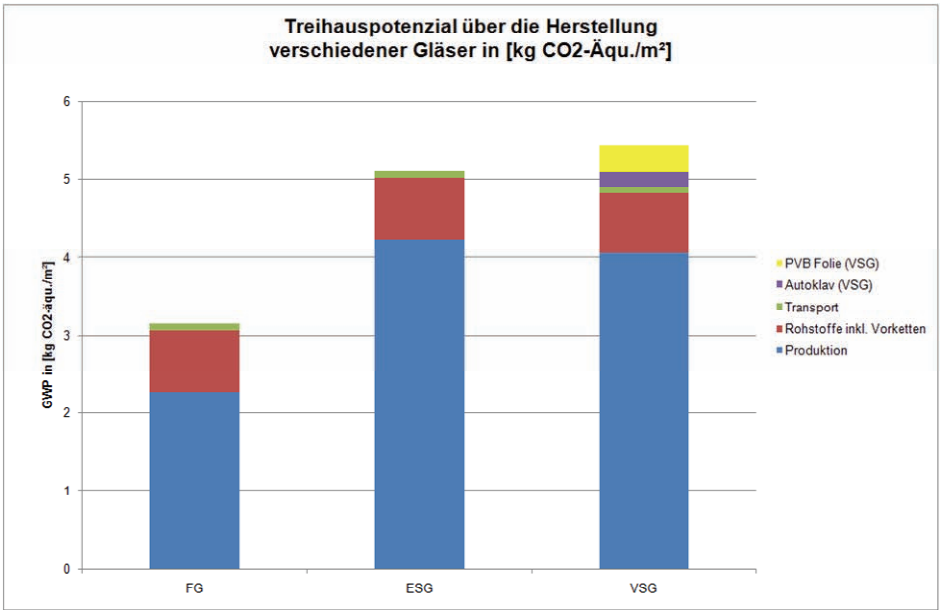


Abbildung 89 Treibhauspotenzial der Herstellung von 1 m² verschiedener Gläser mit 1 mm Dicke [73]

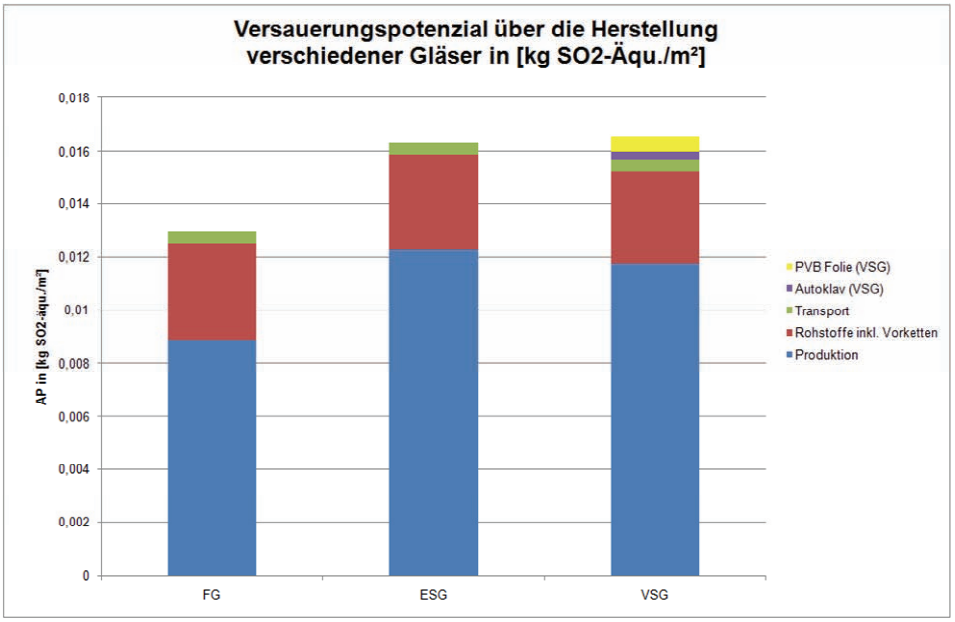


Abbildung 90 Versauerungspotenzial der Herstellung von 1 m² verschiedener Gläser mit 1 mm Dicke [73]

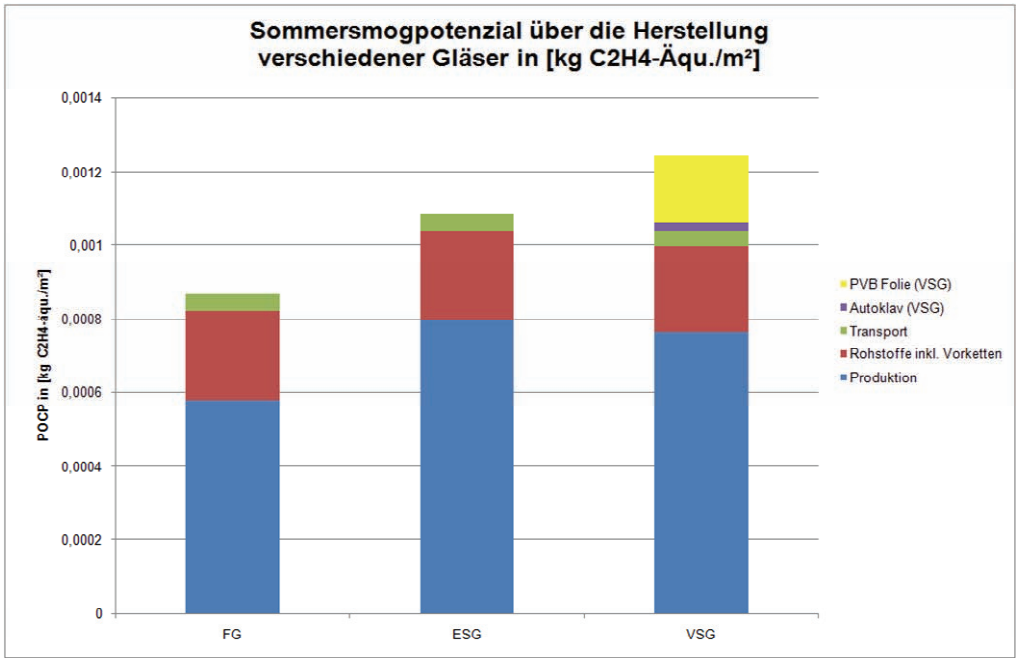


Abbildung 91 Photochem. Oxidantienbildungspotenzial der Herstellung von 1 m² verschiedener Gläser mit 1 mm Dicke [73]

Lebenszyklus

Die Umweltwirkungen sind in nachfolgender Tabelle quantitativ über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² verschiedener Gläser dargestellt, in Tabelle 13-84 für Flachglas, in Tabelle 13-85 für Einscheibensicherheitsglas und in Tabelle 13-86 für Verbundsicherheitsglas.

Tabelle 13-84 Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² FG, 1 mm [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	3,14	-1,64	1,50
ODP	[kg R11-Äqv.]	1,11E-07	-2,17E-08	8,88E-08
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,013	-0,008	0,005
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	0,002	-0,001	0,001
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000	0,001

Tabelle 13-85 Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² ESG, 1 mm [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	5,101	-1,64	3,46
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,56E-07	-2,17E-08	4,35E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,016	-0,008	0,008
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	0,003	-0,001	0,002
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000	0,001

Tabelle 13-86 Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² VSG, 1 mm [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	5,44	-1,2	4,2
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,83E-07	1,74E-08	5,00E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,017	-0,007	0,010
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	0,003	-0,001	0,002
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000	0,001

13.3.3 2-Scheiben-Isolierglas und 3-Scheiben-Isolierglas

Das 2-Scheiben-Isolierglas ist mit 2 x 4 mm Flachglas bilanziert. Nach Bedarf kann hierzu auch eine Scheibe durch Einscheibensicherheitsglas oder Verbundsicherheitsglas ersetzt werden. Die Ergebnisse für ESG und VSG sind in Kapitel 13.2.3 und Kapitel 13.3.2 dargestellt. Da sich diese auf 1 mm Dicke beziehen, müssen die dort dargestellten Ergebnisse entsprechend skaliert werden und gegen die Ergebnisse einer Scheibe Flachglas ersetzt werden. Die Vorgehensweise beim 3-Scheiben-Isolierglas erfolgt nach Bedarf analog. Hierbei sind die Ergebnisse auf Basis von drei FG-Scheiben bilanziert zu je 4 mm Dicke.

Herstellung

Die Umweltwirkungen der einzelnen Subsysteme (vgl. Kapitel 13.2.2) sind nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglasverbund dargestellt, in Tabelle 13-87 für 2-Scheiben-Isolierglas und in Tabelle 13-88 für 3-Scheiben-Isolierglas.

Tabelle 13-87 Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² MIG, 2 Scheiben [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Abstand-halter	Füllgas	Beschich-tung	Dichtung	Flachglas 4mm	Flachglas 4mm*	Produk-tion	Transport
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	0,44	0,01	2,59	0,52	13,83	13,83	2,71	0,96
ODP	[kg R11-Äqv.]	2,96E-08	1,70E-09	2,90E-07	1,20E-08	4,9E-07	4,9E-07	4,50E-07	1,69E-09
AP	[kg SO_2-Äqv.]	1,98E-03	1,68E-05	2,64E-02	9,01E-04	5,7E-02	5,7E-02	4,05E-03	4,45E-03
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	1,45E-04	1,36E-06	1,97E-03	9,56E-05	1,0E-02	1,0E-02	3,67E-04	1,03E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	1,83E-04	1,09E-06	1,32E-03	1,22E-04	3,8E-03	3,8E-03	2,84E-04	4,86E-04

* Werte bei Bedarf durch ESG oder VSG ersetzen, bei VSG ist ein zusätzlicher Verschnittfaktor von 10 % zu berücksichtigen

Tabelle 13-88 Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² MIG, 3 Scheiben [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Abstand-halter	Füllgas	Beschich-tung	Dichtung	Flachglas 2x4 mm	Flachglas 4mm*	Produk-tion	Transport
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	0,67	0,01	5,20	1,04	27,66	13,83	2,71	1,43
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,44E-08	2,55E-09	5,82E-07	2,40E-08	9,7E-07	4,9E-07	4,50E-07	2,53E-09
AP	[kg SO_2-Äqv.]	2,97E-03	2,52E-05	5,31E-02	1,80E-03	1,1E-01	5,7E-02	4,05E-03	6,67E-03
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	2,17E-04	2,03E-06	3,97E-03	1,91E-04	2,0E-02	1,0E-02	3,67E-04	1,54E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	2,75E-04	1,63E-06	2,66E-03	2,44E-04	7,6E-03	3,8E-03	2,84E-04	7,30E-04

* Werte bei Bedarf durch ESG oder VSG ersetzen, bei VSG ist ein zusätzlicher Verschnittfaktor von 10 % zu berücksichtigen

Die Umweltwirkungen des Mehrscheiben-Isolierglases werden vorrangig durch die Herstellung des Flachglases bestimmt. Nachfolgend sind die Umweltwirkungen der Herstellung von 1 m² 2-Scheiben-Isolierglas und 3-Scheiben-Isolierglas beispielhaft für ausgewählte Wirkkategorien dargestellt.

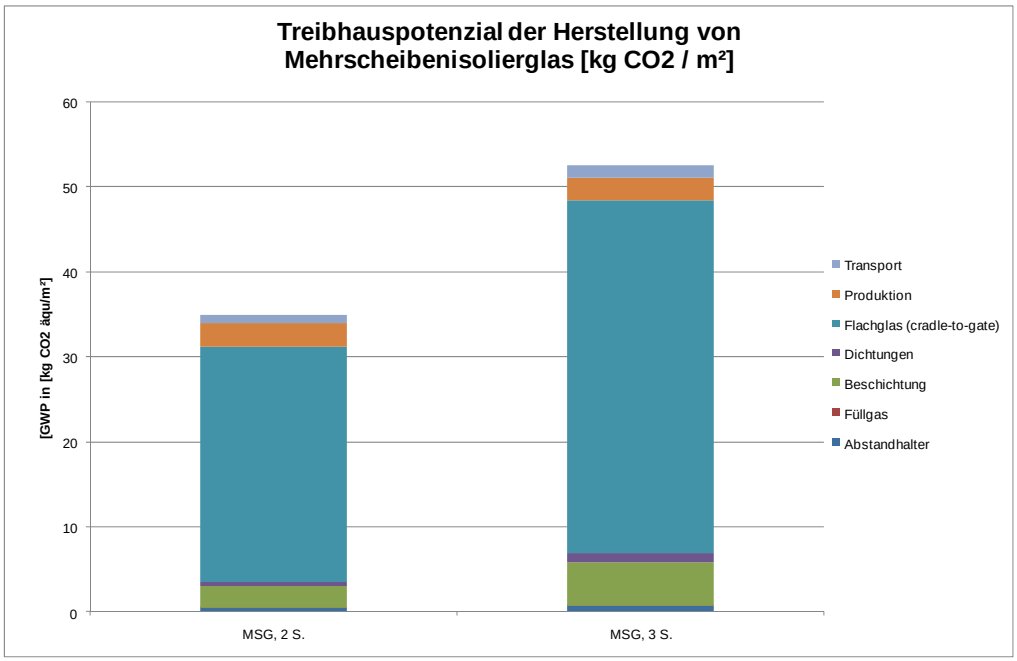


Abbildung 92 Treibhauspotenzial der Herstellung von 1 m² Mehrscheiben-Isolierglas [73]

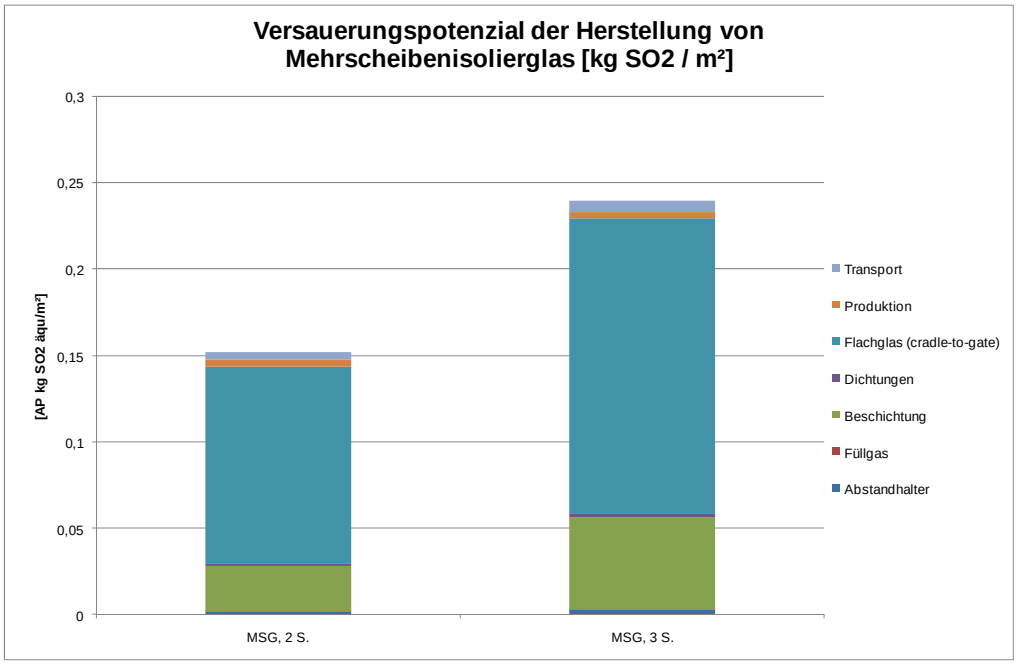


Abbildung 93 Versauerungspotenzial der Herstellung von 1 m² Mehrscheiben-Isolierglas [73]

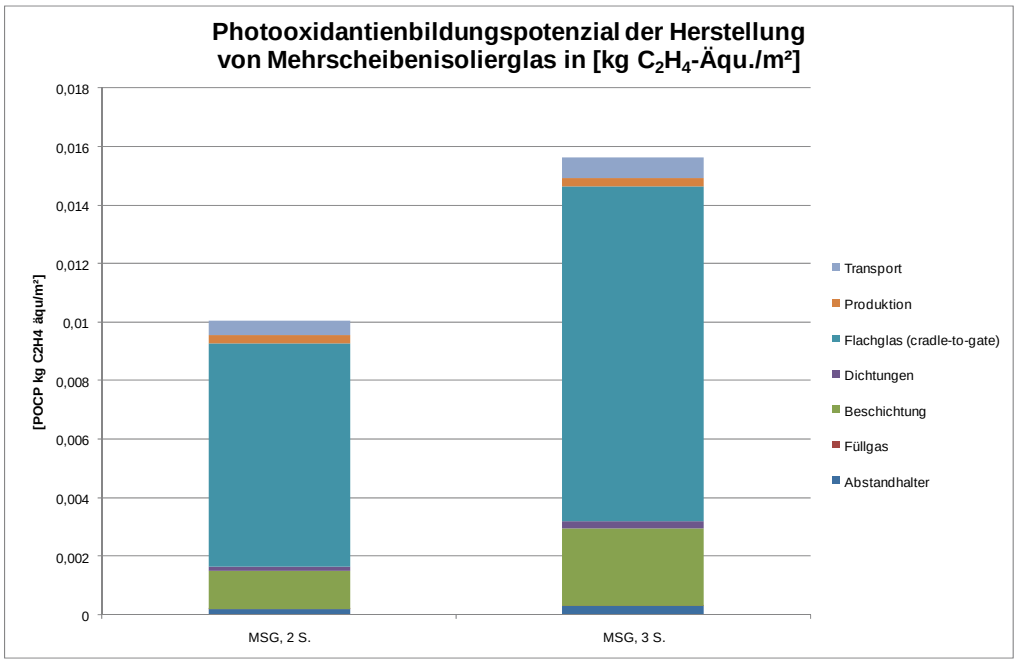


Abbildung 94 Photochem. Oxidantienbildungspotenzial der Herstellung von 1 m² Mehrscheiben-Isolierglas [73]

Lebenszyklus

Die Umweltwirkungen sind in nachfolgender Tabelle quantitativ über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² Mehrscheibenisolierglasverbund dargestellt, in Tabelle 13-89 für 2-Scheiben-Isolierglas und in Tabelle 13-90 für 3-Scheiben-Isolierglas.

Tabelle 13-89 Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 2 Scheiben [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	34,89	-13,19	21,69
ODP	[kg R11-Äqv.]	1,76E-06	-1,75E-07	1,58E-06
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,152	-0,067	0,085
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	0,024	-0,008	0,015
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,010	0,003	0,013

Tabelle 13-90 Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 3 Scheiben [73]

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	52,556	-19,76	32,80
ODP	[kg R11-Äqv.]	2,56E-06	-2,62E-07	2,30E-06
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,240	-0,101	0,139
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	0,036	-0,013	0,024
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,016	0,004	0,020

13.4 Interpretation

Im Rahmen einer Dominanzanalyse der Ökobilanzergebnisse werden die relevanten Einflüsse einzelner Kategorien in den einzelnen Wirkkategorien sowie im Primärenergieverbrauch ermittelt.

13.4.1 Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas

Abbildung 95 zeigt die relativen Beiträge einzelner Subsysteme zum erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf. Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf der Herstellung von Flachglas ist zu mehr als 70 % von der „Produktion“ dominiert. Hierbei stammen etwa 41 % von der thermischen Energie aus Erdgas und etwa 14 % von der thermischen Energie aus Heizöl, die zur FG-Herstellung im Werk benötigt wird. Weitere 16 % sind auf die Vorketten der Strombereitstellung zurückzuführen. Bei einer detaillierten Betrachtung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs der „Rohstoffe“, zeigt sich die Dominanz der Herstellung von Natriumcarbonat.

Bei Betrachtung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs der Herstellung von ESG und VSG fällt auf, dass der Anteil der Produktion beim ESG auf 85 % steigt, beim VSG sogar auf 93 %, wenn man die energetischen Aufwendungen des Autoklav ebenfalls der Produktion zuordnet. Die Herstellung von ESG ist zu etwa 45 % vom Stromverbrauch dominiert, der zum Erreichen der Härte benötigt wird, die verbleibenden 55 % sind auf die Vorketten der FG-Herstellung zurückzuführen.

Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf der VSG Herstellung wird zu etwa 63 % vom Stromverbrauch des Autoklaven dominiert. Der Einfluss der Folie ist

mit 3 % vergleichsweise gering. Der erneuerbare Primärenergiebedarf wird bei allen drei Produkten vorrangig durch den erneuerbaren Anteil im Strom-Mix bestimmt, sowohl aus dem direkt im Werk konsumierten Strom bei der FG-, ESG- und VSG-Herstellung, als auch Strom in den Vorketten der Flachglasherstellung.

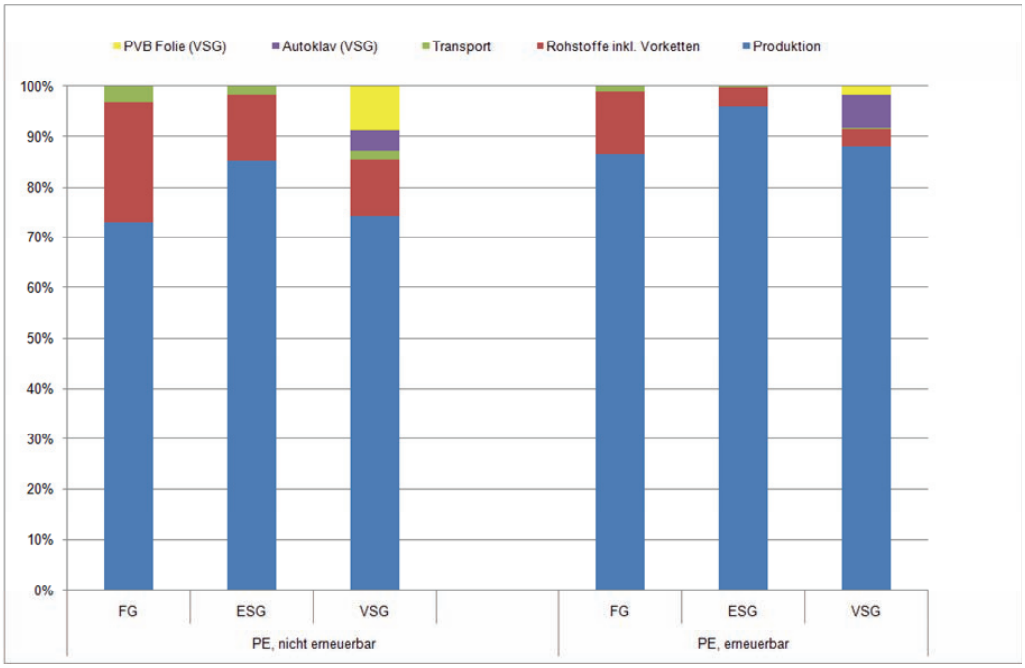


Abbildung 95 Relative Beiträge einzelner Sektoren zum nicht erneuerbaren (l.) und erneuerbaren Primärenergiebedarf bei der Herstellung von 1m² FG, ESG und VSG [73]

Die nachfolgende Abbildung zeigt die relativen Beiträge einzelner Subsysteme zu den betrachteten Wirkkategorien innerhalb der Herstellung von FG, ESG und VSG. Hierbei zeigt sich die Dominanz der Energieträger für die Produktionsschritte im Werk in allen Wirkkategorien.

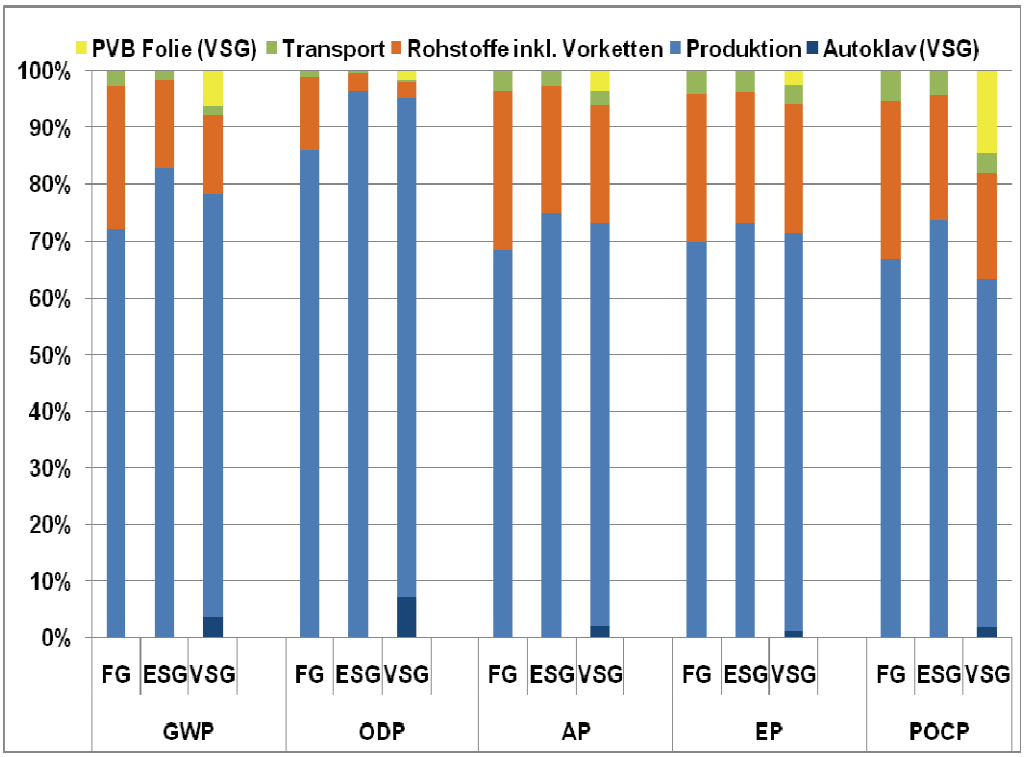


Abbildung 96 Relative Beiträge zu den Umweltwirkungen bei der Herstellung von 1 m² FG, ESG und VSG [73]

Das Treibhauspotenzial ist von Kohlendioxid-Emissionen dominiert. Insbesondere die Flachglasherstellung verursacht etwa zwei Drittel des GWP beim ESG. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum etwa ein Drittel des GWP. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Das Ozonabbaupotenzial wird vorrangig durch den Strom-Mix bestimmt, sowohl aus dem direkt im Werk konsumierten Strom zum Herstellen des ESG und VSG, als auch Strom in den Vorketten der Flachglasherstellung.

Zum Versauerungspotenzial tragen vorrangig Schwefeldioxid-Emissionen und Stickoxide aus der Flachglasherstellung bei. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Die Flachglasherstellung verursacht etwa 89 % der zum AP des ESG beitragenden Stickoxide und etwa 64 % der beitragenden Schwefeldioxide. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum 60 % der zum AP

des VSG beitragenden Stickoxide und etwa 32 % der beitragenden Schwefeldioxide. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Zum Eutrophierungspotenzial tragen vorrangig Stickoxide aus der Flachglasherstellung bei. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Die Flachglasherstellung verursacht etwa 50 % der zum EP des ESG beitragenden Stickoxide. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum 59 % der zum EP des VSG beitragenden Stickoxide. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Zum photochem. Oxidantienbildungspotenzial tragen vorrangig Schwefeldioxid-Emissionen, Stickoxide und NMVOC-Emissionen aus der Flachglasherstellung bei. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Die Flachglasherstellung verursacht etwa 89 % der zum POCP des ESG beitragenden Stickoxide und etwa 64 % der beitragenden Schwefeldioxide. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum 60 % der zum POCP des VSG beitragenden Stickoxide und etwa 32 % der beitragenden Schwefeldioxide. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Im Allgemeinen ist der Einfluss von Transporten sowie der Folie beim VSG von geringer Bedeutung. Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life können beim FG etwa 43 % des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs der Herstellung eingespart werden, sowie rund 52 % des GWP der Herstellung. Beim ESG können infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life etwa 24 % des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs der Herstellung eingespart werden, sowie rund 32 % des GWP der Herstellung. Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life beim VSG können etwa 4 % des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs der Herstellung eingespart werden, sowie rund 8 % des GWP der Herstellung.

13.4.2 2-Scheiben-Isolierglas und 3-Scheiben-Isolierglas

Die nachfolgende Abbildung zeigt die relativen Beiträge einzelner Subsysteme zum erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf. Erkennbar ist, dass die Flachglasherstellung 74 % zum nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf beiträgt, gefolgt von der Beschichtung mit zwischen 9 % bis 12 %. Da beim

3-Scheibenisolierglas zwei Scheiben beschichtet sind, trägt hierbei die Beschichtung geringfügig höher zum Primärenergiebedarf bei als beim 2-Scheiben-Isolierglasverbund, wobei nur eine Scheibe beschichtet ist.

Der erneuerbare Primärenergiebedarf wird vorrangig durch den erneuerbaren Anteil im Strom-Mix bestimmt, sowohl aus dem direkt im Werk konsumierten Strom zum Beschichten und der weiteren Fertigungsprozesse, als auch Strom in den Vorketten der Flachglasherstellung.

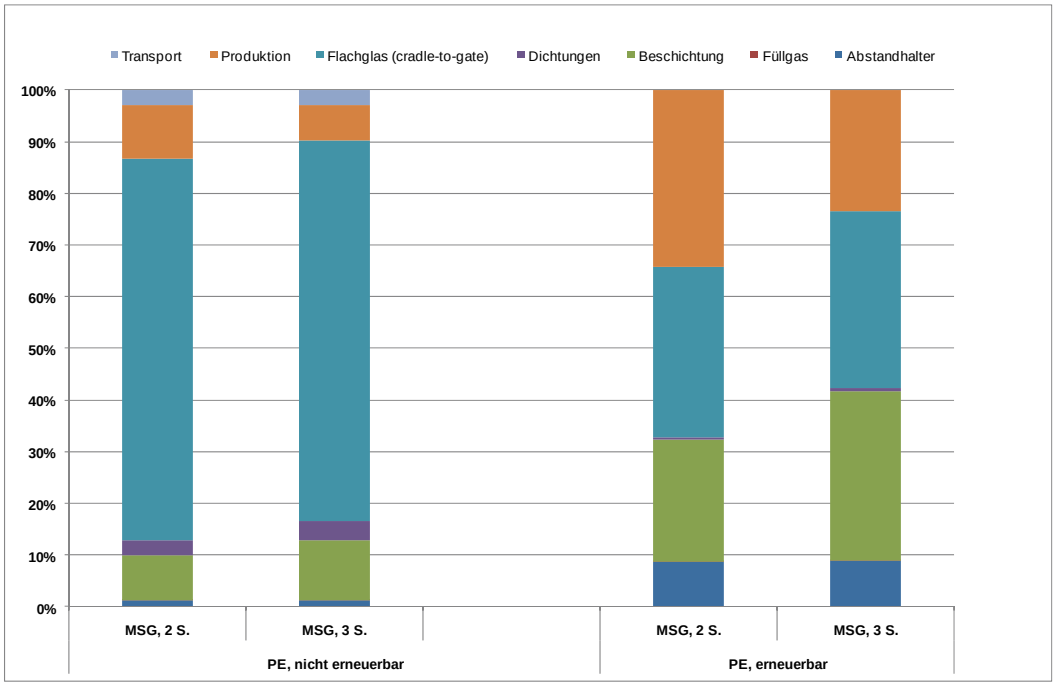


Abbildung 97 Relative Beiträge einzelner Sektoren zum nicht erneuerbaren (l.) und erneuerbaren Primärenergiebedarf bei der Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglasverbund [73]

Die nachfolgende Abbildung zeigt die relativen Beiträge einzelner Subsysteme zu den betrachteten Wirkkategorien innerhalb der Herstellung von Mehrscheiben-Isolierglas. Hierbei zeigt sich die Dominanz der Flachglasherstellung in allen Wirkkategorien, gefolgt von der Beschichtung.

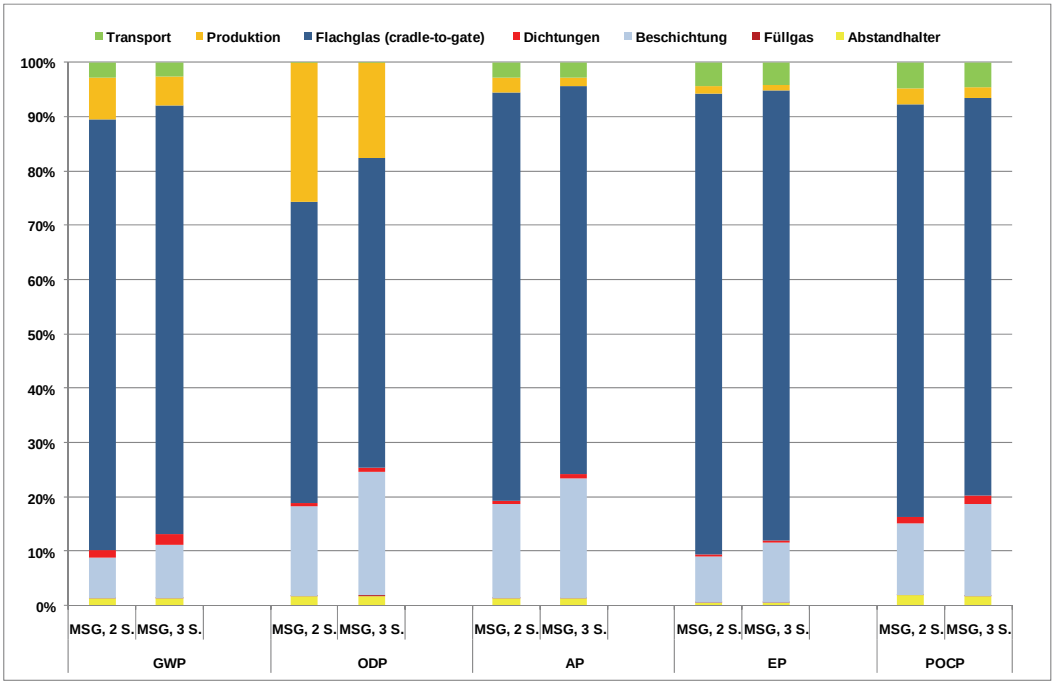


Abbildung 98 Relative Beiträge zu den Umweltwirkungen bei der Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglasverbund [73]

Das Treibhauspotenzial ist von Kohlendioxid-Emissionen dominiert. Insbesondere die Flachglasherstellung verursacht etwa 80 % des GWP. Etwa 10 % sind auf die Beschichtung zurückzuführen. Die Ursache für den Anteil der Beschichtung liegt vorrangig in der Vorkette zur Strombereitstellung für die Beschichtung.

Das Ozonabbaupotenzial wird vorrangig durch den Strom-Mix bestimmt, sowohl aus dem direkt im Werk konsumierten Strom zum Beschichten und der weiteren Fertigungsprozesse, als auch Strom in den Vorketten der Flachglasherstellung.

Zum Versauerungspotenzial tragen vorrangig Schwefeldioxid-Emissionen und Stickoxide aus der Flachglasherstellung bei als auch Schwefeldioxid-Emissionen aus der Vorkette der Silber-Gewinnung, als Komponente der Beschichtung.

Die Flachglasherstellung dominiert mit rund 80 % das Eutrophierungspotenzial der Herstellung des Mehrscheiben-Isolierglases. Dies ist vorrangig auf die während der Herstellung auftretenden Stickoxide zurückzuführen. Der Beitrag der

Beschichtung zum EP liegt ebenfalls auf den im Beschichtungsprozess auftretenden Stickoxiden begründet.

Zum photochemischen Oxidantienbildungspotenzial tragen vorrangig sowohl Schwefeldioxid-Emissionen und Stickoxide aus der Flachglasherstellung als auch Schwefeldioxid-Emissionen aus der Vorkette der Silber-Gewinnung, als Komponente der Beschichtung bei. Weiterhin beeinflussen die im Beschichtungsprozess selbst auftretenden Stickoxide das POCP.

Im Allgemeinen ist der Einfluss von Dichtungen, Füllgas und Abstandhalter von geringer Bedeutung. Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life können etwa 28 % des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs der Herstellung eingespart werden, sowie rund 38 % des GWP der Herstellung bei beiden Produkten.

14 Zusammenfassung

Gemäß der Antragsbegründung sollten im Forschungsprojekt Muster-EPDs für die Fenster und Türenbranche unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus (cradle to grave) erarbeitet werden. Hierzu war es zunächst notwendig entsprechende Produktkategorieregeln zu erarbeiten. Diese wurden in Anlehnung an DIN ISO 14025 [51], prEN 15804 [50] und streng nach den nationalen Anforderungen des „*Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der Umweltdeklaration (Typ III) für Bauprodukte*“ [28] des IBU erarbeitet. Ein wie von der Industrie gewünschter internationaler Ansatz konnte hierdurch nicht verfolgt werden.

Bei der Definition der deklarierten Einheit wurde ersichtlich, dass die Erstellung einer Muster-EPD für Bausysteme (z. B. Fenster) nicht gleichermaßen einfach durchzuführen ist wie bei einfacheren Bauprodukten wie z. B. Ziegelsteinen. So tat man sich schwer, bei der Abbildung eines Branchenquerschnitts eine geforderte detaillierte Definition der Produkte vorzunehmen. Anhand der durchgeführten Sensitivitätsanalysen konnte man über die Definition dreier Varianten jedoch eine praxisnahe Beschreibung der deklarierten Einheit finden.

Inhalt der PCR-Dokumente sollten außerdem die definierten Lebenszyklusszenarien für die Bauphase, die Nutzungsphase, die End–of-Life Phase und das Recycling sein. Hiermit sollen dem Gebäudeauditor realistische und repräsentative Szenarien der Fenster und Türen für eine Bewertung der Gebäude beschrieben werden.

Im Rahmen von umfangreichen Projektmeetings wurden entsprechende Szenarien für die Produkte Fenster und Türen erarbeitet und den PCR-Dokumenten als Anhang beigefügt.

Nach Spiegelung der fertig gestellten Dokumente in der Branche wurden die Ergebnis beim IBU Sachverständigenausschuss eingereicht und freigegeben. Folgende Dokumente inkl. der definierten Lebenszyklusszenarien wurden vom IBU-Sachverständigenausschuss freigegeben:

- PCR Fenster und Türen
- PCR Flachglas im Bauwesen

Für die Erstellung der EPDs wurden als Basis Ökobilanzen berechnet. Die Datenerhebung in den jeweiligen Branchenbereichen gestaltete sich als teilweise sehr schwierig. Im Wesentlichen zeichneten sich die am Projekt beteiligten Verbände verantwortlich für die Bereitstellung der Daten. Teilweise unterstützte das **ift** Rosenheim die Datensammlung indem man direkt in die Produktionen der Hersteller ging und hier die nötigen Daten erfasste.

Alle gesammelten Daten wurden PE INTERNATIONAL zur Berechnung der Ökobilanzen übermittelt. Innerhalb des Vorhabens wurden Ökobilanzen über den gesamten Lebenszyklus für Holzfenster, Kunststofffenster und Aluminiumfenster sowie Einscheibensicherheitsglas/Verbundsicherheitsglas/Floatglas und 2-und 3-Scheibenisolierglas erstellt, die auf plausiblen, transparent nachvollziehbaren Basisdaten beruhen.

Wesentliche Aussage ist, dass **ohne den Heizwärmebedarf in der Nutzung der Fenster**, sich vor allem Unterschiede zwischen den verschiedenen Fenstertypen – resultierend aus der Profilwahl – zeigen. Materialart, die Vorkette der jeweiligen Materialherstellung sowie etwaige Beschichtungen und Rezyklierbarkeit beeinflussen hierbei die Ökobilanz. Hingegen zeigte die Analyse verschiedener Fenstertypen auch, dass bei Betrachtung des gesamten Lebenszyklus **inklusive Heizwärmebedarf** während der Nutzungsphase die Wahl des Rahmenmaterials einen geringen Einfluss hat. Entscheidend sind die Umweltwirkungen, die mit der Deckung des Heizwärmebedarfs einhergehen. Das bedeutet, dass die Wahl der Materialart **bei Berücksichtigung des Heizwärmebedarfs** im gesamten Lebenszyklus einen eher untergeordneten Einfluss auf die Umweltwirkungen von Fenstern hat.

Mittels der berechneten Ökobilanzen konnten folgende Muster-Umweltproduktdeklarationen erstellt werden:

- Muster-EPD Holzfenster
- Muster-EPD Aluminiumfenster
- Muster-EPD Kunststofffenster
- Muster-EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas
- Muster-EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas

Alle erstellten Umweltproduktdeklarationen wurden beim Institut Bauen und Umwelt zur Prüfung vorgelegt.

15 Danksagung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau gefördert. (Aktenzeichen SF-10.08.18.7-09.21/II 3-F20-09-1-067) Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

Das Forschungsprojekt wurde in beratender Funktion durch eine projektbegleitende Arbeitsgruppe betreut. Den Mitgliedern des Beratergremiums gilt besonderer Dank:

Herr Jürgen Menzel Herr Philipp Müller Herr Joe Luthiger	Hydro Building Systems GmbH
Herr Prof. Dr. Rainer Marutzky	Fraunhofer WKI, Braunschweig
Herr Peter T. Blickwedel	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Referat ZG III 5

Besonderer Dank gebührt auch folgenden Industriepartnern, die das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützt und somit zum Gelingen beigetragen haben:

Bundesverband Flachglas e.V., Troisdorf

Fachverband Schloss + Beschlagsindustrie e.V., Velbert

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V., Bonn

Verband Fenster + Fassade, Frankfurt/Main

16 Literaturverzeichnis

[1] Bauen + Energie sparen
„Ressourcenschonender Beton am Rheinufer Süd“.
Melsungen: A. Bernecker Verlag, 2009.

[2] Bundesverband Porenbeton Industrie e.V.
„Porenbeton“. URL: http://www.bv-porenbeton.de/bvp/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=51 [Stand: 2008].

[3] Aachener Stiftung Kathy Beys
„Lexikon der Nachhaltigkeit – Nachhaltigkeit“. URL: http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/beispiele_2/nachhaltigkeit_ 1308.htm [Stand: 2009].

[4] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
„Leitfaden Nachhaltiges Bauen“.
2. Nachdruck (mit redaktionellen Änderungen). 2001.

[5] Umweltbundesamt
„Boden – Flächenverbrauch und Versiegelung“. URL: http://www.umweltbundesamt.de/boden-und-altlasten/boden/gefaehrdungenn/ flaeche.htm [Stand 2009]

[6] Schmidt, S.; Hellmann, G.
Handbuch zur deutschen Außenpolitik. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. 2009

[7] Institut Bauen und Umwelt e.V.
PCR Faserzement [Stand 2007]; www.bau-umwelt.de; Königswinter, 2010.

[8] Cormo soc. coop.
“Product Category Rules (PCR), for preparing an environmental product declaration (EPD) for windows”. San Martino in Rio, Italy, 2008.

[9] Arbeitsgemeinschaft umweltverträgliches Bauen e.V.
„Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der AUB Deklarationen (Typ III)“
Königswinter, 2006.

[10] Kreißig, J.; Baitz, M.
„Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden“.
Forschungsbericht. Universität Stuttgart, 1997.

[11] BP
„Statistical Review of World Energy".
URL:
http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622
[Stand 2011].

[12] US Geological Survey:
„Mineral Commodity Summaries". URL:
http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2011/mcs2011.pdf
[Stand 2011]

[13] Wasser-Wissen
„Eutrophierung". URL:
http://www.wasser-wissen.de/abwasserlexikon/e/eutrophierung.htm
[Stand 2010]

[14] Dipl.-Ing. Winkler, Michael
„Praxisbericht. Laboranalytik & Prozess-Messtechnik Abwasserreinigung Nährstoffe".
in: Hach Lange, United for Water Quality. Mainz.

[15] Massolle, Sebastian
"Erstellung einer vergleichenden Nachhaltigkeitsbewertung von zwei Glassorten bei der Interpane Glas Industrie AG, Lauenförde".
Diplomarbeit. Fachhochschule Lippe und Höxter, 2003.

[16] EMPA
"CO2-optimiertes Bauen als Grundlage für die Zukunft".
Publikation. Duebendorf, 2007.

[17] Deutsches Institut für Normung e.V.
„Umweltmanagement — Ökobilanz — Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006)".
Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2006.

[18] Kirmayr, T., Hansen, M.
„Forschungsvorhaben. Verwertungskonzepte für Holzfenster".
Abschlussbericht. **ift** Rosenheim, 1998

[19] Bundesinitiative Bildung und Forschung
„Energiespiegel Energetika 2010". URL:
http://www.energiespiel.de/content/kohlekraftwerk [Stand: 2010]

[20] Verband Fenster + Fassade
VFF-Merkblatt HO.01: *„Klassifizierung von Beschichtungen für Holzfenster, Holz-Metall-Fenster und -Außentüren“*.
Frankfurt a. Main [Stand 2010/09]

[21] Verband Fenster + Fassade
VFF-Merkblatt HO.02: *„Auswahl der Holzqualität und –haustüren.“*
Frankfurt a. Main [Stand 2008/12]

[22] Verband Fenster + Fassade
VFF-Merkblatt HO.06-1: *„Holzarten für den Fensterbau – Teil 1: Eigenschaften, Holzartentabelle; Holzarten zur Herstellung maßhaltiger Bauteile (Fenster, Außentüren).*
Frankfurt a. Main [Stand 2004/07]

[23] Verband Fenster + Fassade
VFF-Merkblatt HO.06-2: *„Holzarten für den Fensterbau – Teil-2 : Holzarten zur Verwendung in geschützten Holzkonstruktionen“*; Frankfurt a. Main [Stand 2006/04]

[24] Verband Fenster + Fassade
VFF-Merkblatt HO.06-3: *„Holzarten für den Fensterbau – Teil 3: Holzarten für den Innenausbau als dekorative Sichtflächen für lamellierte Fensterkanteln“*
Frankfurt a. Main [Stand 2006/04]

[25] Verband Fenster + Fassade
VFF-Merkblatt HO.06-4: *„Holzarten für den Fensterbau – Teil 4: Modifizierte Hölzer“*
Frankfurt a. Main [Stand 2010/03]

[26] Verband Fenster + Fassade und Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP)
Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden im Rahmen des Verbundprojekts: Ganzheitliche Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden
Frankfurt a. Main, 1998

[27] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumentwicklung (BBSR)
Tabellen für Bauteilnutzungsdauern.
Bonn, Entwurf der BBSR Endfassung vom 20.10.2010

[28] Institut Bauen und Umwelt e.V.
„Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkatego-

rien der Umweltdeklaration (Typ III) für Bauprodukte“
Königswinter; www.bau-umwelt.de; 20.01.2006

[29] Wikipedia
„Sensibilitätsanalyse“ URL: http://www.wikipedia.de [Stand Februar 2011]

[30] Bundesverband Flachglas e.V.
Marktstudie ; Größenverteilung von MIG; 2010

[31] Wikipedia
„Ökobilanzierung“ URL: http://www.wikipedia.de [Stand Februar 2011]

[32] PE INTERNATIONAL GmbH und LBP Universität Stuttgart
GaBi 4/ 2009/ Software und Datenbank zur ganzheitlichen Bilanzierung;
http://www.GaBi-software.com; 70771 Leinfelden-Echterdingen

[33] PE INTERNATIONAL GmbH und LBP Universität Stuttgart
GaBi 4/ 2010/ Software und Datenbank zur ganzheitlichen Bilanzierung;
http://www.GaBi-software.com; 70771 Leinfelden-Echterdingen

[34] PE INTERNATIONAL GmbH und LBP Universität Stuttgart
GaBi 4/ 2009B/; GaBi-4 Datensätze der Datenbank zur ganzheitlichen Bilanzierung; http://www.documentation.GaBi-software.com; 70771 Leinfelden-Echterdingen

[35] Fachverband Schloss+Beschlagsindustrie e.V.
EPD Fensterbeschläge; 2011

[36] Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW);
Leitfaden Nachhaltiges Bauen; Berlin 2001

[37] **ift** Rosenheim GmbH
ift Richtlinie HO-10/1
„Massive, keilgezinkte und lamellierte Profile für Holzfenster – Anforderungen und Prüfung“
Rosenheim, November 2002

[38] Kreißig J. und Kümmel J.; Baustoff-Ökobilanzen
„Wirkungsabschätzung und Auswertung in der Steine-Erden-Industrie;
Bundesverband Baustoffe Steine + Erden e.V.; 1999

[39] RAL Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e.V.
Leitfaden zur Montage: *„Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren“;* RAL Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e.V.; 60594 Frankfurt a. Main; März 2010

[40] Institut Bauen und Umwelt e.V.
PCR Fenster und Türen [Stand 2011]; www.bau-umwelt.de; Königswinter, 2011.

[41] Institut Bauen und Umwelt e.V.
PCR Schlösser und Beschläge [Stand 2011]; www.bau-umwelt.de; Königswinter, 2011.

[42] Institut Bauen und Umwelt e.V.
PCR Flachglas im Bauwesen [Stand 2011]; www.bau-umwelt.de; Königswinter, 2011.

[43] Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V.
EPD Fensterbeschläge EPD-FVS-2011311-D; 2011

[44] Bundesverband Flachglas e.V.
EPD Einscheibensicherheitsglas; 2011

[45] Bundesverband Flachglas e.V.
EPD 2- und 3- Scheibenisolierglas; 2011

[46] European Aluminium Association (EAA); Environmental Profile Report for the European Aluminium Industry; Life Cycle Inventory data for aluminium production and transportation processes in Europe; 2008

[47] Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP e.V.); Life Cycle Assessment of Waste-to-Energy plants in Europe Modelling of thermal treatment of municipal and similar waste to calculate eco-profiles for the European Reference Life Cycle Data System (ELCD); Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP e.V.); 2008

[48] Association of Plastic Manufacturers
Eco-profiles of the European Plastics Industry; PVC Profile Extrusion; report by TNO for Plastics Europe; 2010

[49] Bundesregierung Deutschland
Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen (Bundesimmissionsschutzgesetz; BImSchG); 26 September 2002 (BGBI.IS.3830)

[50] prEN 15804:2008-04
Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen für Produkte – Regeln für Produktkategorien
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[51] ISO 14025:2006
Umweltkennzeichnungen und -deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[52] DIN EN ISO 14040:2006; Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[53] DIN EN ISO 14044:2006; Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[54] EN 14351-1/A1
Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften –
Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[55] EN ISO 10077-1
Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[56] EN ISO 12567-1
Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen – Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens; Teil 1: Komplette Fenster und Türen
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[57] EN 410
Glas im Bauwesen – Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[58] EN 12207
Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[59] EN 12208
Fenster und Türen – Schlagregendichtheit – Klassifizierung
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[60] EN 12210
Fenster und Türen- Widerstandsfähigkeit bei Windlast – Klassifizierung (enthält Berichtigung AC:2002)
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[61] EN 140-3
Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[62] EN 14220
Holz und Holzwerkstoffe in Außenfenstern, Außentüren und Außentürzargen – Anforderungen und Spezifikationen
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[63] EN 13501-1
Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1 Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[64] DIN 4102-1
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[65] DIN 4108-2:2003
Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[66] DIN V 4108-6:2003
Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
Berlin, Beuth Verlag GmbH

[67] TU Delft; European Aluminium Association (EAA)
Collection of Aluminium from buildings in Europe; European Aluminium Association

[68] Rewindo
Fenster-Recycling-Service; Kunststofffenster-Recycling in Zahlen 2009; Rewindo GmbH; www.rewindo.de

[69] Consultic
Ermittlung des Abfallmengenszenarios für PVC-Fenster sowie related products in 2009
Alzenau, März 2010

[70] Technische Universität Berlin
„Vergleichende Umweltanalyse von Thermoplast-Bauteilen aus Recyclat und Neuware“
Schriftenreihe Kunststoff-Forschung 37, Polymertechnik/Kunststofftechnikum, Berlin 1996

[71] Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.
„Müllverbrennungsanlagen in Deutschland“ URL: http://www.itad.de/itad/mitglieder/79.Mitglieder.html?text=&kt%5Bcat%5D=90014&_kae=getList&_bxd=4eee735dfda16337b63bf7c8c40a7d27&page_abfallbereinigungsanlagen=0, [Stand: 2011]

[72] PE INTERNATIONAL
„Hintergrundbericht zur Ökobilanz. Holzfenster, Kunststofffenster und Aluminiumfenster“
Stuttgart, 2011.

[73] PE INTERNATIONAL
„Hintergrundbericht zur Ökobilanz. Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas und Mehrscheibenisolierglas“
Stuttgart, 2011.

[74] Wikipedia
„Liste der Groß- und Mittelstädte in Deutschland“
URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Gro%C3%9F-_und_Mittelst%C3%A4dte_in_Deutschland [Stand 2011].

17 Anlagen

Anlage A: Fenster und Türen

PCR Fenster und Türen
Muster-EPD Holzfenster
Muster-EPD Aluminiumfenster
Muster-EPD Kunststofffenster

Anlage B: Flachglas im Bauwesen

PCR Flachglas im Bauwesen
Muster-EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas
Muster-EPD 2- und 3 Scheiben Isolierglas

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Forschung & Entwicklung

Das Institut für
Fenster und Fassaden,
Türen und Tore,
Glas und Baustoffe

Abschlussbericht

EPDs für transparente Bauelemente

Anlage A Fenster und Türen

Oktober 2011

© ift Rosenheim

Abschlussbericht
EPDs für transparente Bauelemente
Anlage A Fenster und Türen

Thema	Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden
Kurztitel	EPDs für transparente Bauelemente
Gefördert durch	Der Forschungsbericht wurde mit den Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert. Aktenzeichen: SF-10.08.18.7-09.21/II 3-F20-09-1-067 Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.
Forschungsstelle 1	**ift** gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
Projektleitung	Dipl.-Ing. (FH) Bernhard von Houwald
Projektbearbeitung	Dipl.-Ing. (FH) Bernhard von Houwald Dipl.-Ing. (FH) Patrick Wortner
Forschungsstelle 2	PE INERNATIONAL GmbH Dipl.-Ing. Johannes Kreißig
Forschungsstelle 3	Institut Bauen und Umwelt e.V. Dipl.-Ing. Hans Peters

Rosenheim, Oktober 2011

Inhaltsverzeichnis

	Seite
PCR Fenster und Türen	1
EPD Holzfenster	27
EPD Kunststofffenster	57
EPD Aluminiumfenster	85

PCR Fenster und Türen

PCR Fenster und Türen

Product Category Rules

Regeln für
Umwelt-Produktdeklarationen

- Fenster und Türen -

Product Category Rules durch IBU-Sachverständigenausschuss zugelassen
Stand: 16.April 2010

Erarbeitet im Rahmen des Forschungsprojekts
„Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“

Institut Bauen
und Umwelt e.V.

Produktgruppe	**PGF Fenster und Türen**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Geltungsbereich dieser PCR

Diese Produktkategorie-Regeln (PCR) sind anwendbar auf Fenster (Vertikalfenster einschließlich Festverglasungen sowie Dachflächenfenster) und Türen (Außen- und Innentüren) nach EN 14351-1 und prEN 14351-2 (alle Rahmenmaterialien) inklusive der Systemkomponenten: Profile, Beschichtungen, Füllungen (transparent und opak), Dichtungen, integrierte Lüftungskomponenten, Antriebe. Diese PCR gilt auch für Brand- und Rauchschutzfenster und –türen gem. prEN 16034.

Schlösser und Beschläge werden in dem PCR „Schlösser und Beschläge" beschrieben.

Glassysteme werden in dem PCR „Flachglas im Bauwesen" beschrieben.

Bauwerksanschlüsse sind hierbei nicht inbegriffen.

Nicht inbegriffen sind:

- Abschlüsse, die nicht Bestandteil des Fensters (Def. nach EN 14351-1) sind.
- Vorhangfassaden
- Automatik- und Karusselltüren

Inhalt

Diese PCR legen die produktgruppenspezifischen Regeln fest für:

- die Erstellung der Umweltdeklaration (EPD)
- die Berechnung der Ökobilanz und die Erstellung des Hintergrundberichtes zur Ökobilanz

Zusätzlich gelten die allgemeinen Regeln des Institutes Bauen & Umwelt (IBU), wie sie im aktuellen allgemeinen Leitfaden festgelegt sind.

Nachverfolgung der Versionen

Version	Änderungen	Zugelassen vom SVA
	Erarbeitet im Rahmen des Projekts „EPDs für transparente Bauelemente" gefördert durch die Forschungsinitiative „Zukunft Bau"	16.4.2010

Datum der nächsten turnusgemäßen Revision dieser PCR: April 2013

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Teil 1: Regeln für die Erstellung einer Umweltdeklaration für Bauprodukte

Grundsätzliches Die Formatvorlage des IBU ist zu verwenden.

Titelblatt Das Titelblatt muss folgende Elemente enthalten:

- Hinweis: "Umweltdeklaration nach ISO 14025"
- Bezeichnung des/der Produkte/s
- Name des/der Hersteller/s
- Deklarationsnummer
- Vollständiger Name des IBU, Logo des IBU und Webadresse
- Zwei angemessene Bilder
- Bei Verbands-EPD: Kennzeichung, Name, Adresse und Logo des Verbandes

Kurzfassung, Seite 1 Seite 1 der Kurzfassung muss folgende Elemente enthalten:

- Angemessenes Bild
- Name des Programmhalters inkl. web-Adresse
- Deklarationsinhaber, Firmenname, Adresse
- Deklarationsnummer
- Bezeichnung des deklarierten Bauprodukts; bei Durchschnittsangaben, Bezeichnung des Durchschnitts
- Name der PCR inkl. Version
- Text zur Gültigkeit der Deklaration gemäß Vorlage; zur Gültigkeit der EPDs, siehe IBU Leitfaden
- Inhaltsangabe der vollständigen Deklaration gemäß Vorlage
- Datum der Deklarationsausstellung
- Namen und Unterschriften des Vorsitzenden des SVA und des Verifizierers der EPD

Kurzfassung, Seite 2 Seite 2 der Kurzfassung muss folgende Elemente enthalten:

- Produktbeschreibung
- Beschreibung des Anwendungsbereiches der deklarierten Produkte
- Beschreibung des Rahmens der Ökobilanz, inkl. Systemgrenze und gegebenenfalls relevante Allokationen
- Tabellarische Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz (Indikatoren und Einheiten gemäß Leitfaden) unter Nennung der funktionalen Einheit; eine graphische Darstellung der (Teil-) Ergebnisse der Ökobilanz ist nicht zulässig.
- Prüfungen und Nachweise gemäß PCR inkl. Prüfnorm und Prüfdatum

Langfassung der Umweltdeklaration

Kopfzeile

Entsprechend der IBU-Vorlage muss die Kopfzeile folgende Elemente enthalten:

- Name und Version der EPD,
- Deklarationsinhaber,
- Deklarationsnummer
- Erstellungsdatum

Geltungsbereich

Die Produkte, Werke und deren Standortländer, auf deren Daten die Ökobilanz beruht und für die die Deklaration gilt, sind zu nennen. Bei Durchschnitts-EPDs, z.B. Verbands-EPDs, muss auf diese Art der EPD hingewiesen werden. Die betrachteten Werke/Firmen, auf deren Daten die Ökobilanz beruht und für die die Deklaration gilt, müssen genannt werden.

1 Produktdefinition

Produktdefinition

Die deklarierten Produkte müssen beschrieben werden.

Variante 1

Beispiel Standardfenster bzw. Referenzfenster und -Tür:
Die Funktionale Einheit für Fenstersysteme (alle Öffnungsarten) wird in Anlehnung an EN 14351-1 definiert:

Größe 1,23m x 1,48m

Die Funktionale Einheit für Türsysteme wird in Anlehnung an EN 14351-1 und prEN 14351-2 definiert:

Größe 1,23m x 2,18m

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Produktgruppe **PGF Fenster und Türen** Erstellung
Status PCR vom SVA bestätigt 16. April 2010

Variante 2
zusätzliche Unterteilung nach Rahmenanteil

Fenster und Fenstertüren können in folgende Größenklassen nach Rahmenanteil (Fläche) eingeordnet werden:

Klasse 1: Rahmenanteil < 25%

Klasse 2: Rahmenanteil zwischen 25% und 35% (Referenzfenster)

Klasse 3: Rahmenanteil > 35%

Variante 3

Es können spezifische Produkte betrachtet werden.

Produktbeschreibung:

- Blendrahmen / Flügelrahmen- Art des Baustoffes z.B.:
  - *Aluminium*
  - *Aluminium thermisch getrennt*
  - *Holz (Holzart)*
  - *Holz/Aluminium*
  - *u-PVC oder u-PVC verstärkt mit Stahl, GFK oder Aluminium*
  - *Stahl/Edelstahl*
- Oberfläche: Behandlung/Beschichtung
- Fensterlüfter
- Füllungen / Gläser z.B:
  - *Einscheibenverglasung,*
  - *2-Scheiben-Isolierverglasung,*
  - *3-Scheiben-Isolierverglasung,*
  - *Sondergläser: Brandschutzglas, Schallschutzglas, Sichtschutzverglasung, Sonnenschutzglas, Sicherheitsgläser*
  - *Nicht transparente Füllungen (Material und Aufbau ist zu spezifizieren)*
- Dichtungen
- Beschläge (Spezifikationen der Bänder, Verschlüsse und Funktionsbeschläge nach PCR Schlösser Beschläge)

Zudem ist für den Architekten ein Verweis auf Systembeschreibung (Link Homepage) anzugeben, oder es sind die relevanten Systemeigenschaften zu benennen.

- Bautiefe
- Anschlagart (Dichtungssystem)
- U_f-Wert / U_g-Wert / U_w-Wert
- Optional Profilaufbau (z.B. Kammeranzahl bei KS-Fenstern)
- Optional Schallschutzklasse SSK 1 – SSK 6 / $R_{w,(c,ctr)}$
- Optional Einbruchklasse WK 1 – WK 4
- Mögliche Öffnungsarten (optional Piktogramme)
- Eingesetztes Mehrscheiben-Isolierglas bzw. nichttransparente Füllung

Produktgruppe **PGF Fenster und Türen** Erstellung
Status PCR vom SVA bestätigt 16. April 2010

Anwendung

Der Einsatzzweck der genannten Produkte ist zu spezifizieren.

Beispiel:

- *Fenster zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden.*
- *Außentüren zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden.*

Produktnorm / Zulassung

Die zutreffende Norm bzw. bei Brandschutzfenster die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder vergleichbare nationale Regelung muss genannt werden.

Beispiel

- *Fenster und Außentüren: EN 14351-1*
- *Innentüren: EN 14351-2* (in Vorbereitung)
- *Brand- und Rauchschutzfenster und –türen:* EN 16034 (in Vorbereitung)

Sofern noch keine europäische harmonisierte Norm vorhanden, gelten nationale gesetzl. Regelungen (in Deutschland z.B. aBZ für Brandschutztüren).

Gütesicherung

Es können Angaben zur Gütesicherung (produktbezogen) gemacht werden. Qualitätsmanagementsysteme (QMS) können benannt werden.

Lieferzustand, Eigenschaften

Keine weiteren Angaben erforderlich, da Teil der Produktdefinition

Bauphysikalische Daten

Wenn relevant, Messwert und Norm zitieren und in die Referenzenliste aufnehmen

Beispiel:

	Prüfnorm	Werte:	Einheit	Messwert
Wärmeschutz	EN 674/ EN 675	U-Wert Glas	W/m²*K	
	EN 12567-1	U-Wert Fenster	W/m²*K	
		Gesamtenergie-durchlassgrad g	%	
Fugendurch-lässigkeit	EN 1026	Fugendurchlass-koeffizient a	m³/m*h	
Schlagregen-dichtheit	EN 1027	Druck bei Wasser-eintritt	Pa	
Schallschutz	EN 20140-3	Schalldämmmaß R	dB	
Windlasten	EN 12211	Durchbiegung f	mm	
Vertikallasten	EN 947	Verformung	mm	

Brandschutz (Einfluss auf Brandschutz, nicht Brennbarkeit, s. Kap. außergewöhnliche Einflüsse)

Deklaration der Brandschutzklasse, sofern relevant.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

2 Grundstoffe

Grundstoffe/ Vorprodukte

Die wesentlichen Grundstoffe bzw. Vorprodukte sind für die jeweiligen Komponenten in Masse-% anzugeben.

Beispiel *Fenster mit 2- oder 3-fach Verglasung*:

Holzfenster	*Anteil* in Masse-%
Holz-Fensterprofile	*40 – 46 %*
Wetterschutzschiene	*1 %*
Dichtungen	*< 1 %*
Mehrscheiben-Isolierglasverbund	*50 - 64 %*
Beschläge	*3 - 4%*
Kleb- und Dichtstoffe	*< 1%*
Sonstiges (z.B. Schrauben und Kleinmaterial)	*1 -2 %*

Metallfenster	*Anteil* in Masse-%
Metall-Fensterprofile (Aluminium)	*42 – 50 %*
Wärmedämmsteg	*3 – 5 %*
Dichtungen	*< 1 %*
Mehrscheiben-Isolierglasverbund	*41 - 54 %*
Beschläge	*3 - 4%*
Kleb- und Dichtstoffe	*< 1%*
Sonstiges (z.B. Schrauben und Kleinmaterial)	*1 -2 %*

Kunststofffenster	*Anteil* in Masse-%
PVC-Fensterprofile	*23 - 28 %*
Armierungen (Stahl verzinkt, Aluminium, GFK)	*16 - 20 %*
Dichtungen	*im PVC-Profil integriert*
Mehrscheiben-Isolierglasverbund	*46 - 56 %*
Beschläge	*3 - 4%*
Aluminium-Zusatzprofile	-
Kleb- und Dichtstoffe	*< 1%*
Sonstiges (z.B. Schrauben und Kleinmaterial)	*1 -2 %*

Produktgruppe	**PGF Fenster und Türen**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Hilfsstoffe/ Zusatzmittel

Deklaration der Hilfsstoffe und Zusatzmittel, zum Beispiel Holzschutzmittel.
Hinweise wie „…ist frei von…" dürfen nicht verwendet werden.

Stofferläuterung

Weitere Erläuterung der eingesetzten Stoffe

Beispiel: Holzfensterprofil:

Für die Herstellung von Holzfensterprofilen ist EN 14220 zu berücksichtigen. Dabei werden besondere Anforderungen an die Holzarten und ihre Qualität bezüglich der Mindest-Rohdichte, Wachstumseigenschaften, Jahrringlage, Standhaftigkeit, Dauerhaftigkeit und Witterungsbeständigkeit gestellt.

*Eine Lamellierung von Holzfensterprofilen ist gemäß dem Stand der Technik - z.B. beschrieben in der Richtlinie „Lamellierung von Profilen für Holzfenster" (**ift** Richtlinie HO.01) des **ift** Rosenheim - auszuführen.*

Die Oberflächenbehandlung der Holzfensterprofile ist mit einem dauerhaften Anstrich von mindestens 60 µm auszuführen. Dabei ist auch ein entsprechender UV-Schutz vorzusehen.

Beispiel: Kunststoffprofil:

PVC-Fensterprofile werden im Extrusionsverfahren aus einer Mischung vom PVC-Pulver und Additiven hergestellt. Additive sind Schlagzähmodifikatoren, Füllstoffe, Pigmente und Thermostabilisatoren. Der Einsatz von recyclierten PVC-Profilen bei der Extrusion von neuen Profilen ist in einem Umfang von bis zu 80% möglich.

Recycliertes PVC entsteht zum einen aus Verschnitt, der während der Profilherstellung oder im Fensterbaubetrieb anfällt (preconsumer Recycling) und zum anderen aus postconsumer Recycling, das aus alten, ausgebauten Fensterelementen gewonnen wird.

Ein Teil der Profilmenge, (Stand 2010; weniger als 20%) werden oberflächenveredelt ausgeliefert. Dies geschieht am häufigsten durch Aufbringen von farbigen und/oder strukturierten Folien, die einen komplexen Aufbau haben und eine hohe Farbechtheit und Witterungsbeständigkeit aufweisen. Weiter Verfahren der Oberflächenveredelung sind Lackierung oder Coextrusion einer Deckschicht aus eingefärbtem Plexiglas (PMMA) oder ASA (Poly-Acrylester-Styrol-Acrylnitril) u. a.

In der Regel wird das PVC-Fensterprofil mit Dichtung ausgeliefert.

Die Dichtungen bestehen in der Regel aus Weich-PVC, TPEs (Thermoplastische Elastomere) oder EPDM (Elastomere).

Bei der Herstellung von PVC-Profilen und Dichtungen wird entsprechend der freiwilligen Selbstverpflichtung der Industrie Vinyl 2010 (www.vinyl2010.org) auf Blei- und Cadmiumhaltige Thermostabilisatoren verzichtet. Alle Inhaltsstoffe sind konform mit den Restriktionen der REACH-Verordnung (EG 1907-2006).

Deklarierungspflichtige Stoffe nach Artikel 33 REACH-Verordnung (Stand 01-2010) werden nicht eingesetzt.

Armierungen (Stahl verzinkt, Aluminium, GFK)

Stahl DX 51 – Z275 MA nach EN 10346; 2009

Hinweis: Z275 bezieht sich auf die Schichtdicke der Verzinkung (hier 275 g/m² entspricht 20µm). Andere Schichtdicken wie 225 g/m² (16µm), 200 g/m² (14µm), 140 g/m² (10 µm) und 100 g/m² (7 µm) sind ebenfalls verwendbar.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Beispiel Aluminiumprofil:

Aluminium EN AW 6060 (=AlMgSi) T5/T66 oder AW 6063 (=AlMg0.7Si) T66 nach EN 755-2

Hinweis: T5 oder T66 bezieht sich auf die thermische Behandlung des Materials.

Rohstoffgewinnung und Stoffherkunft

Angaben zur Rohstoffgewinnung und zur durchschnittlichen Transportentfernung der eingesetzten Grundstoffe oder Vorprodukte

Verfügbarkeit der Rohstoffe

Angaben zur allgemeinen und zur regionalen Verfügbarkeit der eingesetzten Rohstoffe.

Die Ausführungen zur Ressourcenverfügbarkeit muss sachbezogen sein (nicht: „…Verbrauch der Firma im Vergleich zum Weltverbrauch vernachlässigbar…").

3 Produktherstellung

Produktherstellung

Der Herstellungsprozess muss beschreiben und mit einer einfachen Grafik illustrieret werden.

Gilt die EPD für mehrere Standorte, müssen die Produktionsverfahren aller Standorte beschreiben werden.

Gesundheitsschutz Herstellung

Darstellung von Maßnahmen des Gesundheitsschutzes im Herstellprozess, die über die nationalen Vorschriften (des Produktionslandes) hinausgehen.

Umweltschutz Herstellung

Darstellung von Maßnahmen des Umweltschutzes im Herstellprozess, die über die nationalen Vorschriften oder anlagenspezifischen Anforderungen hinausgehen, z.B. Beschreibung des besonders umweltfreundlichen Umgangs mit Abluft, Abwasser und Abfällen, sowie Lärmemissionen.

Angaben zum Umweltmanagementsystem (falls vorhanden).

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungsempfehlungen/Einbau

Beschreibung der Art der Bearbeitung, der einzusetzenden Maschinen, Werkzeuge, Staubabsaugung, etc. und Hilfsstoffe sowie der Maßnahmen zur Lärmminderung.

Hinweise auf Regeln der Technik und des Arbeits- und Umweltschutzes sind möglich.

Es sind Verarbeitungs- und Montagehinweise nach dem Stand der Technik des jeweiligen Landes anzugeben.

Hinweise auf Regeln der Technik und des Arbeits- und Umweltschutzes sind möglich.

Beispiele:

- *Es sind die RAL-Leitfäden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Außentüren zu beachten (Deutschland) sowie die Hinweise und Empfehlungen aus den Systembeschreibungen.*

Arbeitsschutz Umweltschutz

Beschreibung der Maßnahmen zum Arbeits- und Umweltschutz.

Restmaterial

Die Verwertung der Restmaterialien, z. B. die Handhabung der Reste, Sortierung, Verwertung und Beseitigung muss deklariert werden.

Verpackung

Es sind Angaben zur produktspezifischen Verpackung und deren Entsorgung zu machen.
Der Abfallschlüssel ist anzugeben.

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:

- *Mehrscheiben-Isolierglas wird auf Mehrweg-Gestellen ausgeliefert.*

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe

Hier sollen Hinweise auf Besonderheiten der stofflichen Zusammensetzung für den Zeitraum der Nutzung angegeben werden.

Wirkungsbeziehungen Umwelt - Gesundheit

Hinweise auf Wirkungsbeziehungen zwischen Produkt, Umwelt und Gesundheit. Mögliche Schadstoffgehalte oder Emissionen.
Wenn Testergebnisse mit Nachweisgrenze deklariert werden, muss die Nachweisgrenze spezifiziert werden.

Nutzungsdauer

Angaben zur Nutzungsdauer und Einflüsse auf die Alterung bei Anwendung nach den Regeln der Technik:

Beispiel:
Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch und Instandhaltung ist eine mittlere technische Nutzungsdauer von 50 Jahren anzusetzen.

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand

Angabe des Brandverhaltens , sofern eine gesetzliche Regelung vorhanden ist.

Wasser

Angabe des Verhaltens des Produkts, einschließlich möglicher Folgen auf die Umwelt bei unvorhergesehener Wassereinwirkung, z.B. Hochwasser:

Beispiel Fenster:
Die Fensterkomponenten werden durch Wasser nicht angegriffen. Es werden keine Wasser gefährdende Inhaltsstoffe ausgewaschen

7 Nachnutzungsstadium

Recycling

Möglichkeiten des Wiederverwendung (gemäß VDI 2243) sind aufzuzeigen.

Verwertung

Möglichkeiten der Weiterverwertung (gemäß VDI 2243).

Entsorgung

Die möglichen Entsorgungswege sind für das Gesamtsystem oder die einzelnen Komponenten nach Demontage zu nennen.
Der Abfallschlüssel nach Abfallverwertungsverzeichnis ist anzugeben.
Angaben zur Demontage, Trennung der Komponenten und sortenreinen Erfassung sind zu machen.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

8 Ökobilanz

Eine beschreibende und auf plausiblen, transparenten und nachvollziehbaren Daten beruhende Ökobilanz nach ISO 14040 ff, muss eingereicht werden. Modellannahmen mit relevantem Einfluss auf die deklarierten Ergebnisse sind in der EPD klar zu benennen.

Für die methodischen Details zur Berechnung und Dokumentation der Ökobilanz, siehe Teil 2 „Regeln zur Erstellung des Hintergrundberichtes".

Vergleichende Darstellungen mit anderen Produkten sind nicht zulässig.

8.1 Angaben zur Systemdefinition und Modellierung des Lebenszyklus

Deklarierte Einheit

Die deklarierte Einheit ist

sind Fenster und Türen bezogen auf die Fläche in m².

Die Darstellung je 1 m^2 ist zulässig, wenn die Bauteilgrößen mit dargestellt werden.

Beispiele:

Deklarierte Einheit:

1 m ² Kunststofffenster, Standardgröße gemäß EN 14351-1:1,23m x1,48m

Systemgrenzen

Die Systemgrenze ist entsprechend Teil 2 zu dokumentieren.

Beispiel Fenster:

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Herstellungen der Produkte einschließlich der Rohstoffgewinnung zur Fertigung der Fensterkomponenten, die Montage dieser Komponenten bis zum fertig verpackten Produkt am Werkstor (Cradle to gate).

Die einzelnen Komponenten des Fenstersystems weisen unterschiedliche geschätzte Lebenserwartungen auf. Der Austausch dieser Komponenten muss in Form von Szenarien dargestellt werden.
Solare Gewinne und Transmissionsverluste über die Nutzung werden wegen der vielseitigen Standorte und Ausrichtungen nicht in die Berechnung des dargestellten Szenarios einbezogen.

Die Demontage des Fensters sowie die Entsorgung/Verwertung/Recycling der Komponenten sind in der Bilanz zu berücksichtigen.

Annahmen und Abschätzungen

Wichtige Annahmen und Abschätzungen für die Interpretation der Ökobilanz :

Beispiel :

Für die Energieversorgung wurden die für die Produktionsstandorte verwendeten Energieträger und Energiequellen berücksichtigt.

Alle während der Produktion und der Endfertigung anfallenden Produktionsreste werden intern rezykliert.

Das End of Life Szenario sieht einen gesonderten Entsorgungspfad für die Komponenten xxx und xxx vor.

Abschneidekriterium

Die Abschneidekriterien müssen gemäß IBU-Leitfaden angewendet und deklariert werden.

Produktgruppe **PGF Fenster und Türen** Erstellung
Status PCR vom SVA bestätigt 16. April 2010

Beispiel:
Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung > 1% der Massen- und Energieströme sowie alle zur Verfügung stehenden produktionsseitigen Emissionsmessungen berücksichtigt

Transporte

Die verrechneten Entfernungen müssen dokumentiert werden, sofern sie relevant sind.

Zusätzlich kann ein Transportszenario für die Distributionskette (Werk zu Baustelle) angegeben werden. (siehe Anhang: Referenzszenario A4)

Betrachtungszeitraum

Der Betrachtungszeitraum und die daraus resultierenden Durchschnitte müssen dokumentiert werden.

Beispiel:
Die verwendeten Daten beziehen sich auf die Produktionsprozesse des Geschäftsjahres 2008 der Fensterhersteller. Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien, Hilfs- und Betriebsstoffen wurden als Jahresmittelwerte erhoben. Die Ökobilanz wurde für den Bezugsraum Deutschland erstellt.

Hintergrunddaten

Die Quelle der verwendeten Hintergrunddaten muss angeben werden.

Beispiel:
Zur Modellierung des Lebenszyklus wurde das Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die Herstellung und Entsorgung relevanten Hintergrund-Datensätze wurden der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen oder vom Hersteller zur Verfügung gestellt.

Datenqualität

Eine Abschätzung der Datenqualität ist zu machen.
Das Alter der verwendeten Daten liegt unter 5 Jahren.

Das Alter der verwendeten Daten muss gemäß Leitfaden für produktionsspezifische Daten und für allg. Daten unter 5 Jahren liegen.

Beispiel:
Die Daten wurden unter konsistenten zeitlichen und methodischen Randbedingungen erhoben. Somit ist von einer guten Repräsentativität der Daten auszugehen.

Allokation

Die für die Berechnung relevanten Allokationen (Verteilungen von Aufwendungen auf unterschiedliche Produkte) sind zu nennen, mindestens:

- Allokation beim Einsatz von Rezyklat bzw. Sekundärrohstoffen
- Allokation von eingesetzte Energien, Hilfs- und Betriebsstoffe zu den einzelnen Produkten eines Werkes
- Gutschriften aus der thermischen Verwertung von Holz oder Kunststoffen

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Thermische Verwertung von Abfällen und Verpackungen

Der gewählte Allokationsansatz für die thermische Verwertung von Abfällen und Verpackungen ist zu dokumentieren.

Beispiel:

Aus der thermischen Verwertung von Abfällen und Verpackungen in einer Müllverbrennungsanlage wurden Gutschriften für Strom und Wärme gemäß PCR berücksichtigt.

Hinweise zum Nutzungsstadium

Die durchschnittliche Nutzungsdauer der deklarierten Produkte ist dem Leitfaden Nachhaltiges Bauen zu entnehmen bzw. nach ISO 15686-8 zu deklarieren.

Es kann ein Szenario für die Bauteilbilanz aus Transmissionswärmeverlusten und solaren Gewinnen dargestellt werden. Grundlage für die Strahlungsgewinnfaktoren ist die DIN 4108-6.

Hinweise zum Entsorgungsstadium und Entsorgungsverfahren

Zusätzlich zur Herstellung kann sowohl die Entsorgung als auch die Verwertung/ das Recycling in der Ökobilanz betrachtet werden (siehe Teil 2 „Regeln für die Erstellung des Hintergrundberichtes zur Ökobilanz" für Details).

Das betrachtete Verfahren soll sich am Stand der Technik orientieren.

8.2 Thermische Verwertung von Fenster und Türen

Zusätzlich zur Herstellung kann auch die Entsorgung von brennbaren Komponenten in der Ökobilanz betrachtet werden (siehe Teil 2 „Regeln für die Erstellung des Hintergrundberichtes zur Ökobilanz" für Details).

Wahl des Entsogungsverfahrens

Die Wahl des Entsorgungsverfahrens ist zu dokumentieren.

Beispiel:

Für die vorliegende Ökobilanzgrundlage wurde die thermische Verwertung der Holzkomponenten in einer Müllverbrennungsanlage nach 17. BImSchG mit Trockensorption als Abluftreinigungtechnologie angenommen und entsprechend der Zusammensetzung für die einzelnen Produkte modelliert.

Gutschriften

Die gutgeschriebenen Prozesse aus der thermischen Verwertung der deklarierten Einheit zu dokumentieren.

Beispiel:

Auf die Energieerzeugung wird der Substitutionsansatz angewendet. Die erzeugten Mengen an Strom und Wärme werden mit den Prozessen DE: Strom und DE: Thermische Energie aus Erdgas (jeweils GaBi 2009) gegengerechnet. Dies bildet die Einsparung fossiler Brennstoffe und deren Emissionen ab, die statt dessen bei konventioneller Energieerzeugung anfallen würden.

8.3 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Die Aggregationsgrößen der Sachbilanz und die Kategorien der Wirkungsabschätzung müssen klar auf die funktionelle bzw. deklarierte Einheit bezogen werden.

Die Daten müssen interpretiert werden, z.B. inwieweit die Ökobilanzinformationen von bestimmten Produkteigenschaften (z. B. Dreifachverglasung) oder von bestimmten Eigenschaften des Werks abhängen.

Falls ein Produktspektrum deklariert wird, ist dieses mit den spezifischen Kenngrößen zu beschreiben.

Vergleiche von unterschiedlichen Fenstern und Türen sind ohne Einbeziehung der jeweiligen Einbausituation und des Nutzungsstadiums nicht zulässig.

Primärenergie

Folgende aggregierte Größen der Sachbilanz zum Verbrauch an Primärenergie sind tabellarisch und optional graphisch darzustellen und die wichtigsten Beiträge der Prozesse zu jeder Bilanzgröße zu diskutieren:

Anzugeben sind:

- Primärenergie nicht erneuerbar,
- Primärenergie erneuerbar,
- Energie aus Sekundärbrennstoffen.

Eine prozentuale (Energieprozent) Darstellung der Zusammensetzung der nicht erneuerbaren, bzw. erneuerbaren Primärenergie wird angegeben.

Beispiel nicht erneuerbare Energieträger:
Braunkohle (11%), Steinkohle (13%), Erdöl (33%), Erdgas (22%), Atomenergie (12%)

Beispiel erneuerbare Energieträger:
Wasserkraft (0,8%), Windkraft (1,6%), Biomasse (6,1%), restliche (z.B. Solarenergie oder Geothermie) (0,5%)

Wasserverbrauch

Der Wasserverbrauch ist anzugeben (inklusive Vorketten)

Abfälle

Folgende aggregierte Größen der Sachbilanz zum Anfall von Abfällen sind tabellarisch und optional graphisch im Bezug auf die deklarierte Einheit darzustellen und hinsichtlich der wichtigsten Beiträge zu jeder Bilanzgröße zu interpretieren:

Nur abgelagerte Abfälle sind zu dokumentieren:

- Abraum/Haldengut (abgelagert)
- Hausmüll - und Gewerbeabfälle (abgelagert)
- Sonderabfälle (abgelagert)
- Radioaktiver Abfall (abgelagert)

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Produktgruppe	**PGF Fenster und Türen**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Wirkungsabschätzung

Folgende Indikatoren der Wirkungsabschätzung sind tabellarisch und optional graphisch im Bezug auf die deklarierte Einheit darzustellen und hinsichtlich der wichtigsten Beiträge zu jeder Bilanzgröße zu interpretieren:

- Treibhauspotential (GWP)
- Ozonabbaupotential (ODP)
- Versauerungspotential (AP)
- Überdüngungspotential (NP)
- Bodennahes Ozonbildungspotential (POCP)

Optional können in der Langfassung Angaben zu weiteren Umweltwirkungen gemacht werden, z.B. zum Verbrauch abiotischer Ressourcen (ADP elements), Öko- oder Humantoxizität, Naturrauminanspruchnahme, etc.

Die Darstellung einer weitergehenden Aggregation der Wirkungskategorien ist nicht zulässig.

9 Nachweise

Der Hersteller legt dem IBU die entsprechenden Prüfzeugnisse vor.

Grundsätzlich gilt, dass sämtliche Aussagen mit Messdaten zu belegen sind. Bei nicht nachweisbaren Substanzen ist die Nachweisgrenze der Messung in der Deklaration mit anzugeben. Interpretierende Aussagen wie „...frei von..." oder „... sind völlig unbedenklich..." sind nicht zulässig.

Formaldehyd- und VOC-Emissionen

Thema wird zurückgestellt, bis Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Emissionen aus Bauelementen" für eine Einschätzung der Relevanz vorliegen.

Radioaktivität

nicht relevant

Auslaugverhalten

nicht relevant

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Die Überprüfung der Umweltdeklaration ist entsprechend der IBU-Vorlage für Umweltdeklarationen in Übereinstimmung mit den Anforderungen von ISO 14025 zu dokumentieren.

Die der Umweltdeklaration zu Grunde liegenden Produktkategorienregeln sind inkl. Version zu nennen.

Beispiel:

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument Fenster und Türen:2010.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss.
Vorsitzender des SVA:

Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025:

☐ intern ☒ extern

Validierung der Deklaration: [*Vorname Name Verifizierer]*

11 Literaturhinweise

Die in der Umweltdeklaration verwendete Literatur ist vollständig zu zitieren (siehe hierzu auch Referenzen in diesem Dokument).

Normen und Gesetze

Die in der Umweltdeklaration verwendeten Normen und Gesetzestexte sind korrekt zu zitieren (siehe dazu z.B. www.beuth.de oder Referenzen in diesem Dokument).

Beispiel:

DIN EN ISO 14040	*DIN EN ISO 14040:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006*

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Produktgruppe **PGF Fenster und Türen** Erstellung
Status PCR vom SVA bestätigt 16. April 2010

Teil 2: Regeln zur Berechnung der Ökobilanz und zur Erstellung des Hintergrundberichtes.

(Die vollständige Anpassung an CEN TC 350 wird erst erfolgen, wenn ein finales Dokument zur Abstimmung vorliegt)

Generelles

Es ist eine Ökobilanz nach ISO 14040 ff für Fenster und Türen einzureichen, die auf plausiblen, transparent nachvollziehbaren Basisdaten beruht. Alle das Ergebnis entscheidend beeinflussenden Modellannahmen sind klar zu benennen.

Die Berichtstruktur richtet sich in Anlehnung an ISO 14040 nach der Struktur dieses Regeldokuments.

Der Hintergrundbericht muss alle baustoffspezifischen Lebenszyklusstadien adressieren. Die Stadien, die in der Bilanzierung eingerechnet werden, müssen hinsichtlich der berücksichtigten Prozesse gründlich dargestellt werden. D.h. die Herstellung, (Wiege zum Werkstor) muss immer gründlich dargestellt werden. Wenn die Nutzung und/oder Recycling/Entsorgung Teil der Bilanz sind, müssen diese Stadien ebenfalls adressiert werden. Der Sachverhalt, dass ggf. Nutzung und/oder Entsorgung nicht berücksichtigt werden, muss begründet werden. In diesem Fall müssen die Prozesse nicht ausführlich beschrieben werden. Da das Nutzungsstadium in der Regel vom Bauwerk abhängt und nicht berechnet wird, können hierzu lediglich beispielhafte, optionale Angaben erfolgen.

Diese Ökobilanz muss sowohl repräsentativ für die in der Deklaration dargestellten Produkte, als auch für den angegebenen Bezugsraum sein.

1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Ziel der Untersuchung

Das Ziel der Untersuchung ist zu beschreiben hinsichtlich:

- der Gründe für die Durchführung der Studie
- der Vorgesehenen Verwendung
- des Zielpublikums
- der Verwendung der Studie für öffentliche Vergleiche

Deklarierte Einheit

Die deklarierten Einheiten sind gemäß EN 14351-1 und -2 bzw. prEN 16034 zu definieren.

Die Darstellung je 1 m^2 ist zulässig, wenn die Bauteilgröße mit dargestellt wird.

Beispiele:

Deklarierte Einheit:

1 m ² Kunststofffenster. mit Dreh-Kipp-Beschlag, Standardgröße gemäß EN 14351-1:1,23m x1,48m, 2-fach Isolierverglasung 4/16/4, Rahmenanteil 25 - 35%, U_w = 1,3W/m² K

Produktbeschreibung

Das zu bilanzierende Produkt ist hinsichtlich seiner technischen und funktionalen Eigenschaften sowie hinsichtlich seiner Anwendungsbereiche zu beschreiben.

Bei Durchschnitts-EPDs sind mindestens auszuweisen:

- Art der Durchschnittsbildung
- Repräsentativität des Durchschnitts

Produktgruppe	**PGF Fenster und Türen**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich des deklarierten Produktes ist zu beschreiben.

Beispiel:
Außentüre

Systemgrenzen

Herstellung

Für die Herstellung sind die Systemgrenzen von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Auslieferung des versandfertigen Produktes (Werkstor) gezogen. Der Bilanzraum inklusive aller berücksichtigten und vernachlässigten Prozesse ist geeignet zu beschreiben und möglichst mit Hilfe eines Flussdiagramms darzustellen.

Zusätzlich ist die Verpackung plus deren Entsorgung nach Einbau des Produktes als Teil der Herstellung zu bilanzieren.

Die Prozessschritte der Herstellung der Produkte sind zu beschreiben und falls verfügbar mit einem Flussdiagramm zu illustrieren.

Der verwendete Strommix inkl. Bezugsjahr ist anzugeben. Es gilt:

- Bei Produktionsstandorten in Deutschland ist für Strom der aktuelle, durchschnittliche „Strom Deutschland" zu verwenden,
- Bei einem Produktionsstandort außerhalb Deutschlands sind gleichwertige länderspezifische Prozesse zu verwenden, soweit sie dem heutigen Stand der Technik entsprechen,
- Bei Produktionsstandorten in mehreren europäischen Ländern sind die zutreffenden Strommixe NORDEL (Nordeuropa), CENTREL (Zentraleuropa) oder UCTE als gesamteuropäischer Strommix zu verwenden.
- Wenn die Bilanzierung nur bis zum Werkstor (mit oder ohne Entsorgung) durchgeführt wird, werden Transporte vom Werkstor zur Baustelle nicht einbezogen, können aber separat genannt werden.

Entsorgung

Die Bilanzierung eines Entsorgungsszenarios ist optional. Wenn die Entsorgung als eigenes Informationsmodul bilanziert wird, sind die Entsorgungsprozesse bis zu Ende zu bilanzieren.

Abschneidekriterium

Prozesse, deren gesamter Beitrag zum Endergebnis nach Masse und in allen zu betrachtenden Wirkkategorien kleiner 1% ist, können vernachlässigt werden. Die Summe der vernachlässigten Prozesse darf 5% der betrachteten Wirkkategorien nicht übersteigen. Hierfür ist eine zu dokumentierende Abschätzung zulässig.

Die Erfüllung des Abschneidekriteriums ist plausibel zu belegen. Vernachlässigte Prozesse sind zu nennen.

Die Investitionsgüter für die Herstellungsprozesse (Maschinen, Gebäude, etc.) werden nicht berücksichtigt.

Betrachtungszeitraum

Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien und Hilfs- und Betriebsstoffen sind als Mittelwerte von 12 Monaten in den betrachteten Werken zu berücksichtigen.

Der der Ökobilanz zu Grunde liegende Betrachtungszeitraum ist zu dokumentieren.

Hintergrunddaten

Grundsätzlich müssen konsistente Hintergrunddaten verwendet werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen:

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

- Die GaBi-Datenbank (www.gabi-software.com) für Energie, Transporte und Hilfsstoffe dient für EPDs von in Deutschland ansässigen Firmen als Referenzdatenbank.
- Daten zu Hilfsstoffen können auch der Datenbank Ökobau.dat (http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeudedaten/oekobaudat.html) entnommen werden.
- Für EPDs von Firmen außerhalb Deutschlands können auch folgende Datenbanken verwendet werden: ecoinvent (www.ecoinvent.ch), European Life Cycle Database (http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm).
- Die verwendeten Datensätze aus Datenbanken sind im Hintergrundbericht zu nennen, inkl. der Angabe des Jahres, für welches der Datensatz repräsentativ ist. Die Repräsentativität der verwendeten Datensätze ist zu dokumentieren.
- Die verwendeten Hintergrunddaten und deren Quellen sind in der EPD summarisch zu nennen.

Die Basisdaten der GaBi-Datenbank für Energie, Transporte und Hilfsstoffe können ohne weitere Dokumentation verwendet werden.

Datenqualität

Es müssen aktuelle Daten (letztes update weniger als 10 Jahre) als Grundlage zur Berechnung der Ökobilanz verwendet werden. Die genauen Anforderungen beschreibt der allgemeine Leitfaden des IBU. Um die Repräsentativität sicherzustellen, muss bei der Verwendung von vergleichbaren Prozessen eine technologische Übereinstimmung dokumentiert werden.

Die Datenqualität ist zu dokumentieren und die Repräsentativität der verwendeten Daten zu diskutieren. Der Umgang mit Datenlücken und Modellen ist zu erläutern.

Transporte

Transporte müssen mitsamt den verrechneten Entfernungen dokumentiert werden, sofern sie relevant sind.

Zusätzlich kann die durchschnittliche Transportentfernung für die Distributionskette (Werk zu Baustelle) angegeben werden.

Zuordnung von Werksdaten zu den deklarierten Produkten

Werden in einem Werk neben den deklarierten Produkten weitere Produkte hergestellt, so ist die Zuordnung der Werksdaten (Produktionsenergie, Rohstoffe, Zusatzmittel und Hilfsstoffe, Abfälle, etc.) zu beschreiben.

Eingesetzte Energien, Hilfs- und Betriebsstoffe bei der Fenster bzw. Türherstellung, die nicht auf der Basis der Prozesse oder über eine Rezeptur eindeutig einem spezifischen Produkt zuzuordnen sind, sind nach Fläche (pro m² Produkt) zuzurechnen. Die Zuordnung der Werksdaten zu den deklarierten Produkten muss dokumentiert werden.

Allokation von Kuppelprodukten

Allokationen (Verteilungen von Aufwendungen auf unterschiedliche Produkte) sind soweit als möglich zu vermeiden.

Generell gilt der Grundsatz, dass die Allokation das Ziel des Prozesses widerspiegeln soll.

Beispiel:

Verschiedene Ansätze der Allokation (masse-, wertbezogen bzw. thermodynamische Kriterien) führen zu keinen signifikanten Unterschieden in den

Ergebnissen. Eine spezifische Festlegung ist deshalb nicht erforderlich; der gewählte Ansatz ist zu dokumentieren.

Allokation bei Multi-Input Prozessen

Verschiedene Produkte werden innerhalb eines Prozesses gemeinsam verarbeitet wie z. B. in einer Müllverbrennungsanlage oder einem Biomassekraftwerk oder einer Deponie. Die Allokation erfolgt auf der Basis einer physikalischen Zuordnung der Stoffströme. Gegebenfalls werden die Umweltauswirkungen, die mit den Inputs verknüpft sind, entsprechend der Art verteilt, wie sie den folgenden Produktionsprozess beeinflussen.

Allokation bei open und closed loop Recycling

Bei der Verwendung von Recyclingmaterial (z.B. Altglas) in der Herstellung ist die heutige marktspezifische Situation anzusetzen. Die Systemgrenze von Recyclingmaterial ist beim Einsammeln zu ziehen.

Intern wieder verwertete bzw. verwendete Produktionsabfälle werden als closed-loop Recycling modelliert.

Hinweis zur Nutzungsphase

Das Nutzungsstadium kann optional in der Ökobilanz berücksichtigt werden (s. unten).

Hinweise für die Bilanzierung des Produktes in einer Gebäudeerfassung können in der EPD unter dem entsprechenden Abschnitt gemacht werden.

Wahl des Entsorgungsverfahrens

Die Wahl des Entsorgungsverfahrens, z.B. für die Verpackungen oder als „End-of-life"-Szenario - hat sich am heutigen Stand der Technik zu orientieren. Die bilanzierten Entsorgungsverfahren sind zu dokumentieren.

Allokation bei der thermischen Verwertung

Gewonnene Energien aus der thermischen Verwertung von Produktionsabfällen, können mit einem Äquivalenz-Prozess gegengerechnet werden. Bei Produktionsstandorten in Deutschland ist für Strom aktueller durchschnittlicher „Strom Deutschland" für Wärme „thermische Energie aus Erdgas" unter Angabe des Bezugsjahrs zu verwenden.

Gutschriften aus der thermischen Verwertung von Verpackungen und anderen Produktionsabfällen (bei externer Verwertung) sind dem Lebensabschnitt „Herstellung" zu verrechnen.

Bei Produktionsstandorten außerhalb Deutschlands muss der jeweilige Standort, an dem die Energie bereitgestellt wird, berücksichtigt werden, ggf. Strom Frankreich, oder bei OECD Durchschnittsangaben Strom OECD.

2 Sachbilanz

Quantitative und qualitative Beschreibung der Einheitsprozesse

Die Modellierung der Ökobilanz zu Grunde liegenden Einheitsprozesse ist in transparenter Weise zu dokumentieren. Dies kann z.B. in tabellarischer Weise oder als Flussdiagramme (z.B. Screenshots aus Ökobilanzprogrammen) erfolgen.

Die Zuordnung der Firmendaten zu Datensätzen aus Ökobilanzprogrammen muss ersichtlich sein.

Die Zuordnung von Prozessdaten zu den (Unter-) Abschnitten des Lebenszyklus muss in der Ökobilanz ersichtlich sein.

Der Umgang mit Datenlücken und Modellen ist zu erläutern.

Werden mehrere Produkte in einer EPD deklariert, oder wird ein Produkt an mehreren Standorten hergestellt, so ist die Modellierung für jedes Produkt bzw. für jeden Standort darzustellen sowie die Wichtung der Datensätze zu dokumentieren.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Datenerhebung und –verarbeitung

Die Art der Datenerhebung und –verarbeitung ist zu dokumentieren.

Indikatoren der Sachbilanz

Folgende Aggregationsgrößen der Sachbilanz (Energie und Abfälle) sind daraus zu errechnen und auf die deklarierte Einheit bezogen darzustellen:

Primärenergieverbrauch (Input-seitig)

- Primärenergie nicht erneuerbar,
- Primärenergie erneuerbar,
- Energien aus Sekundärbrennstoffen.

Abfälle (Output-seitig)

- Abraum/Haldengut (abgelagert),
- Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (abgelagert),
- Sonderabfälle (abgelagert),
- Radioaktive Abfälle (abgelagert).

Für die Darstellung der Sachbilanz gelten folgende Regeln:

Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen (MJ), gegliedert in %:

- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Erdöl
- Uran

Primärenergie aus regenerierbaren Quellen in (MJ), gegliedert in %:

- Wasserkraft
- Windkraft
- Sonnennutzung (Solarenergie)
- Biomasse (Energieinhalt)

Sekundärbrennstoffe (zu spezifizieren) (MJ)

Wassernutzung (m^3)

3 Wirkungsabschätzung

Indikatoren der Wirkungsabschätzung

Folgende Indikatoren der Wirkungsabschätzung sind zu errechnen und auf die deklarierte Einheit bezogen darzustellen:

- Treibhauspotential (GWP)
- Ozonabbaupotential (ODP)
- Versauerungspotential (AP)
- Überdüngungspotential (NP)
- Bodennahes Ozonbildungspotential (POCP)

Optional können in der Langfassung Angaben zu weiteren Umweltwirkungen, wie z.B. zum Verbrauch abiotischer Ressourcen, Öko- oder Humantoxizität, Flächeninanspruchnahme, etc. gemacht werden.

4 Interpretation

Interpretation

Die Aggregationsgrößen der Sachbilanz und die Indikatoren der Wirkungsabschätzung sollen bezogen auf die deklarierte Einheit unter Angabe von Spezifikationen, die das Ergebnis wesentlich beeinflussen, interpretiert werden.

Für die Prüfung der Deklaration soll eine Dominanzanalyse durchgeführt werden. Hierzu sind Primärenergie und Wirkkategorien nach den relevanten Einflüssen aufzuteilen.

Der Einfluß von Annahmen auf Grund von Datenlücken oder sonstigen Unsicherheiten sind mit einer Sensitivitätsanalyse abzuschätzen, sofern die Annahmen für das Ergebnis relevant sind.

Vergleiche von unterschiedlichen Baustoffen in einer EPD sind nicht zulässig.

5 Literaturnachweis

IBU 2006	Leitfaden Umwelt-Produktdeklarationen (Ausgabe 20.01.2006) für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.bau-umwelt.com
Gabi 2009	GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung, LBP Universität Stuttgart und PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen 1992 – 2009, www.gabi-software.com
Eyerer und Reinhardt 2000	Eyerer P., Reinhardt, H.-W. (Hrsg.): Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden – Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung, Birkhäuser Verlag, Basel 2000
DETAIL Green 2009	König, H., Kohler, N., Kreißig, J., Lützkendorf, T.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung - Grundlagen Berechnung Planungswerkzeuge. Verlag: Detail Green Books 2009. ISBN: 978-3-920034-30-0
BBS 1997	Bundesverband Baustoffe, Steine und Erden (Hrsg.): Leitfaden zur Erstellung von Sachbilanzen in Betrieben der Steine-Erden-Industrie, Frankfurt, 1997.
BMVBS 2001	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin, 2001.

Normen und Gesetze

ISO 14025	ISO 14025: 2007-10, Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren (ISO 14025:2006); Text Deutsch und Englisch
DIN EN ISO 14040	DIN EN ISO 14040:2006-10, Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006
DIN EN ISO 14044	DIN EN ISO 14044:2006-10, Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14044:2006

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Produktgruppe	**PGF Fenster und Türen**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

DIN EN 14351-1	Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit; Deutsche Fassung EN 14351-1:2006
prEN 14351-2	Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 2: Innentüren ohne Feuerschutz – und/oder Rauchdichtheitseigenschaften
prEN 16034.	Fenser, Türen und Tore - Produktnorm, Leistungseigenschaften - Feuerwiderstand und/oder Rauchdichtigkeit
DIN EN 13501-1	DIN EN 13501-1:2007-05, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten; Deutsche Fassung EN 13501-1:2007
DIN 4102-1	DIN 4102-1:1998-05, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
E DIN EN 13419-1	E DIN EN 13419-1: 2003-01, Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen. Teil 1: Emissionsprüfkammer-Verfahren.
DIN V ENV 13419 T2	DIN V ENV 13419-2: 2003-01, Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen. Teil 2: Emissionszellen-Verfahren
ISO 16000-3	ISO 16000-3:2002-08, Innenraumluftverunreinigungen - Teil 3: Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen; Probenahme mit einer Pumpe (ISO 16000-3:2001)
DIN ISO 16000-6	DIN ISO 16000-6:2004-12, Innenraumluftverunreinigungen - Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf TENAX TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS/FID (ISO 16000-6:2004)
Ö-Norm 5200	OENORM S 5200:2009-04-01, Radioaktivität in Baumaterialien
DIN EN 12457/1-4	DIN EN 12457-1:2003-01, Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 1: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 2 l/kg und einer Korngröße unter 4 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung); Deutsche Fassung EN 12457-1:2002 DIN EN 12457-2:2003-01, Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 2: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg und einer Korngröße unter 4 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung); Deutsche Fassung EN 12457-2:2002 DIN EN 12457-3:2003-01, Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmunguntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 3: Zweistufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits/Feststoffverhältnis von 2 l/kg und 8 l/kg für Materialien mit hohem Feststoffgehalt und einer Korngröße unter 4 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung); Deutsche Fassung EN 12457-3:2002 DIN EN 12457-4:2003-01, Charakterisierung von Abfällen - Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung für die Auslaugung von körnigen Abfällen und Schlämmen - Teil 4: Einstufiges Schüttelverfahren mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 10 l/kg für Materialien mit einer Korngröße unter 10 mm (ohne oder mit Korngrößenreduzierung); Deutsche Fassung EN 12457-4:2002
DIN/CEN TS	DIN/CEN TS 14405:2004-09, Charakterisierung von Abfällen - Auslau-

Produktgruppe	**PGF Fenster und Türen**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

14405	gungsverhalten - Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom (unter festgelegten Bedingungen); Deutsche Fassung CEN/TS 14405:2004
VDI 2243	VDI 2243: 2002-07, Recyclingorientierte Produktentwicklung
RL 2009/2/EG (Anpassung der RL 67/548/EWG)	Richtlinie 2009/2/EG der Kommission (15. Januar 2009) zur 31. Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt
Chemikaliengesetzt - ChemG	Allgemeines Gefahrstoffrecht = Gesamtheit aller Regelungen zum Schutz vom Mensch/Umwelt vor schädlichen Stoffen → Unterteilt sich in Chemikaliengesetzt und eine Reihe von Verordnungen; hier relevant: Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG), 2. Juli 2008 (BGBl. I S.1146)
Bundesimmissionsschutzgesezt - BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen (Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG), 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830)
Arbeitsschutzgesetz - ArbSchG	Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit, (Arbeitsschutzgesetz ArbSchG), 5. Februar 2009 (BGBl. I S. 160, 270)
RAL-Montage	Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren
Gefahrstoffverordnung - GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV), 23. Dezember 2004 (BGBl. I S 3758)
Chemikalien-Verbotsverordnung - ChemVerbotsV	Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien- Verbotsverordnung - ChemVerbotsV), 21. Juli 2008 (BGBl. I S. 1328)
PCR Schlösser und Beschläge	PCR Schlösser und Beschläge, Product Category Rules
PCR Windows	PRODUCT CATEGORY RULES (PCR) for preparing an environmental product declaration (EPD) for WINDOWS: Frames, transparent surfaces, shutters, PCR 2008:03
EPD of Windows	EPD of Windows of Cormo
PCR Glas	PCR Flachglas im Bauwesen

Die Datensätze die in der EPD veröffentlicht werden, werden zusätzlich in dem elektronischen XML-Format zur Verfügung gestellt, wie sie in der Ökobau.dat gebraucht werden.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Impressum

Projektführende Stelle:

ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

Projektpartner:

Bundesverband Flachglas e.V.

Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

Fachverband Schlösser und Beschläge e.V.

Offerstraße 12
42551 Velbert

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.

Am Hofgarten 1-2
53113 Bonn

Verband Fenster + Fassade

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Rheinufer 108
53639 Königswinter

PE International GmbH

Hauptstraße 111 – 113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Produktgruppe	**PGF Fenster und Türen**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Das PCR-Dokument stellt ein Ergebnis des Forschungsprojektes „Entwicklung von Umwelt-produktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden" dar. Dieses wurde gefördert durch:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau"

Bundesinstitut für Bau-, und Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Layout:
PE INTERNATIONAL GmbH

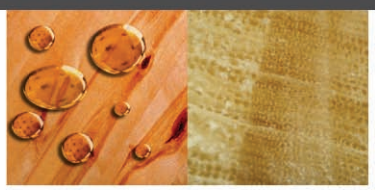
Bildnachweis:
WERU AG

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

EPD Holzfenster

Umwelt-Produktdeklaration

nach DIN ISO 14025



Holzfenster gemäß EN 14351-1

Deklarationsnummer
EPD-UMC-2010111-D

Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com

Institut Bauen und Umwelt e.V.

	Kurzfassung **Umwelt-Produktdeklaration** ***Environmental Product-Declaration***
Institut Bauen und Umwelt e.V. www.bau-umwelt.com	**Programmhalter**
	Deklarationsinhaber
…	**Deklarationsnummer**
Holzfenster Diese Deklaration ist eine Umweltproduktdeklaration gemäß DIN ISO 14025 und beschreibt die spezifischen Umweltwirkungen von Holzfenstern. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offengelegt. Die Deklaration beruht auf dem PCR Dokument „Fenster und Türen".	**Deklarierte Bauprodukte**
Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Instituts Bauen und Umwelt e.V. Es gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.	**Gültigkeit**
Die **Deklaration** ist vollständig und beinhaltet in ausführlicher Form: - bauphysikalische Angaben, - Angaben zu Grundstoffen und Stoffherkunft, - Beschreibungen zur Produktherstellung, - Hinweise zur Produktverarbeitung, - Angaben zum Nutzungszustand, außergewöhnlichen Einwirkungen und Nachnutzungsphase - Ökobilanzergebnisse - Nachweise und Prüfungen.	**Inhalt der Deklaration**

2. Februar 2010		**Ausstellungsdatum**
		Unterschriften
Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident der IBU)		
Diese Deklaration und die zugrunde gelegten Regeln wurden gemäß DIN ISO 14025 durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.		**Prüfung der Deklaration**
		Unterschriften
Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA)	Dr. Frank Werner (Prüfer vom SVA bestellt)	

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

	Kurzfassung Umwelt-Produktdeklaration *Environmental Product-Declaration*

• Gemäß EN 14351-1 • Profilsystem IV 68, IV 78, IV 92 aus lamellierten Kanteln (Massivholz) mit deckender oder lasierender Oberflächenbeschichtung • Regenschutzschiene aus Aluminium • Flügelfalzdichtung und Überschlagdichtung aus EPDM/TPE/TPV • Verglasungsdichtung aus spritzbarem Dichtstoff (z.B. Silikon) oder EPDM/TPE/TPV • Mehrscheiben-Isolierglas entsprechend EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas • Flachglas (FG), Einscheibensicherheitsglas (ESG) und Verbundsicherheitsglas (VSG) entsprechend EPD FG, ESG und VSG • Beschläge entsprechend EPD Fensterbeschläge	**Produktbeschreibung**
Holzfenster zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden.	**Anwendungsbereich**
Die **Ökobilanz** wurde nach DIN EN ISO 14040 ff durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten von verschiedenen Firmen, generische Daten der Datenbank „GaBi 4" herangezogen. Die Ökobilanz wurde für alle Lebenszyklusphasen unter Berücksichtigung sämtlicher Vorketten wie Rohstoffgewinnung, Energiebereitstellung und Transporte („cradle to grave") durchgeführt. Die Bauphase, Nutzung durch Heizwärmebedarf (B1), Reinigung, Instandhaltung und Renovierung (B2-B7), End of life (C) sowie potentielle Gutschriften für einen weiteren Lebenszyklus (D) sind als Szenarien dargestellt. Für die in nachfolgender Tabelle dargestellten Umweltwirkungen wurde ein Grundszenario festgelegt.	**Rahmen der Ökobilanz**

Ergebnisse der Ökobilanz

1 m² Holz-Fenster		Herstellung (A)	Nutzung (B1)	Nutzung (B2-B7)	End of Life (C)	Recycling-potential (D)
Primärenergie n. erneuerbar	[MJ]	1089	9061	840	16	-514
Primärenergie erneuerbar	[MJ]	436	4	31	0	-19
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO_2-Äqv.]	39	540	54	29	-41
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	5,2E-06	8,3E-07	2,6E-06	8,5E-09	-9,4E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	0,260	0,421	0,251	0,007	-0,155
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO_4-Äqv.]	0,0345	0,0624	0,0309	0,0021	-0,0185
Sommersmogpotential (POCP)	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,0305	0,0505	0,0551	0,0006	0,0014

Erstellt durch das **Ift** Rosenheim, in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Flachglas e.V., dem Fachverband Schloss und Beschlagsindustrie e.V., dem Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V. und dem Verband Fenster + Fassade. Die Ökobilanz wurde erstellt durch die PE International GmbH. Programmhalter ist das Institut Bauen und Umwelt e.V. Gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau des BMVBS.	
Zusätzlich sind die folgenden **Nachweise und Prüfungen** in der Umweltdeklaration dargestellt: nicht relevant	**Nachweise und Prüfungen**

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration

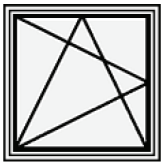
Produktgruppe	Holzfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		07-10-2010
Deklarationsnummer:		

Geltungsbereich Diese Durchschnitts-Umwelt-Produktdeklaration gilt für Holzfenster nach EN 14351-1 inkl. Oberflächenbeschichtung, Dichtungen, Dichtstoffen, Mehrscheiben-Isolierglas, Beschläge.

Das verwendete MIG gilt für Verbunde mit bis zu 12mm Gesamtglasdicke. Abweichende Verglasungen können mithilfe der EPD FG, ESG und VSG berechnet werden. Bei Verwendung von ESG/VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu betrachten.

1 Produktdefinition

Produktdefinition Diese EPD ist gültig für Holzfenster gemäß EN 14351-1 unabhängig ihrer Größe. Die Berechnung der Ökobilanz erfolgte anhand der in EN 14351-1 definierten Standardgröße von 1,23 m x 1,48 m.



Produktbeschreibung:

Profilsystem	IV68, IV78, IV 92
Öffnungsart / Öffnungsrichtung	Dreh, Kipp, Drehkipp nach innen oder außen öffnend
Rahmenmaterial	lamellierte Kanteln aus Massivholz oder Vollholz
Blendrahmenaußenmaß	größenunabhängig
Falzausbildung	
Falzentwässerung	Regenschutzschiene aus Aluminium
Falzdichtung	
Mitte	Dichtungsmaterial aus EPDM oder TPE oder TPV
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM oder TPE oder TPV
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM oder TPE oder TPV
Oberflächenbeschichtung	

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Holzfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		07-10-2010
Deklarationsnummer:		

Typ	**Deckende Beschichtung mit wasserverdünn-**baren Beschichtungssystemen, Mindesttrockenschichtdicke 100 µm im sichtbaren Bereich oder Lasierende Beschichtung mit wasserverdünnbaren Beschichtungssystemen, Mindesttrockenschichtdicke 80 µm im sichtbaren Bereich
Füllung	
Typ	Mehrscheiben-Isolierglas 2-fach oder 3-fach entsprechend EPD Flachglas im Bauwesen
Einbau der Füllungen	
Verglasungsdichtung	
außen	Dichtungsmaterial aus Silikon oder aus EPDM/TPE/TPV
innen	spritzbares Dichtungsmaterial aus Silikon oder aus EPDM/TPE/TPV
Beschläge	
Typ	Beschläge entsprechend EPD Fensterbeschläge

Diese EPD gilt nicht für:

- Dachflächenfenster, da sich diese konstruktiv zu sehr von den deklarierten Fenstern unterscheiden
- Structural glazing
- Fenster aus modifizierten Hölzern
- Fenster aus Hölzern, die aus Raubbau stammen
- Fenster mit in den Rahmenprofilen integrierten Dämmstoffen

Zusatzbauteile wie äußere bzw. innere Abschlüsse wie z.B. Rollläden, Sonnenschutzvorrichtungen, Rollladenkästen sind gesondert zu berücksichtigen

Zusätzliche Angaben für den Architekten:

- Bautiefe: ca. 68 mm bzw. 78 mm bzw. 92 mm
- Rahmenansichtsbreite ca. 100 mm bis 145 mm
- Dichtung: Mitteldichtung und ggf. innere Überschlagsdichtung, zusätzliche Außendichtung möglich

Zusätzlich sind die jeweiligen Systembeschreibungen des Herstellers zu berücksichtigen.

Anwendung	Holzfenster zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden
Produktnorm / Zulassung	EN 14351-1
Gütesicherung	Entsprechend RAL-GZ 695. Nachweis muss durch den Hersteller erfolgen.

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

Bautechnische Eigenschaften

Eigenschaft	Prüf bzw. Klassifizierungsnorm	Bezeichnung	Einheit	Klasse/Festgestellter Wert
Wärmeschutz	EN 10077-1 bzw. EN 12567-1	Wärmedurchgangskoeffizient U_w	W/m²*K	0,8 – 3,0
Strahlungseigenschaften	EN 410	Gesamtenergiedurchlassgrad g Lichttransmissionsgrad τ_v		0,20 – 0,70 0,30 – 0,80
Luftdurchlässigkeit	EN 12207	Klasse der Luftdurchlässigkeit		1 – 4
Schlagregendichtheit	EN 12208	Klasse der Schlagregendichtheit		1A – 9A bzw. Exxx
Schallschutz	EN 140-3 oder EN 14351-1 Anhang B	Bewertetes Schalldämmmaß R_w	dB	25 - 52
Widerstandsfähigkeit gegen Windlast	EN 12210	Klasse der Durchbiegung Klasse des Prüfdrucks		A – C bzw. E 1 – 5 bzw. xxx

Die spezifischen Daten sind dem jeweiligen CE-Kennzeichen zu entnehmen.

2 Grundstoffe

Grundstoffe/ Vorprodukte

Werkstoff		Masse [1]
Glas pro mm Glasdicke		2,5 kg/m²
Weichholz (Rohdichte 0,5 g/cm³)	IV 68 IV 78 IV 92	2,1 kg/m 2,7 kg/m 3,8 kg/m
Hartholz (Rohdichte 0,7 g/cm³)	IV 68 IV 78 IV 92	2,9 kg/m 3,8 kg/m 5,3 kg/m
Glashalteleiste		0,1 – 0,3 kg/m
Wetterschutzschiene		0,3 – 0,6 kg/m
Dichtprofile bzw. Dichtstoffe		0,1 kg/m
Beschlag		

[1] Angaben sind Anhaltswerte

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Hilfsstoffe / Zusatzmittel	Schmierstoffe (Beschlag), Klebstoff für Rahmeneckverbindung
Stofferläuterung	Für die Herstellung von Holzfensterprofilen wurde EN 14220 berücksichtigt. Dabei sind die besonderen Anforderungen an die Holzarten und ihre Qualität bezüglich der Mindest-Rohdichte, Wachstumseigenschaften, Jahrringlage, Standhaftigkeit, Dauerhaftigkeit und Witterungsbeständigkeit gem. VFF-Merkblatt HO.02 und HO.06 berücksichtigt worden. Die Lamellierung der Holzfensterprofile ist gemäß der Richtlinie „Lamellierung von Profilen für Holzfenster“ (**ift**-HO-10/1) des **ift** Rosenheim ausgeführt. Die Oberflächenbeschichtung ist mit einer Mindesttrockenschichtdicke von 80 µm (lasierend) und 100 µm (deckend) im Sichtbereich ausgeführt. Dabei ist auch ein entsprechender UV-Schutz enthalten.
Rohstoffgewinnung und Stoffherkunft	Hinweis: Heimische Hölzer werden aus verschiedenen Gebieten in Europa bezogen. Hölzer von außerhalb Europas führen den Nachweis einer entsprechenden FSC und/oder PEFC Zertifizierung oder vergleichbar.
Regionale und allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe	Da Holz aus nachhaltigem Anbau bezogen wird, ist die Verfügbarkeit der Hölzer praktisch unbegrenzt.

3 Produktherstellung

Produktherstellung	**Holzkantelherstellung:** Zuschnitt: Zuschnitt der Lamellen aus Holzbrettern. Trocknung: Trocknung der Lamellen in der Trockenkammer. Hobeln: Hobeln der Lamellen. Scannen und Abkappen: Scannen der Lamellen auf Holzfehler (Aststellen, Risse) und herausschneiden der Fehler. Anfräsen der Kronenfuge und verleimen der Stücke zu einer Lamelle. Abkappung der Lamellen auf eine Standardlänge. Lamellierung: Verleimung der Lamellen zu einer Fensterrohkantel. Nachbearbeitung: Planhobeln der verleimten Kanteln. Profilierung der Kanteln

Holzfensterherstellung:

Profilierung:

Die eingehenden Holzkanteln bzw. Vollholzprofile werden profiliert.

Ablängen der Profile.

Rahmeneckverbindung:

Fräsen bzw. Bohren der Rahmeneckverbindung

Verleimung:

Verleimung und Pressen der Rahmen.

Falzung:

Falzfräsung und Bohrung der Beschlagsaussparungen

Oberflächenbeschichtung:

Grundieren und Lackieren der Rahmen nach unterschiedlichen Applikationsverfahren Üblich ist das Tauch- Sprüh- und Streichverfahren.

Trocknung:

Trocknung des lackierten Rahmens in Abhängigkeit des Lacksystems. Wärmetrockner oder Raumlufttrocknung.

Endmontage:

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

	Endmontage aller Fensterkomponenten, wie beispielsweise Dichtungen, Beschläge, Glas. Anschließende Endkontrolle der Fenster.
Gesundheits-schutz Herstellung	**Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen/-belastungen während des Herstellungsprozesses:** Während des gesamten Herstellungsprozesses sind keine über die rechtlich festgelegten Arbeitsschutzmaßnahmen für Gewerbetreibende hinausgehende Maßnahmen zum Gesundheitsschutz erforderlich.
Umweltschutz Herstellung	**Maßnahmen zur Reduzierung der durch den Herstellungsprozess ausgelösten Umweltbelastung:** **Luft:** Die behördlich festgesetzten Grenzwerte werden eingehalten. **Wasser/Boden:** Belastungen von Wasser und Boden entstehen nicht. Farbreste werden gemäß der gesetzlichen Anforderungen entsorgt.

Lärm:
Die Schallemissionen liegen nicht über den gesetzlichen Anforderungen.

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungs-empfehlungen	**Allgemeine Grundsätze:** Die Planung und Ausführung der Montage erfolgt entsprechend dem Stand der Technik (z.B. gemäß RAL-Leitfaden zur „*Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Außentüren*"). Die Hinweise und Empfehlungen aus den Systembeschreibungen bzw. Begleitdokumenten des Herstellers sind zu beachten.
Arbeitsschutz	**Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes**: Bei der Montage von Holzfenstern sind keine über die üblichen Arbeitsschutzmaßnahmen (wie z.B. Schutzhandschuhe) hinausgehenden Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit zu treffen.
Umweltschutz	**Maßnahmen des Umweltschutzes**: Durch Verarbeitung/Montage der genannten Produkte werden keine nennenswerten Umweltbelastungen ausgelöst. Besondere Maßnahmen zum Schutz der Umwelt sind nicht zu treffen.
Restmaterial	Restmaterialien sind zu vermeiden bzw. getrennt zu verwerten.
Verpackung	Verpackungsmaterialien werden sortenrein getrennt und mit dem Gewerbeabfall entsorgt.

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe	Es sind keine gefährdenden Inhaltsstoffe bekannt, die zu einer Belastung der Umwelt führen können.
Wirkungs-beziehungen Umwelt - Gesundheit	Es sind keine erhöhten Belastungen aus Holzfenstern für Umwelt bzw. Gesundheit bekannt.
Beständigkeit/ Nutzungszustand	Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch und Instandhaltung ist eine mittlere technische Nutzungsdauer von 50 Jahren anzusetzen. Die Fenster müssen je nach Beanspruchung, Farbton und Holzart alle 2 bis 10 Jahre und mehr neu gestrichen werden (s. VFF-Merkblatt HO.01).

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand	Das Fenster besteht aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen (Klasse E nach DIN EN 13501-1 oder Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1).
Wasser	Bei Hochwasser emittieren keine gefährlichen Inhaltsstoffe in das Wasser.

7 Nachnutzungsphase

Recycling	Ein Recycling von Holzfenstern ist nicht vorgesehen. Das Glas wird von den restlichen Fensterbauteilen getrennt und sortenrein recycelt.
Verwertung	Nach Ende der Gebrauchsphase/Nutzungsdauer werden Holzfenster (ausgenommen Glas) gemäß Altholzverordnung als Gebrauchsholz eingestuft. Im Regelfall erfolgt für Altholzfenster eine Einteilung in die Kategorie A IV. Somit werden Holzfenster gemäß 17. BImSchG in einer MVA energetisch verwertet.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Entsorgung Fensterkomponenten werden nicht entsorgt bzw. deponiert.
Abfallschlüssel für Abfälle aus der Holzverarbeitung ist 03 01.

8 Ökobilanz

8.1 Angaben zur Systemdefinition und Modellierung des Lebenszyklus

Deklarierte Einheit Die Deklaration bezieht sich auf den Lebenszyklus von 1 m² Holzfenster basierend auf den Standardmaßen 1,23 x 1,48 m.

Systemgrenzen Die Lebenszyklusanalyse für Holzfenster betrachtet alle Lebenswegabschnitte (cradle to grave), d.h. Herstellung, Nutzung und Lebensende.

In die **Herstellung (A)** sind eingeschlossen:

- Rohstoffgewinnung (A1)
- Transportwege während der Herstellphase (A2)
- Fertigung der Holzfensterkomponenten (A3)
- die Herstellung des Produkts (Strom, thermische Energie, Hilfsstoffe) (A3)
- Verpackung (A3) und EoL der Verpackung (einschließlich Gutschriften für Strom und thermische Energie) (A5)
- Szenario für den Transport zur Baustelle (A4)
- Szenario für die Montage (A5)

Die Systemgrenzen für das End of Life beziehen sich auf den Lebenswegabschnitt der Verwertung, d. h. die thermische Verwertung der Holzfenster in einer MVA gemäß 17. BImSchV.

Für die Nutzung werden Szenarien für durch das Fenster induzierte Aufwendungen (B1, anteiliger Energiebedarf des Gebäudes)) und das Fenster selbst betreffende Aufwendungen (B2 – B7, d.h. Unterhalt, Instandhaltung und Renovierung über 50 Jahre) unterschieden.

Zum Lebensende sind Szenarien für Rückbau, Verwertung und Entsorgung (C1-C4) sowie das Recyclingpotential (D) beinhaltet.

Im Anhang sind für alle Szenarien (A4, A5, B1 – B7, C1 – C4) je Modul verschiedene Grundszenarien dargestellt, welche die meisten wesentlichen Möglichkeiten für das jeweilige Modul abdecken.

Annahmen und Abschätzungen Die Datengrundlage basiert auf Datenaufnahmen aus verschiedenen Herstellerwerken. Sie geben typische Daten der Branche wieder. Die Werte wurden über die Produktionsmenge gewichtet gemittelt.

Während der Produktion anfallende Holzreste werden durch die Hersteller intern thermisch verwertet und die gewonnen Energien im Produktionsprozess eingesetzt.

Abschneidekriterium Es wurden alle Daten aus den Betriebsdatenerhebungen, d.h. alle eingesetzten Ausgangsstoffe und Vorprodukte, elektrische Energie und Wärme sowie alle direkten Produktionsabfälle sowie alle zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen in der Bilanzierung berücksichtigt. Für alle relevanten In- und Outputs wurden Transportaufwendungen berücksichtigt. Damit wurden auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von deutlich kleiner als ein Prozent berücksichtigt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5% der Wirkkategorien nicht übersteigt.

Transporte Transporte der Roh- und Hilfsstoffe in der Hinsicht der Herstellung des Produktes werden berücksichtigt, ebenso Transporte in der Nachnutzungsphase.

Betrachtungszeitraum Die Datengrundlage der vorliegenden Ökobilanz beruht für die wesentlichen Teile auf den Jahren 2009 und 2010.

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Holzfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		07-10-2010
Deklarationsnummer:		

Hintergrund-daten	Zur Modellierung des Lebenszyklus für die Herstellung und thermische Verwertung von Holzfenstern wurde das von der PE INTERNATIONAL GmbH entwickelte Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die Fensterherstellung relevanten Hintergrund-Datensätze wurden der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen.
Datenqualität	Das Alter der verwendeten Daten liegt unter 7 Jahren.
Allokation	Das Recyclingpotenzial wurde nach der Anforderung des PCR Dokuments „Fenster und Türen“ berechnet. Es beschreibt den ökologischen Wert der „Anreicherung“ eines Materials in der „Technosphäre“. Es stellt dar, wie viele Umweltlasten dadurch im Verhältnis zur Neuerzeugung des Materials eingespart werden können (Erzeugung Strom und Wärme, Recycling von Metallen und Reduktion des Rohstoffeinsatzes in der Glasindustrie). Dichtungen werden ebenfalls einer thermischen Verwertung zugeführt und erhalten analog Gutschriften für Strom und thermische Energie aus Erdgas. Nicht verwertete Reststoffe werden in einer gemischten MVA verbrannt bzw. auf einer geeigneten Deponie abgelagert und die Lasten inputspezifisch zugerechnet.
Nutzungsphase	Die Nutzungsphase des Holzfensters wird mittels Szenarien abgebildet. Zur Charakterisierung energetischen Performance des Fensters wird eine Berechnung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 (Heizperiodenverfahren) durchgeführt. Dabei werden Transmissionswärmeverluste und solare Gewinne verrechnet, innere Gewinne des Gebäudes sowie Lüftungswärmeverluste werden nicht dem Fenster zugerechnet. Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde mit verbesserte Wärmedämmung (**B1.1.2**) mit U_w=1,0; g=0,5; τ_V =0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre für einen Anteil von 35% Süd-, je 25% Ost- und West- und 15% Nordfenster gerechnet. Es wird vorausgesetzt, dass die baulichen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 erfüllt sind, d.h. keine Kühlung im Sommer notwendig ist. Der Heizwärmebedarf wird durch eine Gasheizung gedeckt. Im Basisszenario wird ein häufiger manueller Reinigungsaufwand (**B1.2.3**) angenommen (manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich). In Bezug auf Instandhaltung (**B2.2**) und Instandsetzung/Reparatur (**B3.1**) wird von einer normalen Beanspruchung ausgegangen, die für Büro- bzw. öffentliche Gebäude gilt. Das Szenario sieht einen einmaligen Austausch von Mehrscheibenisolierglas, Beschläge und Dichtungen innerhalb einer Nutzungsdauer von 50 Jahren vor. Für das gesamte Fenster wird lt. Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS von einer Nutzungszeit von 50 Jahren ausgegangen, so dass kein Ersatz des gesamten Fensters notwendig ist (**B4**). Das Szenario Aufarbeitung/Renovierung sieht bei normaler Beanspruchung (**B5.2**) vor, dass das Fenster alle 6 Jahre aufgearbeitet und mit geeigneten Beschichtungen gestrichen wird. Die zugängliche zu beschichtende Oberfläche beträgt dabei etwa 45% der gesamten Oberfläche von Rahmen- und Flügel. Während des Betriebs wird manuelle Betätigung (**B6.1**) d.h. kein Energieverbrauch durch eine motorisierte Komponente angenommen. Ein Wasserverbrauch im Betrieb (**B7**) tritt nicht auf. Der Wasserverbrauch für die Reinigung wird im Modul B1.2.3 berücksichtigt.
Wahl des End-of-life Szenarios	Zusätzlich zur Herstellung wurde die Sammlung (**C1.1**) und thermische Verwertung bzw. das Recycling der Holzfenster (**C3.2**) berücksichtigt. Es wurde eine Sammelquote von 95% angenommen. Glas und Beschläge werden vom Rahmen getrennt und Recycelt. Dabei wird von einer Recyclingquote von 90 % für Glas und Metalle ausgegangen. Der beschichtete Holzrahmen wird in einer geeigneten Anlage thermisch verwertet. Alle nicht erfassten Fenstermengen sowie Restfraktionen aus dem Recycling werden als

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

„deponiert" modelliert (**C4.2**).

Gutschriften Das Recyclingpotential für das Holzfenster wird aus den bei der Holzverbrennung und Verbrennung der Dichtungen gewonnenen Energien (Strom-Mix und Wärme aus Erdgasfeuerung) den recycelten Metallen und der Verwertung der Glasscherben berechnet. Glasscherben ersetzen primäre Rohstoffe bei der Behälterglas- oder Glaswolleproduktion.

8.2 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

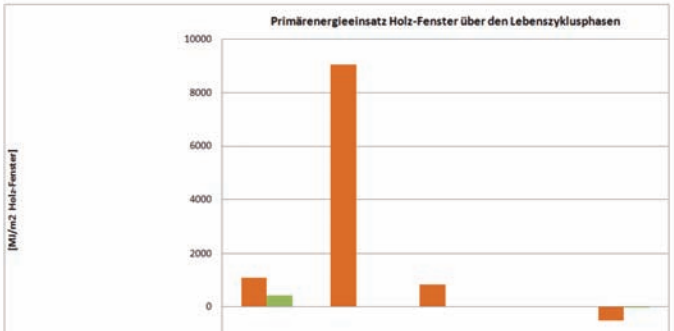
Sachbilanz Abbildung 1 zeigt den Primärenergieeinsatz für den Lebenszyklus von 1 m² Holzfenster.

Der Verbrauch nicht regenerativer Energie für die Herstellung liegt bei ca. 1089 MJ pro m² Holzfenster. Transport und Einbau beeinflussen den Primärenergieeinsatz nur marginal.

Der regenerative Energieverbrauch für die Herstellung von einem m² Holzfenster liegt bei 436 MJ.

Den größten Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie verursacht der über 50 Jahre induzierte Heizwärmebedarf (**B1**). Reinigung, Instandhaltung und -setzung und Renovierung (**B2-B7**) schlagen mit 77% des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung zu Buche.

Der Aufwand nicht erneuerbarer Primärenergie für Rückbau, Recycling und Entsorgung (**C**) ist gering, das Recyclingpotential (**D**) in etwa 47% der Herstellung.



	Herstellung (A)	Nutzung Energie (B1)	Nutzung (B2-B7)	End of Life (C)	Recycling-potential (D)
Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar [MJ]	1089	9061	840	16	-514
Primärenergieeinsatz erneuerbar [MJ]	436	4	31	0	-19

Abbildung 1: Primärenergieeinsatz der einzelnen Lebenszyklusphasen für die oben definierten Grundszenarien

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

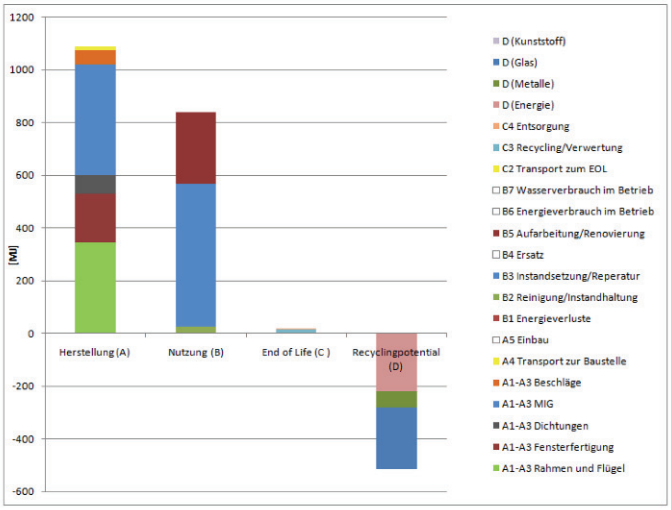


Abbildung 2: Nicht erneuerbarer Primärenergieeinsatz des Holzfenster-Lebenszyklus (ohne B1 - Heizwärmebedarf) nach Beiträgen und Lebenszyklusphasen

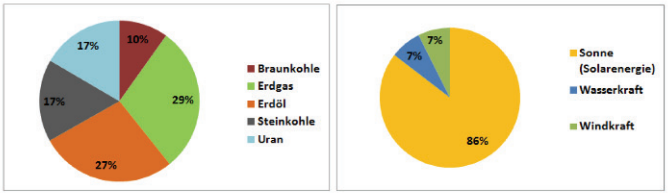


Abbildung 3: Aufteilung des nicht erneuerbaren und des erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung des Holzfensters

Die detaillierte Auswertung (Abbildung 3) der genutzten Energiequellen der Herstellung des Holzfensters zeigt, dass bei den nicht erneuerbaren Quellen Erdgas, Erdöl und Kohle zu etwa gleichen Anteilen benötigt werden, Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt. Erneuerbare Primärenergie wird überwiegend für das Holzwachstum (Solarenergie) benötigt, Wasserkraft und Windenergie sind im deutschen Strom-Mix enthalten.

Die nachfolgende Tabelle stellt den Primärenergieeinsatz für die einzelnen Module des Lebenszyklus dar.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

Tabelle 1: Übersicht Primärenergieeinsatz Herstellung und End of Life

Primärenergieeinsatz			
		nicht erneuerbar [MJ]	erneuerbar [MJ]
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	1074	436
	A4 Transport zur Baustelle	16	0
	A5 Einbau	0	0
B Nutzung	B1 Energieverluste	9061	4
	B2 Reinigung/Instandhaltung	26	2
	B3 Instandsetzung/Reperatur	543	24
	B4 Ersatz	0	0
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	272	5
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0	0
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb	0	0
C End of Life	C1 Rückbau	0	0
	C2 Transport zum EOL	3	0
	C3 Recycling/Verwertung	12	0
	C4 Entsorgung	1	0
D Recyclingpotential		-514	-19

Im Lebenszyklus des Fensters werden ca. 0,8 m^3 Wasser verbraucht, der größte Anteil während der Nutzung zur Fensterreinigung.

Wasser

Tabelle 2: Wasserverbrauch des Holzfensters über den Lebenszyklus

1 m^2 Holzfenster					
		[Herstellung (A)	Nutzung (B)	End of Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Wassernutzung	**[kg]**	**172**	**665**	**24**	**-51**

Die Auswertung des Abfallaufkommens zur Herstellung von einem m^2 Holzfenster wird getrennt für die Fraktionen Abraum/Haldengüter, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sonderabfälle und radioaktive Abfälle dargestellt. Da die Abfallbehandlung innerhalb der Systemgrenzen modelliert ist, sind die dargestellten Mengen die abgelagerten Abfälle.

Abfälle

Tabelle 3: Abfallaufkommen des Holzfensters über den Lebenszyklus

1 m^2 Holzfenster					
		[Herstellung (A)	Nutzung (B)	End of Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Abraum/ Haldengüter	**[kg]**	206	174	8	-85
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	**[kg]**	0,082	0,733	0,000	0,019

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

Sonderabfälle	**[kg]**	0,374	0,205	0,058	-0,139
Radioaktive Abfälle	**[kg]**	0,064	0,041	0,000	-0,012

Die radioaktiven Abfälle sind ausschließlich durch den Stromverbrauch (Kernkraft) bedingt.

Wirkungs-abschätzung

Die folgende Abbildung zeigt die Umweltwirkungen von 1 m² Holzfenster:

	[kg Sb-Äqv.] ADP elements	[kg CO2-Äqv.] GWP	[kg R11-Äqv.] ODP	[kg SO2-Äqv.] AP	[kg PO4-Äqv.] EP	[kg C2H4-Äqv.] POCP
Recyclingpotential (D)	-0,0019	-41,4	-9,39E-07	-0,1550	-0,0185	0,0014
End of Life (C)	2,64E-07	29,4	8,50E-09	0,0066	0,0021	0,0006
Nutzung (B)	0,0014	594,0	3,39E-06	0,6713	0,0933	0,1056
Herstellung (A)	0,0013	39,1	5,23E-06	0,2599	0,0345	0,0305

Abbildung 4: **Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Holzfenster (Lebenszyklusphasen)**

Tabelle 4: **Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Holzfenster**

Wirkungsabschätzung 1 m² Holz-Fenster		ADP elements	GWP	ODP	AP	EP	POCP
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	0,00135	38	5,2E-06	2,5E-01	0,0332	0,0300
	A4 Transport zur Baustelle	0,00000	1	2,0E-09	5,6E-03	0,0013	0,0006
	A5 Einbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
B Nutzung	B1 Energieverluste	0,00004	540	8,3E-07	4,2E-01	0,0624	0,0505
	B2 Reinigung/Instandhaltung	0,00000	1	6,0E-08	3,0E-03	0,0011	0,0010
	B3 Instandsetzung/Reperatur	0,00131	39	2,0E-06	1,7E-01	0,0246	0,0124
	B4 Ersatz	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0,00009	14	5,2E-07	8,0E-02	0,0052	0,0417
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb						
C End of Life	C1 Rückbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	C2 Transport zum EOL	0,00000	0	4,3E-10	7,4E-04	0,0002	0,0001
	C3 Recycling/Verwertung	0,00000	29	6,6E-09	5,3E-03	0,0014	0,0005
	C4 Entsorgung	0,00000	0	1,4E-09	6,0E-04	0,0005	0,0001
D Recyclingpotential		-0,00192	-41	-9,4E-07	-1,5E-01	-0,0185	0,0014

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Das Ressourcenverbrauchspotential ($ADP_{elements}$) wird durch die für die Glasgewinnung benötigten Rohstoffe sowie die eingesetzten Erze für den Beschlag bestimmt. Durch eine hohe Verwertungsquote ergibt sich dadurch ein deutlich erkennbares Recyclingpotential.

Das Treibhauspotenzial wird von Kohlendioxidemissionen dominiert. Den größten Beitrag liefern die Heizwärmeverluste. Das im Holz des Holzfensters eingebundene Kohlendioxid wird bei der thermischen Verwertung wieder freigesetzt.

Wesentlichsten Anteil am Ozonabbaupotenzial hat der Stromverbrauch während der Herstellung.

Zum Versauerungspotential tragen vor allem Schwefeldioxid und Stickoxidemissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung bei.

Das Überdüngungspotenzial wird durch Stickoxidemissionen dominiert.

Das Sommersmogpotenzial wird durch VOC-Emissionen der Lackierung des Fensters in Herstellung und Renovierung dominiert.

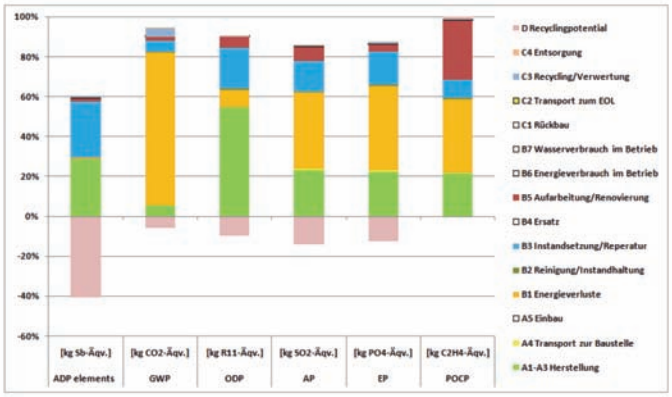


Abbildung 5: Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m^2 Holzfenster nach Einzelmodulen

9 Nachweise

Formaldehyd- und VOC-Emissionen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „*Untersuchung der Emissionen von Fenstern und Außentüren zur Bewertung des Verhaltens von Bauelementen in Bezug auf Hygiene, Umweltschutz und Gesundheit*“ (gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau) wurden Fenster und Fensterkomponenten auf ihr VOC-Emissionsverhalten durch umfangreiche Messungen durchgeführt. Sämtliche, im Rahmen des Vorhabens untersuchten Fenster und Fensterkomponenten erfüllen die Entscheidungskriterien des AgBB-Schemas [ift 2010].

In einem eigenständigen weiteren Vorhaben des Fraunhofer Instituts für Holzforschung WKI in Braunschweig wurden ebenfalls Untersuchungen von VOC Emissionen an Fensterelementen durchgeführt. Auch hier erfüllten die geprüften Fenster die Entscheidungskriterien des AgBB Schemas [WKI 2010].

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument Fenster und Türen.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025: ☐ intern ☒ extern
Validierung der Deklaration: Dr. Frank Werner

11 Literatur

IBU 2006	Leitfaden Umwelt-Produktdeklarationen (Ausgabe 20.01.2006) für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.bau-umwelt.com
BMVBW 2001	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin, 2001.
Gabi 2009	GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung, LBP Universität Stuttgart und PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen 1992 – 2009, www.gabi-software.com
ift-HO-10/1	**ift** Richtlinie – Massive, keilgezinkte und lamellierte Profile für Holzfenster- Anforderungen und Prüfung
RAL-Montage	Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren
PCR Schlösser und Beschläge	PCR Schlösser und Beschläge, Product Category Rules
PCR Flachglas im Bauwesen	PCR Flachglas im Bauwesen, Product Category Rules
EPD FG, ESG und VSG	EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas *in Arbeit*, EPD-xxx2011xxx
EPD 2-UND 3-SCHEIBENISOLIERGLAS	EPD 2-und 3-Scheibenisolierglas, Bundesverband Flachglas e.V. *in Arbeit*, EPD-xxx2011xxx
EPD FENSTERBESCHLÄGE	EPD Fensterbeschläge EPD-FVS-2011311-D des Fachverband Schloss- und Beschlagindustrie e.V.
HO.01 HO.02 HO.06	Klassifizierung von Beschichtungen für Holzfenster und -Haustüren Auswahl der Holzqualität für Holzfenster und -haustüren Holzarten für den Fensterbau
Normen und Gesetze	
DIN ISO 14025	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren
DIN EN ISO 14040	Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
DIN EN ISO 14044	Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

EN 14351-1/A1	**Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit**
EN ISO 10077-1	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines
EN ISO 12567-1	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens Teil 1: Komplette Fenster und Türen
EN 410	Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
EN 12207	Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung
EN 12208	Fenster und Türen – Schlagregendichtheit – Klassifizierung
EN 12210	Fenster und Türen- Widerstandsfähigkeit bei Windlast - Klassifizierung (enthält Berichtigung AC:2002)
EN 140-3	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen
EN 14220	Holz und Holzwerkstoffe in Außenfenstern, Außentüren und Außentürzargen - Anforderungen und Spezifikationen
EN 13501-1	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1 Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
DIN 4102-1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Bundesimmissionsschutzgesez - BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen (Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG), 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830)

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Holzfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		07-10-2010
Deklarationsnummer:		

Projektbeteiligte:

Bundesverband Flachglas e.V.

Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V.

Offerstraße 12
42551 Velbert

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Rheinufer 108
53639 Königswinter

ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

PE International GmbH

Hauptstraße 111 – 113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.

Am Hofgarten 1-2
53113 Bonn

Verband Fenster + Fassade

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Holzfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		07-10-2010
Deklarationsnummer:		

Das EPD-Dokument stellt ein Ergebnis des Forschungsprojektes „Entwicklung von Umwelt-produktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden" dar. Dieses wurde gefördert durch:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau"

**Bundesinstitut für Bau-, und Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)**

Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

Anhang: Beschreibung der Lebenszyklusszenarien für Fenster und Türen

Herstellungsphase			Baustadium		Nutzungsstadium							Nachnutzungsstadium				Recyclingpotential		
Rohstoffgewinnung	Transport	Herstellung	Transport	Einbau/Installation	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung/ Reparatur	Ersatz	Aufbereitung/Renovierung/Sanierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau	Transport	Wiederverwertung/ Recycling	Entsorgung/ Endlagerung	Wiederverwendung/	Wiederaufbereitung/	Recyclingpotential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		

Die Berechnung der Szenarien wurde unter Berücksichtigung einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (gemäß der Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen" des Informationsportals Nachhaltiges Bauen – Baustoff- und Gebäudedaten – „mittlerer Wert") vorgenommen.

A4 Transport vom Werkstor zur Baustelle

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A4.1	Kleinserien Direktvermarktung	7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.2	Kleinserien über lokale Hersteller	7,5 t LKW, voll ausgelastet 50 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.3	**Kleinserien über Händler**	**40 t LKW, voll ausgelastet 150 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück**
A4.4	Großprojekt	40 t LKW, voll ausgelastet (Deutschlandweit) ca. 150 km

1 m² Fenster		A4.1	A4.2	A4.3	A4.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	12	15	16	4
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	0	0
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	2,9E-08	3,6E-08	3,8E-08	9,0E-09
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,9	1,1	1,1	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,5E-09	1,9E-09	2,0E-09	4,7E-10
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0038	0,0047	0,0056	0,0018
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0009	0,0011	0,0013	0,0004
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0004	0,0005	0,0006	0,0002

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

A5 Einbau /Installation in das Gebäude (inkl. Hilfsmittel)

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A5.1	**händisch**	**Das Fenster wird ohne zusätzliche Hebe- und Hilfsmaßnahmen installiert!**
A5.2	kleiner Hebewagen	Für die Installation der Elemente wird eine kleine Hebebühne bzw. ein Hebewagen benötigt.
A5.3	Kran	Für die Installation der Elemente ist ein Kran erforderlich!

Einbau/Installation der Fenster als Bestandteil der Baustellenabwicklung wird auf Gebäudeebene erfasst.

B 1.1 Heizwärmebedarf

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.1.1	Standard	U_W=1,3; g=0,6; τ_V=0,8 über den Zeitraum von 50 Jahre
B1.1.2	**verbesserte Wärmedämmung**	**U_W=1,0; g=0,5; τ_V=0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre**
B1.1.3	hochwärmedämmend	U_W=0,8; g=0,5; τ_V=0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre
B1.1.4	Sonnenschutz-verglasung	U_W=1,3; g=0,3; τ_V=0,6 über den Zeitraum von 50 Jahre

* Sonnenschutzverglasungen werden in der Regel zu Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes als auch zur Reduzierung bzw. der Vermeidung von Energieaufwendungen zur Klimatisierung eingesetzt. Im Rahmen der Betrachtung des reinen Heizwärmebedarfs können diese Effekte nicht berücksichtigt werden.

1 m² Holzfenster		B1.1	B1.2	B1.3	B1.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	11238	9061	6552	16000
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	5	4	3	8
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	18	15	11	26
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	60	48	35	85
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0120	0,0097	0,0070	0,0171
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	4,7E-05	3,8E-05	2,7E-05	6,6E-05
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	669,7	540,0	390,4	953,5
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,0E-06	8,3E-07	6,0E-07	1,5E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,5218	0,4207	0,3042	0,7429
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0774	0,0624	0,0451	0,1102
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0626	0,0505	0,0365	0,0892

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

B 2.1 Reinigungsaufwand

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.2.1	selten manuell	unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, jährlich
B1.2.2	selten mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage, etc. – jährlich
B1.2.3	**häufig manuell**	**unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich**
B1.2.4	häufig mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage, etc. – ¼-jährlich

1 m² Holzfenster		B2.1.1	B2.1.2	B2.1.3	B2.1.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	6	31	22	49
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	4	2	5
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	133	520	532	2070
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	9	1	10
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0004	0,0005	0,0017	0,0017
Sonderabfälle	[kg]	0,0009	0,0041	0,0037	0,0068
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	7,2E-08	1,3E-07	2,9E-07	3,5E-07
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,2	1,7	0,6	2,2
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,4E-08	2,6E-07	5,8E-08	3,1E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0007	0,0029	0,0026	0,0050
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0003	0,0005	0,0011	0,0013
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0002	0,0004	0,0010	0,0012

B2.2 Instandhaltung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B2.1	**geringe Beanspruchung (z.B. Wohnungsbau)**	**2-jähriges Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen**
B2.2	normale Beanspruchung (z.B. Büro- bzw. öffentliche Gebäude)	jährliche Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen
B2.3	hohe Beanspruchung (z.B. Schulen und Hotels)	½-jährlich Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

1 m² Holzfenster		B2.2.1	B2.2.2	B2.2.3
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	4	7	15
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	1
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0001
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0001	0,0002
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,1E-08	2,2E-08	4,3E-08
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,1	0,1	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,9E-09	3,8E-09	7,5E-09
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0004	0,0007	0,0014
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0001
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0002

B3 Instandsetzung/Reparatur

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B3.1	normale Beanspruchung	Einmaliger Austausch; Beschläge, Dichtungen, Glas inkl. Glasdichtung ggf. Instandsetzen/Reparieren

1 m² Fenster		B3.1
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	543
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	24
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0
Wassernutzung	[kg]	93
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	104
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,7979
Sonderabfälle	[kg]	0,0725
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,3E-03
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	39,4
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	2,0E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,1675
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0246
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0124

B4 Ersatz

Bei der hier angesetzten Nutzungsdauer von 50 Jahren ist kein Fensterersatz vorgesehen

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

B5 Aufarbeitung/Renovierung/Sanieren

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B5.1	Keine Aufarbeitung	Metall- und Kunststoffrahmen
B5.2	**Deckende Beschichtung Nadelholz (Holzfenster)**	**Harzarm, normale direkte Bewitterung, alle 6 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite**
B5.3	Deckende Beschichtung Laubholz (Holzfenster)	Normale direkte Bewitterung, alle 8 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite
B5.4	Lasierende Beschichtung Nadelholz (Holzfenster)	Harzarm, normale direkte Bewitterung, alle 3 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite
B5.5	Lasierende Beschichtung Laubholz (Holzfenster)	normale direkte Bewitterung, alle 4 Jahre auf der Außenseite und alle 10 Jahre auf der Innenseite

1 m² Fenster		B5.1	B5.2	B5.3	B5.4	B5.5
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	0	272	236	363	303
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	5	5	9	7
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	25	22	37	31
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	21	18	20	17
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0	0,0458	0,0398	0,1419	0,1184
Sonderabfälle	[kg]	0	0,0893	0,0775	0,1230	0,1026
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	0	9,3E-05	8,1E-05	1,7E-05	1,4E-05
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0	13,9	12,0	17,6	14,7
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	0	5,2E-07	4,5E-07	5,9E-07	4,9E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0	0,0801	0,0695	0,0379	0,0316
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0	0,0052	0,0045	0,0070	0,0059
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0	0,0417	0,0361	0,0647	0,0540

B6 Energieverbrauch im Betrieb

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B6.1	**Handbetätigt**	**Kein Energieverbrauch im Betrieb**
B6.2	Kraftbetätigt	pro Antrieb: 0,33 Wh; 1 mal pro Tag auf und zu → 6 kWh / 50a

Umwelt-Produktdeklaration Seite 28

Produktgruppe Holzfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 07-10-2010

1 m² Fenster		B6.1	B6.2
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	0	61
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	8
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	8
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	21
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0	0,0001
Sonderabfälle	[kg]	0	0,0075
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	0	1,37E-07
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0	3,6
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	0	5,99E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0	0,0054
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0	0,0005
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0	0,0004

B7 Wasserverbrauch im Betrieb

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
7	Nicht relevant	Kein Wasserverbrauch bei bestimmungsgemäßem Betrieb. Wasserverbrauch für Reinigung wird in Modul B1.2 angegeben.

12 C1 Rückbau

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C1.1	Ausbau	Aluminiumfenster 99 % Rückbau; Holz-, Stahl- und Kunststofffenster 95 % Rückbau; Der Energieverbrauch beim Rückbau kann vernachlässigt werden.

13 C2 Transport z.B. zur Sammelstelle oder Deponie

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C2.1	Holzfenster	Transport zum Verwerter; Holz zu MVA mit 7,5 t LKW, voll ausgelastet 50 km

14 C3 Wiederverwertung / Recycling

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C3.1	Holzfenster	Demontage Verglasung (90%), Rückführung Metalle (50%), Rest-

© ift Rosenheim, Oktober 2011

		fraktion in MVA

C4 Entsorgung/Endlagerung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C4.2	Holzfenster	Die nicht erfassbaren Mengen und Verluste in der Verwertungs-/Recyclingkette (C1 und C3) werden als „deponiert“ modelliert.

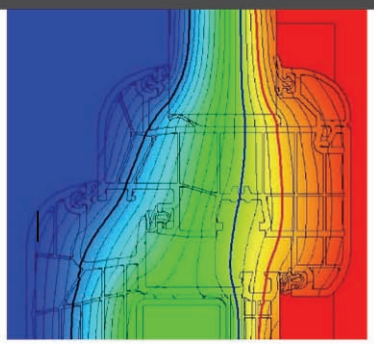
D Recyclingpotential

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
D2	Holz Fenster	Stahl-Schrott aus C3.2 abzüglich des in A3 eingesetzten Schrotts ersetzt zu 100 % Stahl; Glas wird zu etwa 95% rezykliert Gutschriften aus MVA: Strom ersetzt Strommix Deutschland; thermische Energie ersetzt thermische Energie aus Erdgas.

EPD Kunststofffenster

Umwelt-Produktdeklaration

nach DIN ISO 14025



Kunststofffenster aus PVC-U gemäß EN 14351-1

Deklarationsnummer
EPD-UMC-2010111-D

Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com

Institut Bauen
und Umwelt e.V.

	Kurzfassung **Umwelt-Produktdeklaration** ***Environmental Product-Declaration***
Institut Bauen und Umwelt e.V. www.bau-umwelt.com	**Programmhalter**
	Deklarationsinhaber
…	**Deklarationsnummer**
Kunststofffenster aus PVC-U Diese Deklaration ist eine Umweltproduktdeklaration gemäß DIN ISO 14025 und beschreibt die spezifischen Umweltwirkungen von Kunststofffenstern. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offengelegt. Die Deklaration beruht auf dem PCR Dokument „Fenster und Türen".	**Deklarierte Bauprodukte**
Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Instituts Bauen und Umwelt e.V. Es gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.	**Gültigkeit**
Die **Deklaration** ist vollständig und beinhaltet in ausführlicher Form: - bauphysikalische Angaben, - Angaben zu Grundstoffen und Stoffherkunft, - Beschreibungen zur Produktherstellung, - Hinweise zur Produktverarbeitung, - Angaben zum Nutzungszustand, außergewöhnlichen Einwirkungen und Nachnutzungsphase - Ökobilanzergebnisse - Nachweise und Prüfungen.	**Inhalt der Deklaration**

26. November 2010		**Ausstellungsdatum**
		Unterschriften
Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident der IBU)		
Diese Deklaration und die zugrundegelegten Regeln wurden gemäß DIN ISO 14025 durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.		**Prüfung der Deklaration**
		Unterschriften
Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA)	Dr. Frank Werner (Prüfer vom SVA bestellt)	

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

	Kurzfassung **Umwelt-Produktdeklaration** *Environmental Product-Declaration*
• Mehrkammerprofil mit Stahlarmierung und ca. 80 mm Bautiefe • AD-System bzw. MD-System mit Dichtungen aus EPDM/TPE/PVC-P • Verglasungsdichtung aus EPDM/TPE/PVC-P • Mehrscheiben-Isolierglas entsprechend EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas • Flachglas (FG), Einscheibensicherheitsglas (ESG und Verbundsicherheitsglas (ESG) entsprechend EPD FG, ESG, VSG • Beschläge entsprechend EPD Fensterbeschläge	Produktbeschreibung
Kunststofffenster zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden.	Anwendungsbereich
Die **Ökobilanz** wurde nach DIN EN ISO 14040 ff durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten von verschiedenen Firmen, generische Daten der Datenbank „GaBi 4" herangezogen. Die Ökobilanz wurde für alle Lebenszyklusphasen unter Berücksichtigung sämtlicher Vorketten wie Rohstoffgewinnung, Energiebereitstellung und Transporte durchgeführt. Die Bauphase, Nutzung durch Heizwärmebedarf (B1), Reinigung, Instandhaltung und Renovierung (B2-B7), End of life (C) sowie potentielle Gutschriften für einen weiteren Lebenszyklus (D) sind als Szenarien dargestellt. Für die in nachfolgender Tabelle dargestellten Umweltwirkungen wurde ein Grundszenario festgelegt.	Rahmen der Ökobilanz
1 m² PVC-Fenster | | Herstellung (A) | Nutzung (B1) | Nutzung (B2-B7) | End of Life (C) | Recycling-potential (D) Primärenergie n. erneuerbar | [MJ] | 1393 | 9061 | 592 | 200 | -1000 Primärenergie erneuerbar | [MJ] | 46 | 4 | 22 | 13 | -20 Treibhauspotential (GWP) | [kg CO_2-Äqv.] | 85 | 540 | 43 | 14 | -63 Ozonabbaupotential (ODP) | [kg R11-Äqv.] | 5,0E-06 | 8,3E-07 | 2,1E-06 | 1,4E-06 | -2,6E-06 Versauerungspotential (AP) | [kg SO_2-Äqv.] | 0,332 | 0,421 | 0,187 | 0,018 | -0,267 Eutrophierungspotential (EP) | [kg PO_4-Äqv.] | 0,0384 | 0,0624 | 0,0284 | 0,0027 | -0,0269 Sommersmogpotential (POCP) | [kg C_2H_4-Äqv.] | 0,0334 | 0,0505 | 0,0142 | 0,0038 | -0,0122	Ergebnisse der Ökobilanz
Erstellt durch das **Ift** Rosenheim, in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Flachglas e.V., dem Fachverband Schloss und Beschlagsindustrie e.V., dem Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V. und dem Verband Fenster + Fassade. Die Ökobilanz wurde erstellt durch die PE International GmbH. Programmhalter ist das Institut Bauen und Umwelt e.V. Gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau des BMVBS.	
Zusätzlich sind die folgenden **Nachweise und Prüfungen** in der Umweltdeklaration dargestellt: nicht relevant	Nachweise und Prüfungen

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Kunststofffenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		04-08-2010
Deklarationsnummer:		

Geltungsbereich Diese Durchschnitts-Umwelt-Produktdeklaration gilt für Kunststofffenster PVC-U weiß und folienkaschiert nach EN 14351-1 inkl. Dichtungen, Mehrscheiben-Isolierglas und Beschlägen.

Das verwendete MIG gilt für Verbunde mit bis zu 12mm Gesamtglasdicke. Abweichende Verglasungen können mithilfe der EPD FG. ESG und VSG berechnet werden. Bei Verwendung von ESG/VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu betrachten.

1 Produktdefinition

Produktdefinition Diese EPD ist gültig für Kunststofffenster gemäß EN 14351-1 unabhängig ihrer Größe. Die Berechnung der Ökobilanz erfolgte anhand der in EN 14351-1 definierten Standardgröße von 1,23 m x 1,48 m.

Produktbeschreibung:

Profilsystem	Mehrkammerprofil aus PVC-U mit Stahlarmierung; Bautiefe: bis ca. 92 mm (3-fach Glas)
Öffnungsart / Öffnungsrichtung	Dreh, Kipp, Drehkipp nach innen oder außen öffnend
Rahmenmaterial	PVC-U
Blendrahmenaußenmaß	größenunabhängig
Falzausbildung	
Falzdichtung	AD-System bzw. MD-System
Mitte	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
Füllung	
Typ	Mehrscheiben-Isolierglas 2-fach oder 3-fach entsprechend EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas
Einbau der Füllungen	
Verglasungsdichtung	
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/PVC-P
Beschläge	
Typ	Beschläge entsprechend EPD Fensterbeschläge

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Seite 5

Produktgruppe Kunststofffenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 04-08-2010

Diese EPD gilt nicht für:

- Dachflächenfenster, da sich diese konstruktiv zu sehr von den deklarierten Fenstern unterscheiden
- Structural glazing
- Profile mit integrierten Dämmstoffen (Einschiebling bzw. ausgeschäumt)

Zusatzbauteile wie äußere bzw. innere Abschlüsse wie z.B. Rollläden, Sonnenschutzvorrichtungen, Rollladenkästen sind gesondert zu berücksichtigen

Zusätzliche Angaben für den Architekten:

- Bautiefe: ca. 80 mm
- Rahmenansichtsbreite ca. 100 mm bis 120 mm

Zusätzlich sind die jeweiligen Systembeschreibungen des Herstellers zu berücksichtigen.

Anwendung: Kunststofffenster zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden

Produktnorm / Zulassung: EN 14351-1

Werkseigene Produktionskontrolle: Durch den Hersteller entsprechend EN 14351-1.

Gütesicherung: Teilweise entsprechend RAL-GZ 695. Nachweis muss durch den Hersteller erfolgen.

Bautechnische Eigenschaften

Eigenschaft	Prüf bzw. Klassifizierungsnorm	Bezeichnung	Einheit	Klasse/Festgestellter Wert
Wärmeschutz	EN 10077-1 bzw. EN 12567-1	Wärmedurchgangskoeffizient U_w	W/m²*K	0,8 – 3,0
Strahlungseigenschaften	EN 410	Gesamtenergiedurchlassgrad g Lichttransmissionsgrad τ_v		0,20 – 0,70 0,30 – 0,80
Luftdurchlässigkeit	EN 12207	Klasse der Luftdurchlässigkeit		1 – 4
Schlagregendichtheit	EN 12208	Klasse der Schlagregendichtheit		1A – 9A bzw. Exxx
Schallschutz	EN 140-3 oder EN 14351-1 Anhang B	Bewertetes Schalldämmmaß R_w	dB	25 - 52
Widerstandsfähigkeit gegen	EN 12210	Klasse der Durchbiegung Klasse des Prüfdrucks		A – C bzw. E 1 – 5 bzw. xxx

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration Seite 6

Produktgruppe Kunststofffenster Erstellung 04-08-2010
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Windlast				

Die spezifischen Daten sind dem jeweiligen CE-Kennzeichen zu entnehmen.

2 Grundstoffe

Grundstoffe/ Vorprodukte

Werkstoff	Masse [1]
Glas pro mm Glasdicke	2,5 kg/m²
Kunststoffprofil (Blend- und Flügelrahmen) 70 mm	3,0 kg/m
Stahlarmierung	2,4 kg/m
Glashalteleiste (mit anextrudierter Dichtung)	0,16 – 0,21 kg/m
Dichtprofile	0,1 kg/m
Beschlag	

[1] Angaben sind Anhaltswerte

Hilfsstoffe / Zusatzmittel Schmierstoffe (Beschlag)

Stofferläuterung

PVC-Fensterprofile werden im Extrusionsverfahren aus einer Mischung von PVC-Pulver und Additiven hergestellt. Additive sind Schlagzähmodifikatoren, Füllstoffe, Pigmente und Thermostabilisatoren. Der Einsatz von recyclierten PVC-Profilen bei der Extrusion von neuen Profilen ist in einem Umfang von bis zu 80% möglich.

Recycliertes PVC entsteht zum einen aus Verschnitt, der während der Profilherstellung oder im Fensterbaubetrieb anfällt (preconsumer Recycling) und zum anderen aus postconsumer Recycling, das aus alten, ausgebauten Fensterelementen gewonnen wird.

Ein Teil der Profilmenge, (Stand 2010; weniger als 20%) werden oberflächenveredelt ausgeliefert. Dies geschieht am häufigsten durch Aufbringen von farbigen und/oder strukturierten Folien, die einen komplexen Aufbau haben und eine hohe Farbechtheit und Witterungsbeständigkeit aufweisen. Weiter Verfahren der Oberflächenveredelung sind Lackierung oder Coextrusion einer Deckschicht aus eingefärbtem Plexiglas (PMMA) oder ASA (Poly-Acrylester-Styrol-Acrylnitril) u. a.

In der Regel wird das PVC-Fensterprofil mit Dichtung ausgeliefert.

Die Dichtungen bestehen in der Regel aus Weich-PVC, TPEs (Thermoplastische Elastomere) oder EPDM (Elastomere).

Bei der Herstellung von PVC-Profilen und Dichtungen wird entsprechend der freiwilligen Selbstverpflichtung der Industrie Vinyl 2010 (www.vinyl2010.org) auf Blei- und Cadmiumhaltige Thermostabilisatoren verzichtet. Alle Inhaltsstoffe sind konform mit den Restriktionen der REACH-Verordnung (EG 1907-2006).

Deklarierungspflichtige Stoffe nach Artikel 33 REACH-Verordnung (Stand 01-2010) werden nicht eingesetzt.

Rohstoffgewinnung und Stoffherkunft

Erdöl	In der Raffinerie wird Erdöl durch **Destillation** in mehrere Bestandteile getrennt.
Destillation	Bei der Destillation fallen im Fraktionsturm folgende Bestandteile an: Gas, Rohbenzin, Diesel, Heizöle sowie Gasöl. Alle Bestandteile bestehen aus Kohlenwasserstoffen, die sich

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

	durch ihre Größe und die Gestalt ihrer Moleküle unterscheiden. Das geförderte Erdöl wird auf ca. 400 °C erhitzt und dem unteren Teil des Fraktionsturmes als Erdölgas zugeführt. Der Fraktionsturm besteht aus Glockenböden. Teile des aufsteigenden Ölgases kondensieren beim Abkühlen an den einzelnen Glocken. Je nach Siedepunkt kondensiert die Fraktion an den einzelnen Böden.
Cracken	In einem thermischen Spaltprozess werden Ethylen, Propylen, Butylen und andere Kohlenwasserstoff-Verbindungen auseinander gebrochen und umgebaut. Das erfolgt im sogenannten Cracker.
Ethylen, Propylen Butylen ...	Die Ethylen-Ausbeute kann begrenzt über die Krack-Temperatur gesteuert werden und beträgt bei 850 °C mehr als 30%.
Polymerisation Polykondensation Polyaddition	Nun kann durch Polymerisation, Polykondensation oder Polyaddition die Herstellung des eigentlichen Kunststoffes begonnen werden.

Regionale und allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe

Die Erdölreserven werden bei konstantem Verbrauch auf etwa 40 Jahre geschätzt [1].

3 Produktherstellung

Produktherstellung

Kunststoffprofilherstellung:

Mischen:

Die Rohstoffe werden getrocknet, gewogen und in einer Mischstation gleichmäßig zusammengemischt.

Extrudieren:

Die Rohstoffe werden in einer Schnecke plastifiziert und über eine Düse zu Kunststoffprofilen geformt.

Trennen:

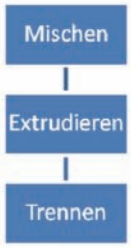
Die Profile werden über eine Abzugseinheit abgezogen und durch eine Säge getrennt.

Oberflächenbehandlung (optional):

Grundierung, Lackierung, Trocknung / Aufkleben von Folien

Umwelt-Produktdeklaration Seite 8

Produktgruppe	Kunststofffenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		04-08-2010
Deklarationsnummer:		



Kunststofffensterherstellung:

Sägen:
Die angelieferten Profile vom Systemgeber werden auf die richtige länge abgesägt.

Verschraubung:
Anbringung der Schließstücke und Verschraubung der Profile mit den Armierungen.

Verschweißung:
Verschweißen der Profile inkl. Nachbearbeiten der Schweißnaht.

Endmontage:
Endmontage aller Fensterkomponenten, wie beispielsweise Dichtungen, Beschläge, Glas. Anschließende Endkontrolle der Fenster.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Gesundheitsschutz Herstellung	**Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen/-belastungen während des Herstellungsprozesses:** Während des gesamten Herstellungsprozesses sind keine über die rechtlich festgelegten Arbeitsschutzmaßnahmen für Gewerbetreibende hinausgehende Maßnahmen zum Gesundheitsschutz erforderlich.
Umweltschutz Herstellung	**Maßnahmen zur Reduzierung der durch den Herstellungsprozess ausgelösten Umweltbelastung:** **Luft:** Die behördlich festgesetzten Grenzwerte werden eingehalten. **Wasser/Boden:** Belastungen von Wasser und Boden entstehen nicht. **Lärm:** Die Schallemissionen liegen nicht über den gesetzlichen Beschränkungen.

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungsempfehlungen	**Allgemeine Grundsätze:** Die Planung und Ausführung der Montage erfolgt entsprechend dem Stand der Technik (z.B. gemäß RAL-Leitfaden zur *„Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Außentüren"*). Die Hinweise und Empfehlungen aus den Systembeschreibungen bzw. Begleitdokumenten des Herstellers sind zu beachten.
Arbeitsschutz	**Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes**: Bei der Montage von Kunststofffenstern sind keine über die üblichen Arbeitsschutzmaßnahmen (wie z.B. Schutzhandschuhe) hinausgehenden Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit zu treffen.
Umweltschutz	**Maßnahmen des Umweltschutzes**: Durch Verarbeitung/Montage der genannten Produkte werden keine nennenswerten Umweltbelastungen ausgelöst. Besondere Maßnahmen zum Schutz der Umwelt sind nicht zu treffen.
Restmaterial	Restmaterialien sind zu vermeiden. Ist eine Vermeidung nicht möglich, so sind Restmaterialien sortenrein zu Trennen.
Verpackung	Kunststofffenster werden i.d.R. ohne Verpackung an die Baustelle geliefert. Verpackungsmaterialien werden sortenrein getrennt und mit dem Gewerbeabfall entsorgt.

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe	Es sind keine gefährdenden Inhaltsstoffe bekannt, die zu einer Belastung der Umwelt führen können.
Wirkungsbeziehungen Umwelt - Gesundheit	Es sind keine erhöhten Belastungen aus Kunststofffenstern für Umwelt bzw. Gesundheit bekannt.
Beständigkeit/ Nutzungszustand	Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch und Instandhaltung ist eine mittlere technische Nutzungsdauer von 50 Jahren anzusetzen.

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand Das Fenster besteht aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen (Klasse E nach DIN EN 13501-1 oder Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1).

Wasser Bei Hochwasser emittieren keine gefährlichen Inhaltsstoffe in das Wasser.

7 Nachnutzungsphase

Recycling Kunststofffenster werden in zentralen Sammelstellen gesammelt und rezykliert. Dafür gibt es in Deutschland zwei große Recyclingunternehmen. Die Fensterprofile werden meist ohne Glas (geringeres Gewicht) bei den Sammelstellen angeliefert. Die kompletten Profile werden in verschiedenen Verfahrensschritten erst geschreddert und dann nach Materialzusammensetzung fraktioniert (z.B. durch Magnetabscheider, Windsichter). Die Kunststoffe (PVC, EPDM, TPE) werden als Granulat erneut zur Produktherstellung weiterverwendet. Metalle werden dem Metallschrott hinzugeführt.

Verwertung Nicht recyclierte Kunststofffensterkomponenten werden thermisch verwertet.

Entsorgung Fensterkomponenten werden nicht entsorgt bzw. deponiert.
Abfallschlüssel für Abfälle aus Kunststoff ist 16 01 19.

8 Ökobilanz

8.1 Angaben zur Systemdefinition und Modellierung des Lebenszyklus

Deklarierte Einheit Die Deklaration bezieht sich auf den Lebenszyklus von 1 m² Kunststofffenster basierend auf den Standardmaßen 1,23m x 1,48 m.

Systemgrenzen Die Lebenszyklusanalyse für Kunststofffenster betrachtet alle Lebenswegabschnitte (cradle to grave), d.h. Herstellung, Nutzung und Lebensende.

In die **Herstellung (A)** sind eingeschlossen:

- Rohstoffgewinnung (A1)
- Transportwege während der Herstellphase (A2)
- Fertigung der Kunststoffensterkomponenten (A3)
- die Herstellung des Produktes (Strom, thermische Energie, Hilfsstoffe) (A3)
- Verpackung (A3) und EoL der Verpackung (einschließlich Gutschriften für Strom und thermische Energie) (A5)
- Szenario für den Transport zur Baustelle (A4)
- Szenario für die Montage (A5)

Die Systemgrenzen für das End of Life beziehen sich auf den Lebenswegabschnitt der Verwertung, d. h. insbesondere eines stofflichen Recyclings der Kunststoff- und Metallbestandteile.

Für die Nutzung werden Szenarien für durch das Fenster induzierte Aufwendungen (B1, anteiliger Energiebedarf des Gebäudes)) und das Fenster selbst betreffende Aufwendungen (B2 – B7, d.h. Unterhalt, Instandhaltung und Renovierung über 50 Jahre) unterschieden.

Zum Lebensende sind Szenarien für Rückbau, Verwertung und Entsorgung (C1-C4) sowie das Recyclingpotential (D) beinhaltet.

Im Anhang sind für alle Szenarien (A4, A5, B1 – B7, C1 – C4) je Modul verschiedene Grundszenarien dargestellt, welche die meisten wesentlichen Möglichkeiten für das jeweilige Modul abdecken.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Kunststofffenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 04-08-2010

Annahmen und Abschätzungen	Die Datengrundlage basiert auf Datenaufnahmen aus verschiedenen Herstellerwerken. Sie geben einen repräsentativen Durchschnitt der Branche wieder. Die Werte wurden über die Produktionsmenge gewichtet und gemittelt.
Abschneide-kriterium	Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d.h. alle nach Rezeptur eingesetzten Ausgangsstoffe, die eingesetzte thermische Energie, der interne Kraftstoffverbrauch sowie der Stromverbrauch, alle direkten Produktionsabfälle sowie alle zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen in der Bilanzierung berücksichtigt. Für alle berücksichtigten In- und Outputs wurden Annahmen zu den Transportaufwendungen getroffen. Damit wurden auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von kleiner ein Prozent berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5% der Wirkkategorien nicht übersteigt.
Transporte	Transporte der Roh- und Hilfsstoffe in der Hinsicht der Herstellung des Produktes werden berücksichtigt, ebenso Transporte in der Nachnutzungsphase.
Betrachtungs-zeitraum	Die Datengrundlage der vorliegenden Ökobilanz beruht für die wesentlichen Teile auf den Jahren 2009 und 2010.
Hintergrund-daten	Zur Modellierung des Lebenszyklus für die Herstellung und Verwertung von Kunststofffenstern wurde das von der PE International GmbH entwickelte Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die Fensterherstellung relevanten Hintergrund-Datensätze wurden der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen.
Datenqualität	Das Alter der verwendeten Daten liegt unter 7 Jahren.
Allokation	Das Recyclingpotenzial wurde nach der Anforderung des PCR Dokuments „Fenster und Türen, berechnet. Es beschreibt den ökologischen Wert der „Anreicherung“ eines Materials in der „Technosphäre“. Es stellt dar, wie viele Umweltlasten dadurch im Verhältnis zur Neuerzeugung des Materials eingespart werden können (Erzeugung Strom und Wärme, Recycling von Metallen und Kunststoffen sowie Reduktion des Rohstoffeinsatzes in der Glasindustrie). Dichtungen werden ebenfalls einer thermischen Verwertung zugeführt und erhalten analog Gutschriften für Strom und thermische Energie aus Erdgas. Nicht verwertete Reststoffe werden in einer gemischten MVA verbrannt bzw. auf einer geeigneten Deponie abgelagert und die Lasten inputspezifisch zugerechnet. Allokationen (d. h. die Zuordnung von Umweltlasten eines Prozesses auf mehrere Produkte) können in den verwendeten Hintergrunddatensätzen der GaBi 4-Datenbank vorgenommen worden sein, die dann in den zugehörigen Einzeldokumentationen hinterlegt sind /Gabi 2009/. In der Nachnutzungsphase wird für die PVC-Bestandteile ein Recycling angenommen.
Nutzungsphase	Die Nutzungsphase des Kunststofffensters wird mittels Szenarien abgebildet. Zur Charakterisierung der energetischen Performance des Fensters wird eine Berechnung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 (Heizperiodenverfahren) durchgeführt. Dabei werden Transmissionswärmeverluste und solare Gewinne verrechnet, innere Gewinne des Gebäudes sowie Lüftungswärmeverluste werden nicht dem Fenster zugerechnet. Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde mit verbesserter Wärmedämmung (**B1.1.2**) mit U_w=1,0; g=0,5; τ_V =0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre für einen Anteil von 35% Süd-, je 25% Ost- und West- und 15% Nordfenster gerechnet. Es wird vorausgesetzt, dass die baulichen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 erfüllt sind, d.h. keine Kühlung im Sommer notwendig ist. Der Heizwärmebedarf

wird durch eine Gasheizung gedeckt.

Im Basisszenario wird ein häufiger manueller Reinigungsaufwand (**B1.2.3**) angenommen (manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich).

In Bezug auf Instandhaltung (**B2.2**) und Instandsetzung/Reparatur (**B3.1**) wird von einer normalen Beanspruchung ausgegangen, die für Büro- bzw. öffentliche Gebäude gilt. Das Szenario sieht einen einmaligen Austausch von Mehrscheibenisolierglas, Beschläge und Dichtungen innerhalb einer Nutzungsdauer von 50 Jahren vor.

Für das gesamte Fenster wird lt. Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS von einer Nutzungszeit von 50 Jahren ausgegangen, so dass kein Ersatz des gesamten Fensters notwendig ist (**B4**).

Das Szenario Aufarbeitung/Renovierung sieht für Kunststofffenster keinerlei Aufarbeitung vor (**B5.1**).

Während des Betriebs wird manuelle Betätigung (**B6.1**) d.h. kein Energieverbrauch durch eine motorisierte Komponente angenommen.

Ein Wasserverbrauch im Betrieb (**B7**) tritt nicht auf. Der Wasserverbrauch für die Reinigung wird im Modul B1.2.3 berücksichtigt.

Wahl des End-of-life Szenarios

Zusätzlich zur Herstellung wurde die Sammlung (**C1.1**) und thermische Verwertung bzw. das Recycling der Kunststofffenster (**C3.1**) berücksichtigt. Es wurde eine Sammelquote von 95% angenommen. Glas und Beschläge werden vom Rahmen getrennt und recycelt. Dabei wird von einer Recyclingquote von 90 % für Glas und Metalle ausgegangen. Die PVC-Bestandteile werden rezykliert. Alle nicht erfassten Fenstermengen sowie Restfraktionen aus dem Recycling werden als „deponiert" modelliert (**C4.1**).

Gutschriften

Das Recyclingpotential für das Kunststofffenster wird aus den bei der Verbrennung von Dichtungen gewonnenen Energien (Strom-Mix und Wärme aus Erdgasfeuerung) und den recycelten Metallen und der Verwertung der Glasscherben berechnet. Glasscherben ersetzen primäre Rohstoffe bei der Behälterglas- oder Glaswolleproduktion.

8.2 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Sachbilanz

Abbildung 1 zeigt den Primärenergieeinsatz für den Lebenszyklus von 1 m² Kunststofffenster.

Der Verbrauch nicht regenerativer Energie für die Herstellung liegt bei 1393 MJ pro m² Kunststofffenster. Transport und Einbau beeinflussen den Primärenergieeinsatz nur marginal.

Der regenerative Energieverbrauch für die Herstellung von einem m² Aluminiumfenster liegt bei 43 MJ.

Den größten Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie verursacht der über 50 Jahre induzierte Heizwärmebedarf (**B1**). Reinigung, Instandhaltung und -setzung und Renovierung (**B2-B7**) schlagen mit etwa 40% des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung zu Buche.

Der Aufwand nicht erneuerbarer Primärenergie für Rückbau, Recycling und Entsorgung (**C**) ist gering, das Recyclingpotential (**D**) in etwa 73% der Herstellung.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Seite 13

Produktgruppe Kunststofffenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Erstellung
04-08-2010

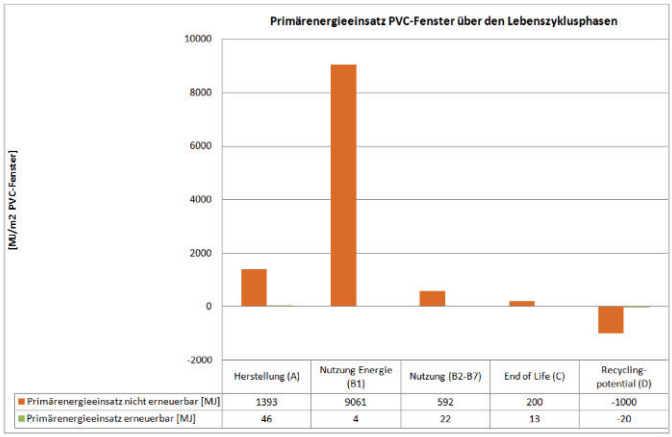


Abbildung 1: Primärenergieeinsatz der einzelnen Lebenszyklusphasen für die oben definierten Grundszenarien

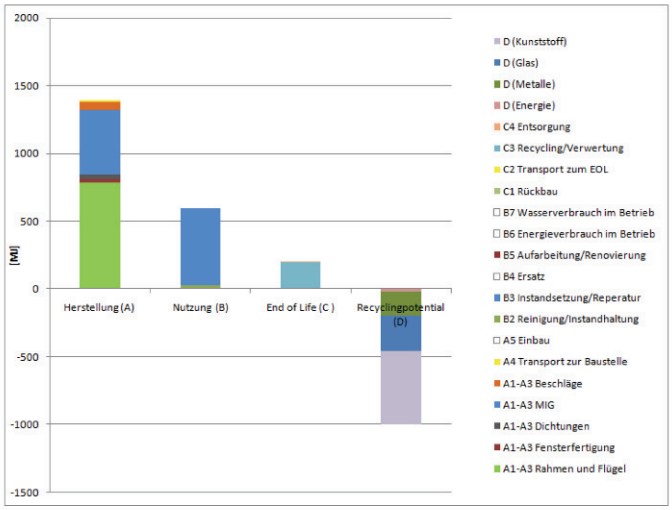


Abbildung 2: Nicht erneuerbarer Primärenergieeinsatz des Kunststofffensters-Lebenszyklus (ohne B1 - Heizwärmebedarf) nach Beiträgen und Lebenszyklusphasen

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Kunststofffenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 04-08-2010

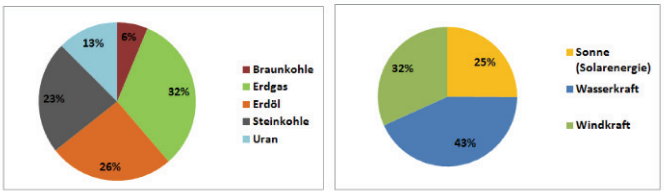


Abbildung 3: Aufteilung des nicht erneuerbaren und des erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung des Kunststofffensters

Die detaillierte Auswertung (Abbildung 3) der genutzten Energiequellen der Herstellung des Kunststofffensters zeigt, dass bei den nicht erneuerbaren Quellen Erdgas, Erdöl und Kohle zu etwa gleichen Anteilen benötigt werden, Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt. Erneuerbare Primärenergie wird überwiegend aus Wasserkraft gewonnen. Wasserkraft und Windenergie sind im deutschen Strom-Mix enthalten.

Die nachfolgende Tabelle stellt den Primärenergieeinsatz für die einzelnen Module des Lebenszyklus dar.

Tabelle 1: Übersicht Primärenergieeinsatz über den Lebenszyklus

Primärenergieeinsatz			
		nicht erneuerbar [MJ]	erneuerbar [MJ]
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	1377	46
	A4 Transport zur Baustelle	17	0
	A5 Einbau	0	0
B Nutzung	B1 Energieverluste	9061	4
	B2 Reinigung/Instandhaltung	26	2
	B3 Instandsetzung/Reperatur	566	21
	B4 Ersatz	0	0
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0	0
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0	0
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb	0	0
C End of Life	C1 Rückbau	0	0
	C2 Transport zum EOL	8	0
	C3 Recycling/Verwertung	191	13
	C4 Entsorgung	1	0
D Recyclingpotential		-1000	-20

© ift Rosenheim, Oktober 2011

Wasser

Im Lebenszyklus von 1m² Kunststofffenster werden ca. 0,8 m³ Wasser verbraucht, der größte Anteil während der Nutzung zur Fensterreinigung.

Tabelle 2: Wasserverbrauch des Kunststofffensters über den Lebenszyklus

1 m² Kunststofffenster					
		[Herstellung (A)	Nutzung (B)	End of Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Wassernutzung	[kg]	160	670	70	-74

Abfälle

Die Auswertung des Abfallaufkommens zur Herstellung von einem Kunststofffenster wird getrennt für die drei Fraktionen Abraum/Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und Sonderabfälle. Da die Abfallbehandlung innerhalb der Systemgrenzen modelliert ist, sind die dargestellten Mengen die abgelagerten Abfälle.

Tabelle 3: Abfallaufkommen des Kunststofffensters über den Lebenszyklus

1 m² Kunststofffenster					
		[Herstellung (A)	Nutzung (B)	End of Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Abraum/ Haldengüter	[kg]	253	162	8	-145
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg]	0,259	0,385	0,00E+00	0,404
Sonderabfälle	[kg]	0,506	0,117	0,007	0,211
Radioaktive Abfälle	[kg]	0,062	0,036	0,000	-0,015

Die Fraktion Abraum/Haldengüter stellt die größte Menge dar. Dies ist vorrangig auf die Rohstoffgewinnung zurückzuführen.

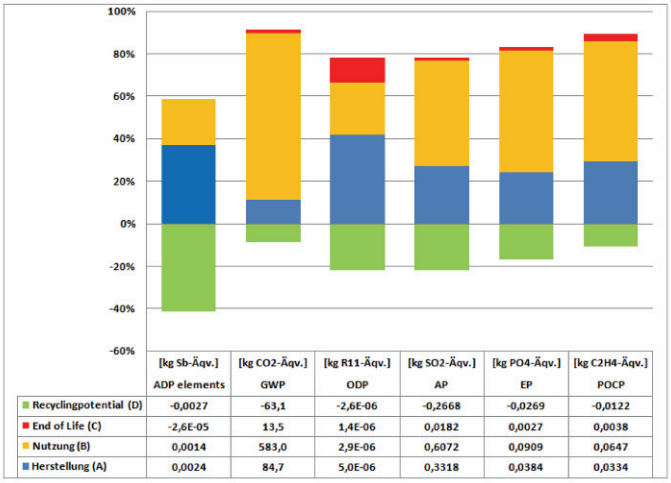
Die radioaktiven Abfälle sind ausschließlich durch den Stromverbrauch (Kernkraft) bedingt.

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe: Kunststofffenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung: 04-08-2010

Wirkungs-abschätzung

Die folgende Abbildung zeigt die Umweltwirkungen von 1 m² Kunststofffenster.



	[kg Sb-Äqv.] ADP elements	[kg CO2-Äqv.] GWP	[kg R11-Äqv.] ODP	[kg SO2-Äqv.] AP	[kg PO4-Äqv.] EP	[kg C2H4-Äqv.] POCP
Recyclingpotential (D)	-0,0027	-63,1	-2,6E-06	-0,2668	-0,0269	-0,0122
End of Life (C)	-2,6E-05	13,5	1,4E-06	0,0182	0,0027	0,0038
Nutzung (B)	0,0014	583,0	2,9E-06	0,6072	0,0909	0,0647
Herstellung (A)	0,0024	84,7	5,0E-06	0,3318	0,0384	0,0334

Abbildung 4: Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Kunststofffenster (Lebenszyklusphasen)

Tabelle 4: Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Kunststofffenster

Wirkungsabschätzung 1 m² PVC-Fenster		ADP elements	GWP	ODP	AP	EP	POCP
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	0,00242	84	5,0E-06	3,3E-01	0,0370	0,0328
	A4 Transport zur Baustelle	0,00000	1	2,1E-09	5,9E-03	0,0014	0,0006
	A5 Einbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
B Nutzung	B1 Energieverluste	0,00004	540	8,3E-07	4,2E-01	0,0624	0,0505
	B2 Reinigung/Instandhaltung	0,00000	1	6,0E-08	3,0E-03	0,0011	0,0010
	B3 Instandsetzung/Reperatur	0,00139	42	2,0E-06	1,8E-01	0,0273	0,0132
	B4 Ersatz	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb						
C End of Life	C1 Rückbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	C2 Transport zum EOL	0,00000	1	9,6E-10	1,7E-03	0,0004	0,0002
	C3 Recycling/Verwertung	-0,00003	13	1,4E-06	1,6E-02	0,0018	0,0035
	C4 Entsorgung	0,00000	0	1,4E-09	6,0E-04	0,0005	0,0001
D Recyclingpotential		-0,00267	-63	-2,6E-06	-2,7E-01	-0,0269	-0,0122

Das Ressourcenverbrauchspotential ($ADP_{elements}$) wird durch die für die Glasgewinnung benötigten Rohstoffe sowie die eingesetzten Erze für den Beschlag bestimmt. Durch eine hohe Verwertungsquote ergibt sich dadurch ein deutlich erkennbares Recyclingpotential.

Das Treibhauspotenzial wird von Kohlendioxidemissionen dominiert. Den größten Bei-

© ift Rosenheim, Oktober 2011

trag liefern die Heizwärmeverluste.

Wesentlichsten Anteil am Ozonabbaupotenzial hat der Stromverbrauch während der Herstellung.

Zum Versauerungspotential tragen vor allem Schwefeldioxid und Stickoxidemissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung bei.

Das Überdüngungspotenzial wird durch Stickoxidemissionen dominiert.

Das Sommersmogpotenzial wird durch VOC-Emissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung dominiert.

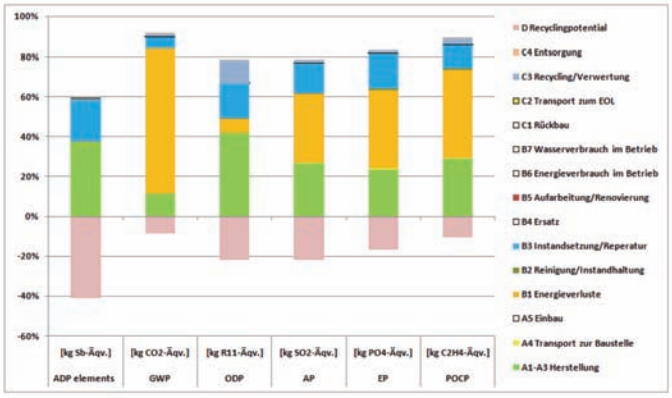


Abbildung 5: Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Kunststofffenster nach Einzelmodulen

9 Nachweise

Formaldehyd- und VOC-Emissionen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „*Untersuchung der Emissionen von Fenstern und Außentüren zur Bewertung des Verhaltens von Bauelementen in Bezug auf Hygiene, Umweltschutz und Gesundheit*“ (gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau) wurden Fenster und Fensterkomponenten auf ihr VOC-Emissionsverhalten durch umfangreiche Messungen durchgeführt. Sämtliche, im Rahmen des Vorhabens untersuchten Fenster und Fensterkomponenten erfüllen die Entscheidungskriterien des AgBB-Schemas [ift 2010].

In einem eigenständigen weiteren Vorhaben des Fraunhofer Instituts für Holzforschung WKI in Braunschweig wurden ebenfalls Untersuchungen von VOC Emissionen an Fensterelementen durchgeführt. Auch hier erfüllten die geprüften Fenster die Entscheidungskriterien des AgBB Schemas [WKI 2010].

ROSENHEIM

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument Fenster und Türen.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025: ☐ intern ☒ extern
Validierung der Deklaration: Dr. Frank Werner

11 Literatur

IBU 2006	Leitfaden Umwelt-Produktdeklarationen (Ausgabe 20.01.2006) für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.bau-umwelt.com
BMVBW 2001	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin, 2001.
Gabi 2009	GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung, LBP Universität Stuttgart und PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen 1992 – 2009, www.gabi-software.com
RAL-Montage	Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren
PCR Schlösser und Beschläge	PCR Schlösser und Beschläge, Product Category Rules
PCR Flachglas im Bauwesen	PCR Flachglas im Bauwesen, Product Category Rules
EPD Flachglas im Bauwesen	EPD Flachglas im Bauwesen *in Arbeit*, EPD-xxx2011xxx
EPD 2-UND 3-SCHEIBENISOLIER-GLAS	EPD 2-und 3-Scheibenisolierglas, Bundesverband Flachglas e.V. *in Arbeit*, EPD-xxx2011xxx
EPD FENSTERBE-SCHLÄGE	EPD Fensterbeschläge EPD-FVS-2011311-D des Fachverband Schloss- und Beschlagindustrie e.V.
[1]	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: „Energierohstoffe 2009 - Reserven, Ressourcen, Verfügbarkeit“. Hannover. 2009

Normen und Gesetze

DIN ISO 14025	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren
DIN EN ISO 14040	Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
DIN EN ISO 14044	Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
EN 14351-1/A1	Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit
EN ISO 10077-	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

1	des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines
EN ISO 12567-1	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen - Bestimmung des Warmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens Teil 1: Komplette Fenster und Türen
EN 410	Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
EN 12207	Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung
EN 12208	Fenster und Türen – Schlagregendichtheit – Klassifizierung
EN 12210	Fenster und Türen- Widerstandsfähigkeit bei Windlast - Klassifizierung (enthält Berichtigung AC:2002)
EN 140-3	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen
EN 14220	Holz und Holzwerkstoffe in Außenfenstern, Außentüren und Außentürzargen - Anforderungen und Spezifikationen
EN 13501-1	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1 Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
DIN 4102-1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Bundesimmissionsschutzgesez - BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen (Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG), 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830)

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Kunststofffenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		04-08-2010
Deklarationsnummer:		

Projektbeteiligte:

Bundesverband Flachglas e.V.

Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V.

Offerstraße 12
42551 Velbert

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Rheinufer 108
53639 Königswinter

ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

PE International GmbH

Hauptstraße 111 – 113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.

Am Hofgarten 1-2
53113 Bonn

Verband Fenster + Fassade

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Kunststofffenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		04-08-2010
Deklarationsnummer:		

Das EPD-Dokument stellt ein Ergebnis des Forschungsprojektes „Entwicklung von Umwelt-produktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden" dar. Dieses wurde gefördert durch:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau"

Bundesinstitut für Bau-, und Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Seite 23

Produktgruppe Kunststofffenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:

Erstellung 04-08-2010

Anhang: Beschreibung der Lebenszyklusszenarien für Fenster und Türen

Herstellungsphase			Baustadium		Nutzungsstadium							Nachnutzungsstadium				Recyclingpotential		
Rohstoffgewinnung	Transport	Herstellung	Transport	Einbau/Installation	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung/ Reparatur	Ersatz	Aufbereitung/Renovierung/Sanierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau	Transport	Wiederverwertung/ Recycling	Entsorgung/ Endlagerung	Wiederverwendung/	Wiederaufbereitung/	Recyclingpotential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		

Die Berechnung der Szenarien wurde unter Berücksichtigung einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (gemäß der Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen" des Informationsportals Nachhaltiges Bauen – Baustoff- und Gebäudedaten – „mittlerer Wert") vorgenommen.

A4 Transport vom Werkstor zur Baustelle

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A4.1	Kleinserien Direktvermarktung	7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.2	Kleinserien über lokale Hersteller	7,5 t LKW, voll ausgelastet 50 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.3	**Kleinserien über Händler**	**40 t LKW, voll ausgelastet 150 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück**
A4.4	Großprojekt	40 t LKW, voll ausgelastet (Deutschlandweit) ca. 150 km

1 m² PVC-Fenster		A4.1	A4.2	A4.3	A4.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	13	16	17	4
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	0	0
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	3,1E-08	3,8E-08	4,0E-08	9,6E-09
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,9	1,1	1,2	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,6E-09	2,0E-09	2,1E-09	5,0E-10
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0040	0,0050	0,0059	0,0019
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0009	0,0012	0,0014	0,0005
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0004	0,0005	0,0006	0,0002

A5 Einbau /Installation in das Gebäude (inkl. Hilfsmittel)

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A5.1	**händisch**	**Das Fenster wird ohne zusätzliche Hebe- und Hilfsmaßnahmen installiert!**
A5.2	kleiner Hebewagen	Für die Installation der Elemente wird eine kleine Hebebühne bzw. ein Hebewagen benötigt.
A5.3	Kran	Für die Installation der Elemente ist ein Kran erforderlich!

Einbau/Installation der Fenster als Bestandteil der Baustellenabwicklung wird auf Gebäudeebene erfasst.

B 1.1 Heizwärmebedarf

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.1.1	Standard	U_W=1,3; g=0,6; τ_V=0,8 über den Zeitraum von 50 Jahre
B1.1.2	**verbesserte Wärmedämmung**	**U_W=1,0; g=0,5; τ_V=0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre**
B1.1.3	hochwärmedämmend	U_W=0,8; g=0,5; τ_V=0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre
B1.1.4	Sonnenschutz-verglasung	U_W=1,3; g=0,3; τ_V=0,6 über den Zeitraum von 50 Jahre

* Sonnenschutzverglasungen werden in der Regel zu Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes als auch zur Reduzierung bzw. der Vermeidung von Energieaufwendungen zur Klimatisierung eingesetzt. Im Rahmen der Betrachtung des reinen Heizwärmebedarfs können diese Effekte nicht berücksichtigt werden.

1 m² PVC-Fenster		B1.1	B1.2	B1.3	B1.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	11238	9061	6552	16000
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	5	4	3	8
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	18	15	11	26
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	60	48	35	85
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0120	0,0097	0,0070	0,0171
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	4,7E-05	3,8E-05	2,7E-05	6,6E-05
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	669,7	540,0	390,4	953,5
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,0E-06	8,3E-07	6,0E-07	1,5E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,5218	0,4207	0,3042	0,7429
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0774	0,0624	0,0451	0,1102
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0626	0,0505	0,0365	0,0892

© ift Rosenheim, Oktober 2011

B 2.1 Reinigungsaufwand

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.2.1	selten manuell	unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, jährlich
B1.2.2	selten mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage, etc. – jährlich
B1.2.3	**häufig manuell**	**unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich**
B1.2.4	häufig mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage, etc. – ¼-jährlich

1 m² PVC-Fenster		B2.1.1	B2.1.2	B2.1.3	B2.1.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	6	31	22	49
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	4	2	5
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	133	520	532	2070
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	9	1	10
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0004	0,0005	0,0017	0,0017
Sonderabfälle	[kg]	0,0009	0,0041	0,0037	0,0068
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	7,2E-08	1,3E-07	2,9E-07	3,5E-07
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,2	1,7	0,6	2,2
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,4E-08	2,6E-07	5,8E-08	3,1E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0007	0,0029	0,0026	0,0050
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0003	0,0005	0,0011	0,0013
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0002	0,0004	0,0010	0,0012

B2.2 Instandhaltung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B2.1	**geringe Beanspruchung (z.B. Wohnungsbau)**	**2-jähriges Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen**
B2.2	normale Beanspruchung (z.B. Büro- bzw. öffentliche Gebäude)	jährliche Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen
B2.3	hohe Beanspruchung (z.B. Schulen und Hotels)	½-jährlich Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen

1 m² PVC-Fenster		B2.2.1	B2.2.2	B2.2.3
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	4	7	15
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	1
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0001
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0001	0,0002
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,1E-08	2,2E-08	4,3E-08
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,1	0,1	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,9E-09	3,8E-09	7,5E-09
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0004	0,0007	0,0014
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0001
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0002

B3 Instandsetzung/Reparatur

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B3.1	normale Beanspruchung	Einmaliger Austausch; Beschläge, Dichtungen, Glas inkl. Glasdichtung ggf. Instandsetzen/Reparieren

1 m² PVC-Fenster		B3.1
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	566
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	21
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0
Wassernutzung	[kg]	102
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	112
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,5033
Sonderabfälle	[kg]	0,0734
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,4E-03
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	42,4
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	2,0E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,1835
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0273
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0132

B4 Ersatz

Bei der hier angesetzten Nutzungsdauer von 50 Jahren ist kein Fensterersatz vorgesehen

© ift Rosenheim, Oktober 2011

B5 Aufarbeitung/Renovierung/Sanieren

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B5.1	Keine Aufarbeitung	Metall- und Kunststoffrahmen

B6 Energieverbrauch im Betrieb

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B6.1	Handbetätigt	Kein Energieverbrauch im Betrieb
B6.2	Kraftbetätigt	pro Antrieb: 0,33 Wh; 1 mal pro Tag auf und zu → 6 kWh / 50a

1 m^2 Fenster		B6.1	B6.2
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	0	61
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	8
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	8
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	21
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0	0,0001
Sonderabfälle	[kg]	0	0,0075
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	0	1,37E-07
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0	3,6
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	0	5,99E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0	0,0054
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0	0,0005
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0	0,0004

B7 Wasserverbrauch im Betrieb

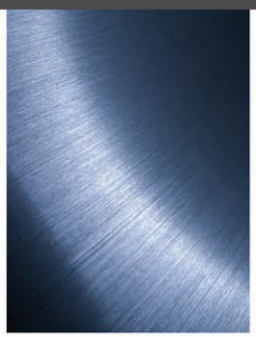
Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
7	Nicht zutreffend	Kein Wasserverbrauch bei bestimmungsgemäßem Betrieb. Wasserverbrauch für Reinigung wird in Modul B1.2 angegeben.

12 C1 Rückbau

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C1.1	Ausbau	Aluminiumfenster 99 % Rückbau; Holz-, Stahl- und Kunststofffenster 95 % Rückbau; Der Energieverbrauch beim Rückbau kann vernachlässigt werden.

EPD Aluminiumfenster

Umwelt-Produktdeklaration
nach DIN ISO 14025



Aluminiumfenster gemäß EN 14351-1

Deklarationsnummer
EPD-UMC-2010111-D

Institut Bauen und Umwelt e.V.
www.bau-umwelt.com

Institut Bauen
und Umwelt e.V.

	Kurzfassung **Umwelt-Produktdeklaration** ***Environmental Product-Declaration***
Institut Bauen und Umwelt e.V. www.bau-umwelt.com	**Programmhalter**
	Deklarationsinhaber
…	**Deklarationsnummer**
Aluminiumfenster Diese Deklaration ist eine Umweltproduktdeklaration gemäß DIN ISO 14025 und beschreibt die spezifischen Umweltwirkungen von Aluminiumfenstern. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offengelegt. Die Deklaration beruht auf dem PCR Dokument „Fenster und Türen“.	**Deklarierte Bauprodukte**
Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Instituts Bauen und Umwelt e.V. Es gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.	**Gültigkeit**
Die **Deklaration** ist vollständig und beinhaltet in ausführlicher Form: - bauphysikalische Angaben, - Angaben zu Grundstoffen und Stoffherkunft, - Beschreibungen zur Produktherstellung, - Hinweise zur Produktverarbeitung, - Angaben zum Nutzungszustand, außergewöhnlichen Einwirkungen und Nachnutzungsphase - Ökobilanzergebnisse - Nachweise und Prüfungen.	**Inhalt der Deklaration**

2. Februar 2010		**Ausstellungsdatum**
		Unterschriften
Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident der IBU)		
Diese Deklaration und die zugrundegelegten Regeln wurden gemäß DIN ISO 14025 durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.		**Prüfung der Deklaration**
		Unterschriften
Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA)	Dr. Frank Werner (Prüfer vom SVA bestellt)	

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

	Kurzfassung **Umwelt-Produktdeklaration** ***Environmental Product-Declaration***
• Wärmegedämmte Aluminiumverbundprofile; 60 - 70 mm Bautiefe • Falzdichtung aus EPDM/TPE/TPV • Verglasungsdichtung aus EPDM/TPE/TPV • Mehrscheiben-Isolierglas entsprechend EPD 2- und 3-Scheibenisolierglas • Flachglas (FG), Einscheibensicherheitsglas (ESG) und Verbundsicherheitsglas (VSG) entsprechend EPD FG, ESG, VSG • Beschläge entsprechend EPD Fensterbeschläge	Produktbeschreibung
Aluminiumfenstern zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden.	Anwendungsbereich
Die **Ökobilanz** wurde nach DIN EN ISO 14040 ff durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten von verschiedenen Firmen, generische Daten der Datenbank „GaBi 4" herangezogen. Die Ökobilanz wurde für alle Lebenszyklusphasen unter Berücksichtigung sämtlicher Vorketten wie Rohstoffgewinnung, Energiebereitstellung und Transporte („cradle to grave") durchgeführt. Die Bauphase, Nutzung durch Heizwärmebedarf (B1), Reinigung, Instandhaltung und Renovierung (B2-B7), End of life (C) sowie potentielle Gutschriften für einen weiteren Lebenszyklus (D) sind als Szenarien dargestellt. Für die in nachfolgender Tabelle dargestellten Umweltwirkungen wurde ein Grundszenario festgelegt.	Rahmen der Ökobilanz

1 m² Aluminium-Fenster		Herstellung (A)	Nutzung (B1)	Nutzung (B2-B7)	End of Life (C)	Recycling-potential (D)
Primärenergie n. erneuerbar	[MJ]	2253	9061	735	58	-1510
Primärenergie erneuerbar	[MJ]	397	4	33	1	-356
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO_2-Äqv.]	157	540	50	13	-119
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,4E-05	8,3E-07	2,7E-06	1,2E-07	-9,6E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	0,730	0,421	0,214	0,012	-0,573
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO_4-Äqv.]	0,0558	0,0624	0,0309	0,0022	-0,0375
Sommersmogpotential (POCP)	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,0482	0,0505	0,0168	0,0010	-0,0172

Ergebnisse der Ökobilanz

Erstellt durch das **Ift** Rosenheim, in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Flachglas e.V., dem Fachverband Schloss und Beschlagsindustrie e.V., dem Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V. und dem Verband Fenster + Fassade. Die Ökobilanz wurde erstellt durch die PE International GmbH. Programmhalter ist das Institut Bauen und Umwelt e.V. Gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau des BMVBS.	
Zusätzlich sind die folgenden **Nachweise und Prüfungen** in der Umweltdeklaration dargestellt: Nicht relevant	Nachweise und Prüfungen

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Aluminiumfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		11-02-2011
Deklarationsnummer:		

Geltungsbereich Diese Durchschnitts-Umwelt-Produktdeklaration gilt für Aluminiumfenster nach EN 14351-1 inkl. Dichtungen, Mehrscheiben-Isolierglas und Beschlägen.

Das verwendete MIG gilt für Verbunde mit bis zu 12mm Gesamtglasdicke. Abweichende Verglasungen können mithilfe der EPD FG, ESG und VSG berechnet werden. Bei Verwendung von ESG/VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu betrachten.

1 Produktdefinition

Produktdefinition Diese EPD ist gültig für Aluminiumfenster gemäß EN 14351-1 unabhängig ihrer Größe. Die Berechnung der Ökobilanz erfolgte anhand der in EN 14351-1 definierten Standardgröße von 1,23 m x 1,48 m.

Produktbeschreibung:

Profilsystem	Wärmegedämmtes Aluminiumverbundprofil; Bautiefe 60 - 75 mm (3-fach Glas)
Öffnungsart / Öffnungsrichtung	Dreh, Kipp, Drehkipp nach innen oder außen öffnend
Rahmenmaterial	Aluminium mit thermischer Trennung aus Polyamid bzw. Polyproplyen, ABS
Blendrahmenaußenmaß	größenunabhängig
Falzausbildung	
Falzdichtung	
Mitte	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
Oberflächenbeschichtung	
Typ	Eloxiert oder pulverbeschichtet
Füllung	
Typ	Mehrscheiben-Isolierglas 2-fach oder 3-fach entsprechend EPD Flachglas im Bauwesen
Einbau der Füllungen	
Verglasungsdichtung	
außen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
innen	Dichtungsmaterial aus EPDM/TPE/TPV
Beschläge	
Typ	Beschläge entsprechend EPD Fensterbeschläge

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Aluminiumfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 11-02-2011

Diese EPD gilt nicht für:

- Dachflächenfenster, da sich diese konstruktiv zu sehr von den deklarierten Fenstern unterscheiden
- Structural glazing
- Schaumeinlagen in der Zone der thermischen Trennung

Zusatzbauteile wie äußere bzw. innere Abschlüsse wie z.B. Rollläden, Sonnenschutzvorrichtungen, Rollladenkästen sind gesondert zu berücksichtigen

Zusätzliche Angaben für den Architekten:

- Bautiefe: z.B. 67 mm
- Rahmenansichtsbreite ca. 70 mm bis 100 mm

Zusätzlich sind die jeweiligen Systembeschreibungen des Herstellers zu berücksichtigen.

Anwendung Aluminiumfenster zur Verwendung in Wohn- und Nichtwohngebäuden

Produktnorm / Zulassung EN 14351-1

Gütesicherung Teilweise entsprechend RAL-GZ 695. Nachweis muss durch den Hersteller erfolgen.

Bautechnische Eigenschaften

Eigenschaft	Prüf bzw. Klassifizierungsnorm	Bezeichnung	Einheit	Klasse/Festgestellter Wert
Wärmeschutz	EN 10077-1 bzw. EN 12567-1	Wärmedurchgangskoeffizient U_w	W/m²*K	0,8 – 3,0
Strahlungseigenschaften	EN 410	Gesamtenergiedurchlassgrad g Lichttransmissionsgrad τ_v		0,20 – 0,70 0,30 – 0,80
Luftdurchlässigkeit	EN 12207	Klasse der Luftdurchlässigkeit		1 – 4
Schlagregendichtheit	EN 12208	Klasse der Schlagregendichtheit		1A – 9A bzw. Exxx
Schallschutz	EN 140-3 oder EN 14351-1 Anhang B	Bewertetes Schalldämmmaß R_w	dB	25 - ≥52
Widerstandsfähigkeit gegen Windlast	EN 12210	Klasse der Durchbiegung Klasse des Prüfdrucks		A – C bzw. E 1 – 5 bzw. xxx

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe: Aluminiumfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung: 11-02-2011

Die spezifischen Daten sind dem jeweiligen CE-Kennzeichen zu entnehmen.

2 Grundstoffe

Grundstoffe/ Vorprodukte

Werkstoff	Masse pro m² [1)]	Masse pro Einheit 1,23 x 1,48 m [1)]
Glas (3-Scheiben)	22,9 kg	41,7 kg
Aluminiumprofil	8,63 kg	15,7 kg
Thermische Trennung	1,19 kg	2,2 kg
Schrauben	0,06 kg	0,1 kg
Dichtprofile	1,18 kg	2,1 kg
Beschlag	1,43 kg	2,6 kg

[1)] Angaben sind Anhaltswerte

Hilfsstoffe / Zusatzmittel
Schmierstoffe (Beschlag)

Stofferläuterung
Beispiel Aluminiumprofil:
Aluminium EN AW 6060 (=AlMgSi) T5/T66 oder AW 6063 (=AlMg0.7Si) T66 nach EN 755-2
Hinweis: T5 oder T66 bezieht sich auf die thermische Behandlung des Materials.

Rohstoff-gewinnung und Stoffherkunft
Aluminium wird aus Bauxit gewonnen, welches hauptsächlich im Tagebau gefördert wird. Das Erz wird im ersten Schritt durch Natronlauge aufgeschlossen. Anschließend wird das Erz in Öfen erhitzt und es entsteht Aluminiumoxid.

Regionale und allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe
Weltweite werden die Bauxitreserven auf rund 27.000.000 Tonnen geschätzt [1]. Bei derzeitiger jährlicher Förderung von 201.000 Tonnen werden die Reserven für 135 Jahre ausreichen.

3 Produktherstellung

Produkt-herstellung

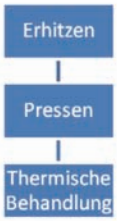
Aluminiumprofilherstellung:

Erhitzen:
Ausgangsmaterial sind Halbzeuge (Strangguss) aus Aluminium. Das Material wird auf etwa 480 °C erhitzt.

Pressen:
Der erhitzte Strang wird mit sehr hohem Druck (bis zu 4000 Tonnen) durch eine Matrize gepresst.

Thermische Behandlung:
Die Eigenschaften werden durch thermische Nachbehandlung in Spezialöfen verbessert.

© ift Rosenheim, Oktober 2011



Aluminiumfensterherstellung:

Beschichten:

Die Aluminiumprofile werden entweder eloxiert oder pulverbeschichtet.

Zusammenfügen (optional):

Die Aluminiumprofile werden mit der thermischen Trennung zusammengefügt. Dies kann jedoch auch schon beim Systemgeber erfolgen.

Sägen:

Die Profile werden auf die richtige länge abgesägt.

Fräsen:

Es werden Entwässerungs- und Beschlagsöffnungen eingefräst.

Kleben/Schweißen:

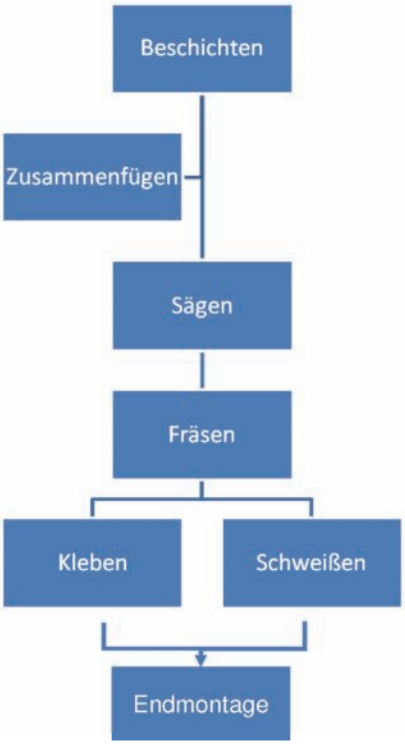
Die Profile werden entweder geklebt oder verschweißt.

Endmontage:

Endmontage aller Fensterkomponenten, wie beispielsweise Dichtungen, Beschläge, Glas. Anschließende Endkontrolle der Fenster.

Umwelt-Produktdeklaration Seite 8

Produktgruppe	Aluminiumfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		11-02-2011
Deklarationsnummer:		



Gesundheitsschutz Herstellung	**Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen/-belastungen während des Herstellungsprozesses:** Während des gesamten Herstellungsprozesses sind keine über die rechtlich festgelegten Arbeitsschutzmaßnahmen für Gewerbetreibende hinausgehende Maßnahmen zum Gesundheitsschutz erforderlich.
Umweltschutz Herstellung	**Maßnahmen zur Reduzierung der durch den Herstellungsprozess ausgelösten Umweltbelastung:** **Luft:** Die behördlich festgesetzten Grenzwerte werden eingehalten. **Wasser/Boden:** Belastungen von Wasser und Boden entstehen nicht. **Lärm:** Die Schallemissionen liegen nicht über den gesetzlichen Anforderungen.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungs-empfehlungen	**Allgemeine Grundsätze:** Die Planung und Ausführung der Montage erfolgt entsprechend dem Stand der Technik (z.B. gemäß RAL-Leitfaden zur *„Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Außentüren"*). Die Hinweise und Empfehlungen aus den Systembeschreibungen bzw. Begleitdokumenten des Herstellers sind zu beachten.
Arbeitsschutz	**Maßnahmen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes**: Bei der Montage von Aluminiumfenstern sind keine über die üblichen Arbeitsschutzmaßnahmen (wie z.B. Schutzhandschuhe) hinausgehenden Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit zu treffen.
Umweltschutz	**Maßnahmen des Umweltschutzes**: Durch Verarbeitung/Montage der genannten Produkte werden keine nennenswerten Umweltbelastungen ausgelöst. Besondere Maßnahmen zum Schutz der Umwelt sind nicht zu treffen.
Restmaterial	Restmaterialien sind zu vermeiden. Ist eine Vermeidung nicht möglich, so sind Restmaterialien sortenrein zu Trennen. bzw. getrennt zu verwerten.
Verpackung	Aluminiumfenster werden i.d.R. ohne Verpackung an die Baustelle geliefert. Verpackungsmaterialien werden sortenrein getrennt und mit dem Gewerbeabfall entsorgt.

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe	Es sind keine gefährdenden Inhaltsstoffe bekannt, die zu einer Belastung der Umwelt führen können.
Wirkungs-beziehungen Umwelt - Gesundheit	Es sind keine erhöhten Belastungen aus Aluminiumfenstern für Umwelt bzw. Gesundheit bekannt.
Beständigkeit/ Nutzungszustand	Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch und Instandhaltung ist eine mittlere technische Nutzungsdauer von 50 Jahren anzusetzen.

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand	Das Fenster besteht aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen (Klasse E nach DIN EN 13501-1 oder Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1).
Wasser	Bei Hochwasser emittieren keine gefährlichen Inhaltsstoffe in das Wasser.

7 Nachnutzungsphase

Recycling	Aluminiumfenster werden zentralen Sammelstellen zugeführt. Dabei wird das Fenster geschreddert und sortenrein getrennt. Als geschreddertes Metall (Aluminium) wird der Schrott erneut der Schmelze (LD-Konverter) zugeführt. Aluminium kann beliebig oft wiederverwertet werden. Sämtlich anderen Materialien, wie z.B. Kunststoff, Glas, Stahl werden über die entsprechenden Wege verwertet.
Verwertung	Siehe Recycling.
Entsorgung	Fensterkomponenten werden nicht entsorgt bzw. deponiert. Abfallschlüssel für Abfälle aus Aluminium ist 17 04 02.

8 Ökobilanz

8.1 Angaben zur Systemdefinition und Modellierung des Lebenszyklus

Deklarierte Einheit

Die Deklaration bezieht sich auf den Lebenszyklus von 1 m² Aluminiumfenster basierend auf den Standardmaßen 1,23 x 1,48 m.

Systemgrenzen

Die Lebenszyklusanalyse für Aluminiumfenster betrachtet alle Lebenswegabschnitte (cradle to grave), d.h. Herstellung, Nutzung und Lebensende.

In die **Herstellung (A)** sind eingeschlossen:

- Rohstoffgewinnung (A1)
- Transportwege während der Herstellphase (A2)
- Fertigung der Aluminiumfensterkomponenten (A3)
- die Herstellung des Produktes (Strom, thermische Energie, Hilfsstoffe) (A3)
- Verpackung (A3) und EoL der Verpackung (einschließlich Gutschriften für Strom und thermische Energie) (A5)
- Szenario für den Transport zur Baustelle (A4)
- Szenario für die Montage (A5)

Die Systemgrenzen für das End of Life beziehen sich auf den Lebenswegabschnitt der Verwertung, d. h. ein Recycling der Aluminiumbestandteile sowie eine thermische Verwertung der Dichtungen.

Für die Nutzung werden Szenarien für durch das Fenster induzierte Aufwendungen (B1, anteiliger Energiebedarf des Gebäudes)) und das Fenster selbst betreffende Aufwendungen (B2 – B7, d.h. Unterhalt, Instandhaltung und Renovierung über 50 Jahre) unterschieden.

Zum Lebensende sind Szenarien für Rückbau, Verwertung und Entsorgung (C1-C4) sowie das Recyclingpotential (D) beinhaltet.

Im Anhang sind für alle Szenarien (A4, A5, B1 – B7, C1 – C4) je Modul verschiedene Grundszenarien dargestellt, welche die meisten wesentlichen Möglichkeiten für das jeweilige Modul abdecken.

Annahmen und Abschätzungen

Die Datengrundlage basiert auf Datenaufnahmen aus verschiedenen Herstellerwerken. Sie geben typische Daten der Branche wieder. Die Werte wurden über die Produktionsmenge gewichtet gemittelt.

Abschneidekriterium

Es wurden alle Daten aus den Betriebsdatenerhebungen, d.h. alle eingesetzten Ausgangsstoffe und Vorprodukte, elektrische Energie und Wärme sowie alle direkten Produktionsabfälle sowie alle zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen in der Bilanzierung berücksichtigt. Für alle relevanten In- und Outputs wurden Transportaufwendungen berücksichtigt. Damit wurden auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von deutlich kleiner ein Prozent berücksichtigt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5% der Wirkkategorien nicht übersteigt.

Transporte

Transporte der Roh- und Hilfsstoffe in der Hinsicht der Herstellung des Produktes werden berücksichtigt, ebenso Transporte in der Nachnutzungsphase.

Betrachtungszeitraum

Die Datengrundlage der vorliegenden Ökobilanz beruht für die wesentlichen Teile auf den Jahren 2009 und 2010.

Hintergrunddaten

Zur Modellierung des Lebenszyklus für die Herstellung und Verwertung von Aluminiumfenstern wurde das von der PE INTERNATIONAL GmbH entwickelte Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die Fensterherstellung relevanten Hintergrund-Datensätze wurden der Datenbank der Software GaBi

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

	4 entnommen.
Datenqualität	Das Alter der verwendeten Daten liegt unter 7 Jahren.
Allokation	Das Recyclingpotenzial wurde nach der Anforderung des PCR Dokuments „Fenster und Türen“ berechnet. Es beschreibt den ökologischen Wert der „Anreicherung“ eines Materials in der „Technosphäre“. Es stellt dar, wie viele Umweltlasten dadurch im Verhältnis zur Neuerzeugung des Materials eingespart werden können (Erzeugung Strom und Wärme, Recycling von Metallen und Reduktion des Rohstoffeinsatzes in der Glasindustrie). Dichtungen werden ebenfalls einer thermischen Verwertung zugeführt und erhalten analog Gutschriften für Strom und thermische Energie aus Erdgas. Nicht verwertete Reststoffe werden in einer gemischten MVA verbrannt bzw. auf einer geeigneten Deponie abgelagert und die Lasten inputspezifisch zugerechnet.
Hinweis zur Nutzungsphase	Die Nutzungsphase des Aluminiumfensters wird mittels Szenarien abgebildet. Zur Charakterisierung energetischen Performance des Fensters wird eine Berechnung des Heizwärmebedarfs nach DIN V 4108-6 (Heizperiodenverfahren) durchgeführt. Dabei werden Transmissionswärmeverluste und solare Gewinne verrechnet, innere Gewinne des Gebäudes sowie Lüftungswärmeverluste werden nicht dem Fenster zugerechnet. Für die Berechnung des Heizwärmebedarfs wurde mit verbesserte Wärmedämmung (**B1.1.2**) mit U_w=1,0; g=0,5; τ_V =0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre für einen Anteil von 35% Süd-, je 25% Ost- und West- und 15% Nordfenster gerechnet. Es wird vorausgesetzt, dass die baulichen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz nach DIN 4108-2 erfüllt sind, d.h. keine Kühlung im Sommer notwendig ist. Der Heizwärmebedarf wird durch eine Gasheizung gedeckt. Im Basisszenario wird ein häufiger manueller Reinigungsaufwand (**B1.2.3**) angenommen (manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich). In Bezug auf Instandhaltung (**B2.2**) und Instandsetzung/Reparatur (**B3.1**) wird von einer normalen Beanspruchung ausgegangen, die für Büro- bzw. öffentliche Gebäude gilt. Das Szenario sieht einen einmaligen Austausch von Mehrscheibenisolierglas, Beschlägen und Dichtungen innerhalb einer Nutzungsdauer von 50 Jahren vor. Für das gesamte Fenster wird lt. Leitfaden Nachhaltiges Bauen des BMVBS von einer Nutzungszeit von 50 Jahren ausgegangen, so dass kein Ersatz des gesamten Fensters notwendig ist (**B4**). Das Szenario Aufarbeitung/Renovierung sieht für Aluminiumfenster keinerlei Aufarbeitung vor (**B5.1**). Während des Betriebs wird manuelle Betätigung (**B6.1**) d.h. kein Energieverbrauch durch eine motorisierte Komponente angenommen. Ein Wasserverbrauch im Betrieb (**B7**) tritt nicht auf. Der Wasserverbrauch für die Reinigung wird im Modul B1.2.3 berücksichtigt.
Wahl des End-of-life Szenarios	Zusätzlich zur Herstellung wurde die Sammlung (**C1.1**) und Verwertung bzw. das Recycling der Aluminiumfenster (**C3.3**) berücksichtigt. Es wurde eine Sammelquote von 99% angenommen. Glas und Beschläge werden vom Rahmen getrennt und recycelt. Dabei wird von einer Recyclingquote von 90 % für Glas und Metalle ausgegangen. Alle nicht erfassten Fenstermengen sowie Restfraktionen aus dem Recycling werden als „deponiert“ modelliert (**C4.3**).
Gutschriften	Das Recyclingpotential für das Aluminiumfenster wird aus den bei der Verbrennung von Dichtungen gewonnenen Energien (Strom-Mix und Wärme aus Erdgasfeuerung) den recycelten Metallen und der Verwertung der Glasscherben berechnet. Glasscherben ersetzen primäre Rohstoffe bei der Behälterglas- oder Glaswolleproduktion.

Umwelt-Produktdeklaration Seite 12

Produktgruppe	Aluminiumfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		11-02-2011
Deklarationsnummer:		

8.2 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Sachbilanz

Abbildung 1 zeigt den Primärenergieeinsatz für den Lebenszyklus von 1 m² Aluminiumfenster.

Der Verbrauch nicht regenerativer Energie für die Herstellung liegt bei ca. 2253 MJ pro m² Aluminiumfenster. Transport und Einbau beeinflussen den Primärenergieeinsatz nur marginal.

Der regenerative Energieverbrauch für die Herstellung von einem m² Aluminiumfenster liegt bei 397 MJ.

Den größten Bedarf nicht erneuerbarer Primärenergie verursacht der über 50 Jahre induzierte Heizwärmebedarf (**B1**). Reinigung, Instandhaltung und -setzung und Renovierung (**B2-B7**) schlagen mit etwa einem Drittel des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung zu Buche.

Der Aufwand nicht erneuerbarer Primärenergie für Rückbau, Recycling und Entsorgung (**C**) ist gering, das Recyclingpotential (**D**) in etwa 67% der Herstellung.

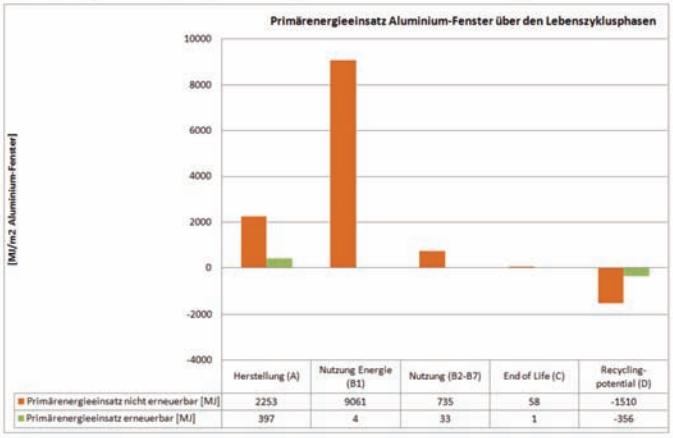


Abbildung 1: Primärenergieeinsatz der einzelnen Lebenszyklusphasen für die oben definierten Grundszenarien

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

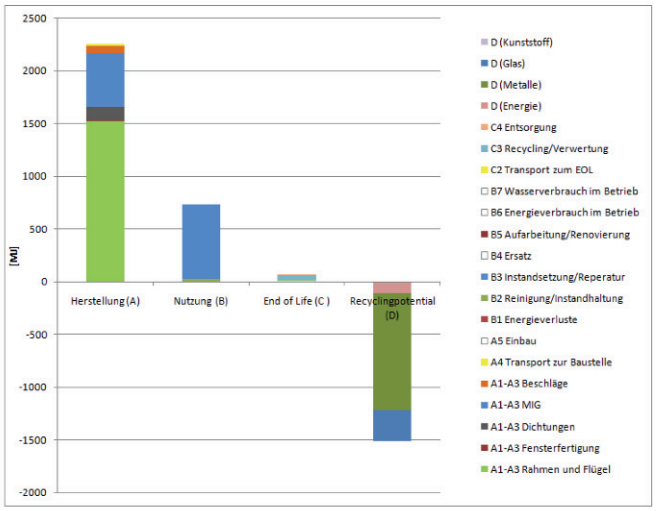


Abbildung 2: **Nicht erneuerbarer Primärenergieeinsatz des Aluminiumfenster-Lebenszyklus (ohne B1 - Heizwärmebedarf) nach Beiträgen und Lebenszyklusphasen**

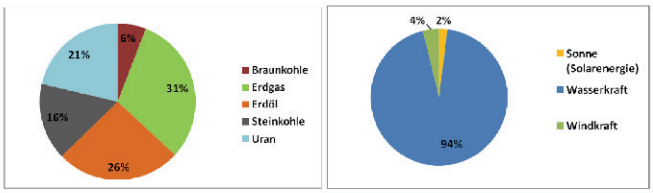


Abbildung 3: **Aufteilung des nicht erneuerbaren und des erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung des Aluminiumfenster**

Die detaillierte Auswertung (Abbildung 3) der genutzten Energiequellen der Herstellung des Aluminiumfensters zeigt, dass bei den nicht erneuerbaren Quellen Erdgas, Erdöl und Kohle zu etwa gleichen Anteilen benötigt werden, Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt. Erneuerbare Primärenergie wird überwiegend aus Wasserkraft gewonnen, Wasserkraft und Windenergie sind im deutschen Strom-Mix enthalten.

Die nachfolgende Tabelle stellt den Primärenergieeinsatz für die einzelnen Module des Lebenszyklus dar.

ROSENHEIM

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Aluminiumfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 11-02-2011

Tabelle 1: Übersicht Primärenergieeinsatz Herstellung und End of Life

Primärenergieeinsatz			
		nicht erneuerbar [MJ]	erneuerbar [MJ]
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	2237	397
	A4 Transport zur Baustelle	15	0
	A5 Einbau	0	0
B Nutzung	B1 Energieverluste	9061	4
	B2 Reinigung/Instandhaltung	26	2
	B3 Instandsetzung/Reperatur	709	31
	B4 Ersatz	0	0
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0	0
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0	0
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb	0	0
C End of Life	C1 Rückbau	0	0
	C2 Transport zum EOL	7	0
	C3 Recycling/Verwertung	50	1
	C4 Entsorgung	1	0
D Recyclingpotential		-1510	-356

Wasser

Im Lebenszyklus des Fensters werden ca. 0,8 m^3 Wasser verbraucht, der größte Anteil während der Nutzung zur Fensterreinigung.

Tabelle 2: Wasserverbrauch des Aluminiumfensters über den Lebenszyklus

1 m^2 Aluminiumfenster					
		[Herstellung (A)	Nutzung (B)	End of Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Wassernutzung	**[kg]**	**313**	**667**	**20**	**-194**

Abfälle

Die Auswertung des Abfallaufkommens zur Herstellung von einem m^2 Aluminiumfenster wird getrennt für die Fraktionen Abraum/Haldengüter, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, Sonderabfälle und radioaktive Abfälle dargestellt. Da die Abfallbehandlung innerhalb der Systemgrenzen modelliert ist, sind die dargestellten Mengen die abgelagerten Abfälle.

Tabelle 3: Abfallaufkommen des Aluminiumfensters über den Lebenszyklus

1 m^2 Aluminiumfenster					
		[Herstellung (A)	Nutzung (B)	End of Life (C)	Recyclingpotenzial (D)
Abraum/ Haldengüter	**[kg]**	297	174	8	-212
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	**[kg]**	0,684	1,231	0,814	-0,411
Sonderabfälle	**[kg]**	0,707	0,102	0,192	-0,327
Radioaktive Abfälle	**[kg]**	0,172	0,044	0,001	-0,120

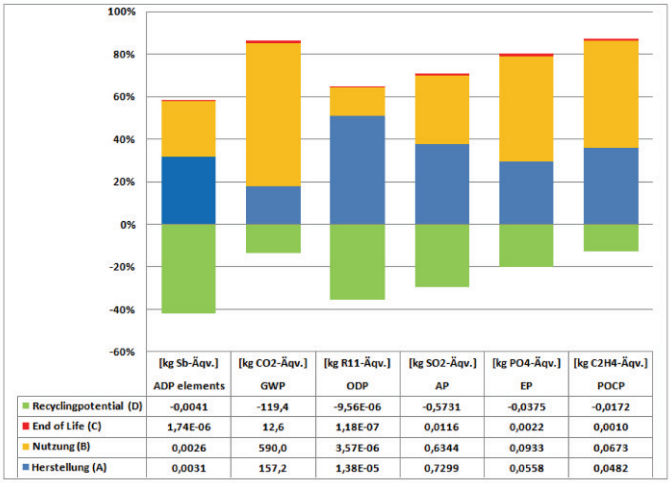
© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Aluminiumfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 11-02-2011

Wirkungs-abschätzung

Die folgende Abbildung zeigt die Umweltwirkungen von 1 m² Aluminiumfenster:



	[kg Sb-Äqv.] ADP elements	[kg CO2-Äqv.] GWP	[kg R11-Äqv.] ODP	[kg SO2-Äqv.] AP	[kg PO4-Äqv.] EP	[kg C2H4-Äqv.] POCP
Recyclingpotential (D)	-0,0041	-119,4	-9,56E-06	-0,5731	-0,0375	-0,0172
End of Life (C)	1,74E-06	12,6	1,18E-07	0,0116	0,0022	0,0010
Nutzung (B)	0,0026	590,0	3,57E-06	0,6344	0,0933	0,0673
Herstellung (A)	0,0031	157,2	1,38E-05	0,7299	0,0558	0,0482

Abbildung 4: **Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Aluminiumfenster (Lebenszyklus-phasen)**

Tabelle 4: **Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Aluminiumfenster**

Wirkungsabschätzung 1 m² Aluminium-Fenster		ADP elements	GWP	ODP	AP	EP	POCP
A Herstellung	A1-A3 Herstellung	0,00310	156	1,4E-05	7,2E-01	0,0545	0,0476
	A4 Transport zur Baustelle	0,00000	1	1,9E-09	5,5E-03	0,0013	0,0005
	A5 Einbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
B Nutzung	B1 Energieverluste	0,00004	540	8,3E-07	4,2E-01	0,0624	0,0505
	B2 Reinigung/Instandhaltung	0,00000	1	6,0E-08	3,0E-03	0,0011	0,0010
	B3 Instandsetzung/Reperatur	0,00255	49	2,7E-06	2,1E-01	0,0298	0,0158
	B4 Ersatz	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B5 Aufarbeitung/Renovierung	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B6 Energieverbrauch im Betrieb	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	B7 Wasserverbrauch im Betrieb						
C End of Life	C1 Rückbau	0,00000	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0000	0,0000
	C2 Transport zum EOL	0,00000	1	8,9E-10	1,6E-03	0,0003	0,0002
	C3 Recycling/Verwertung	0,00000	12	1,2E-07	9,7E-03	0,0014	0,0007
	C4 Entsorgung	0,00000	0	1,0E-09	4,2E-04	0,0004	0,0001
D Recyclingpotential		-0,00414	-119	-9,6E-06	-5,7E-01	-0,0375	-0,0172

Das Ressourcenverbrauchspotential ($ADP_{elements}$) wird durch die für die Glasgewinnung benötigten Rohstoffe sowie die eingesetzten Erze für den Beschlag bestimmt. Durch eine hohe Verwertungsquote ergibt sich dadurch ein deutlich erkennbares Recyclingpotential.

Das Treibhauspotenzial wird von Kohlendioxidemissionen dominiert. Den größten Bei-

trag liefern die Heizwärmeverluste.

Wesentlichsten Anteil am Ozonabbaupotenzial hat der Stromverbrauch während der Herstellung des Aluminiumprofils.

Zum Versauerungspotential tragen vor allem Schwefeldioxid und Stickoxidemissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung bei.

Das Überdüngungspotenzial wird durch Stickoxidemissionen dominiert.

Das Sommersmogpotenzial wird durch VOC-Emissionen des Wärmeerzeugers zur Deckung des Heizwärmebedarfs sowie der Glasherstellung dominiert.

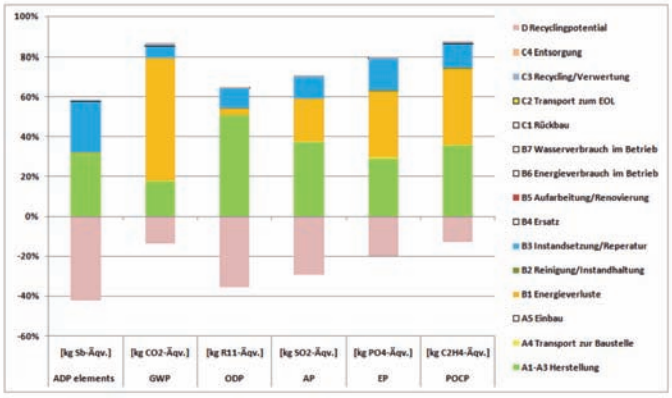


Abbildung 5: Wirkungsabschätzung Lebenszyklus für 1 m² Aluminiumfenster nach Einzelmodulen

9 Nachweise

Formaldehyd- und VOC-Emissionen

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „*Untersuchung der Emissionen von Fenstern und Außentüren zur Bewertung des Verhaltens von Bauelementen in Bezug auf Hygiene, Umweltschutz und Gesundheit*“ (gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau) wurden Fenster und Fensterkomponenten auf ihr VOC-Emissionsverhalten durch umfangreiche Messungen durchgeführt. Sämtliche, im Rahmen des Vorhabens untersuchten Fenster und Fensterkomponenten erfüllen die Entscheidungskriterien des AgBB-Schemas [ift 2010].

In einem eigenständigen weiteren Vorhaben des Fraunhofer Instituts für Holzforschung WKI in Braunschweig wurden ebenfalls Untersuchungen von VOC Emissionen an Fensterelementen durchgeführt. Auch hier erfüllten die geprüften Fenster die Entscheidungskriterien des AgBB Schemas [WKI 2010].

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument Fenster und Türen.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025: ☐ intern ☒ extern
Validierung der Deklaration: Dr. Frank Werner

11 Literatur

IBU 2006	Leitfaden Umwelt-Produktdeklarationen (Ausgabe 20.01.2006) für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.bau-umwelt.com
BMVBW 2001	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin, 2001.
Gabi 2009	GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung, LBP Universität Stuttgart und PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen 1992 – 2009, www.gabi-software.com
RAL-Montage	Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von Fenstern und Haustüren
PCR Schlösser und Beschläge	PCR Schlösser und Beschläge, Product Category Rules
PCR Flachglas im Bauwesen	PCR Flachglas im Bauwesen, Product Category Rules
EPD FG, ESG, VSG	EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas *in Arbeit*, EPD-xxx2011xxx
EPD 2-UND 3-SCHEIBENISOLIER-GLAS	EPD 2-und 3-Scheibenisolierglas, Bundesverband Flachglas e.V. *in Arbeit*, EPD-xxx2011xxx
EPD FENSTERBE-SCHLÄGE	EPD Fensterbeschläge EPD-FVS-2011311-D des Fachverband Schloss- und Beschlagindustrie e.V.
[1]	Lee Bray: „ U.S. Geological Survey - Mineral Commodity Summaries“. Washington. 2010

Normen und Gesetze

DIN ISO 14025	Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren
DIN EN ISO 14040	Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
DIN EN ISO 14044	Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
EN 14351-1/A1	Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit
EN ISO 10077-	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung

1	des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines
EN ISO 12567-1	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen - Bestimmung des Warmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens Teil 1: Komplette Fenster und Türen
EN 410	Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen
EN 12207	Fenster und Türen – Luftdurchlässigkeit – Klassifizierung
EN 12208	Fenster und Türen – Schlagregendichtheit – Klassifizierung
EN 12210	Fenster und Türen- Widerstandsfähigkeit bei Windlast - Klassifizierung (enthält Berichtigung AC:2002)
EN 140-3	Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen
EN 13501-1	Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1 Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten
DIN 4102-1	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Bundesimmissionsschutzgesez - BImSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen (Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG), 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830)

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Aluminiumfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		11-02-2011
Deklarationsnummer:		

Projektbeteiligte:

Bundesverband Flachglas e.V.

Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V.

Offerstraße 12
42551 Velbert

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Rheinufer 108
53639 Königswinter

ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

PE International GmbH

Hauptstraße 111 – 113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.

Am Hofgarten 1-2
53113 Bonn

Verband Fenster + Fassade

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe	Aluminiumfenster	Erstellung
Deklarationsinhaber:		11-02-2011
Deklarationsnummer:		

Das EPD-Dokument stellt ein Ergebnis des Forschungsprojektes „Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden" dar. Dieses wurde gefördert durch:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau"

**Bundesinstitut für Bau-, und Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)**

Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Aluminiumfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 11-02-2011

Anhang: Beschreibung der Lebenszyklusszenarien für Fenster und Türen

Herstellungsphase			Baustadium		Nutzungsstadium							Nachnutzungsstadium				Recyclingpotential		
	Transport	Herstellung	Transport	Einbau/Installation	Nutzung	Instandhaltung	Instandsetzung/ Reparatur	Ersatz	Aufbereitung/Renovierung/Sanierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau	Transport	Wiederverwertung/ Recycling	Entsorgung/ Endlagerung	Wiederverwendung/	Wiederaufbereitung/	Recyclingpotential
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		

Die Berechnung der Szenarien wurde unter Berücksichtigung einer Nutzungsdauer von 50 Jahren (gemäß der Tabelle „Nutzungsdauern von Bauteilen" des Informationsportals Nachhaltiges Bauen – Baustoff- und Gebäudedaten – „mittlerer Wert") vorgenommen.

A4 Transport vom Werkstor zur Baustelle

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A4.1	Kleinserien Direktvermarktung	7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.2	Kleinserien über lokale Hersteller	7,5 t LKW, voll ausgelastet 50 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück
A4.3	**Kleinserien über Händler**	**40 t LKW, voll ausgelastet 150 km und 7,5 t LKW, 20% Beladung, ca. 50 km hin und leer zurück**
A4.4	Großprojekt	40 t LKW, voll ausgelastet (Deutschlandweit) ca. 150 km

1 m² Aluminium-Fenster		A4.1	A4.2	A4.3	A4.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	12	15	15	4
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	0	0
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	2,8E-08	3,5E-08	3,7E-08	8,8E-09
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,8	1,0	1,1	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,5E-09	1,8E-09	1,9E-09	4,6E-10
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0037	0,0046	0,0055	0,0018
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0009	0,0011	0,0013	0,0004
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0004	0,0005	0,0005	0,0002

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

A5 Einbau /Installation in das Gebäude (inkl. Hilfsmittel)

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
A5.1	**händisch**	**Das Fenster wird ohne zusätzliche Hebe- und Hilfsmaßnahmen installiert!**
A5.2	kleiner Hebewagen	Für die Installation der Elemente wird eine kleine Hebebühne bzw. ein Hebewagen benötigt.
A5.3	Kran	Für die Installation der Elemente ist ein Kran erforderlich!

Einbau/Installation der Fenster als Bestandteil der Baustellenabwicklung wird auf Gebäudeebene erfasst.

B 1.1 Heizwärmebedarf

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.1.1	Standard	U_W=1,3; g=0,6; τ_V=0,8 über den Zeitraum von 50 Jahre
B1.1.2	**verbesserte Wärmedämmung**	**U_W=1,0; g=0,5; τ_V=0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre**
B1.1.3	hochwärmedämmend	U_W=0,8; g=0,5; τ_V=0,7 über den Zeitraum von 50 Jahre
B1.1.4	Sonnenschutz-verglasung	U_W=1,3; g=0,3; τ_V=0,6 über den Zeitraum von 50 Jahre

* Sonnenschutzverglasungen werden in der Regel zu Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes als auch zur Reduzierung bzw. der Vermeidung von Energieaufwendungen zur Klimatisierung eingesetzt. Im Rahmen der Betrachtung des reinen Heizwärmebedarfs können diese Effekte nicht berücksichtigt werden.

1 m² Aluminium-Fenster		B1.1	B1.2	B1.3	B1.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	11238	9061	6552	16000
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	5	4	3	8
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	18	15	11	26
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	60	48	35	85
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Sonderabfälle	[kg]	0,0120	0,0097	0,0070	0,0171
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	4,7E-05	3,8E-05	2,7E-05	6,6E-05
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	669,7	540,0	390,4	953,5
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,0E-06	8,3E-07	6,0E-07	1,5E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,5218	0,4207	0,3042	0,7429
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0774	0,0624	0,0451	0,1102
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0626	0,0505	0,0365	0,0892

B 2.1 Reinigungsaufwand

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B1.2.1	selten manuell	unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, jährlich
B1.2.2	selten mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage, etc. – jährlich
B1.2.3	**häufig manuell**	**unter 2,5 m oder als Industriekletterer, manuell mit geeigneten Reinigungsmitteln, ¼-jährlich**
B1.2.4	häufig mit Maschinen	über 2,5 m mit Hubsteiger, Krananlagen, Befahranlage, etc. – ¼-jährlich

1 m² Aluminium-Fenster		B2.1.1	B2.1.2	B2.1.3	B2.1.4
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	6	31	22	49
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	4	2	5
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	133	520	532	2070
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	9	1	10
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0004	0,0005	0,0017	0,0017
Sonderabfälle	[kg]	0,0009	0,0041	0,0037	0,0068
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	7,2E-08	1,3E-07	2,9E-07	3,5E-07
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,2	1,7	0,6	2,2
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,4E-08	2,6E-07	5,8E-08	3,1E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0007	0,0029	0,0026	0,0050
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0003	0,0005	0,0011	0,0013
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0002	0,0004	0,0010	0,0012

B2.2 Instandhaltung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B2.1	**geringe Beanspruchung (z.B. Wohnungsbau)**	**2-jähriges Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen**
B2.2	normale Beanspruchung (z.B. Büro- bzw. öffentliche Gebäude)	jährliche Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen
B2.3	hohe Beanspruchung (z.B. Schulen und Hotels)	½-jährlich Reinigen und Schmieren/Fetten der Beschläge, auf Beschädigung prüfen und ggf. Instandsetzen

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration

Produktgruppe Aluminiumfenster
Deklarationsinhaber:
Deklarationsnummer:
Erstellung 11-02-2011

1 m² Aluminium-Fenster		B2.2.1	B2.2.2	B2.2.3
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	4	7	15
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	0	0
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	0	1
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	0	0
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0,0000	0,0000	0,0001
Sonderabfälle	[kg]	0,0000	0,0001	0,0002
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	1,1E-08	2,2E-08	4,3E-08
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0,1	0,1	0,3
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,9E-09	3,8E-09	7,5E-09
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,0004	0,0007	0,0014
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0001
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0000	0,0001	0,0002

B3 Instandsetzung/Reparatur

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B3.1	normale Beanspruchung	Einmaliger Austausch; Beschläge, Dichtungen, Glas inkl. Glasdichtung ggf. Instandsetzen/Reparieren

1 m² Aluminium-Fenster		B3.1
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	709
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	31
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0
Wassernutzung	[kg]	119
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	124
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	1,3536
Sonderabfälle	[kg]	0,0765
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	2,5E-03
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	49,4
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	2,7E-06
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0,2107
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0,0298
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0,0158

B4 Ersatz

Bei der hier angesetzten Nutzungsdauer von 50 Jahren ist kein Fensterersatz vorgesehen

B5 Aufarbeitung/Renovierung/Sanieren

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B5.1	Keine Aufarbeitung	Metall- und Kunststoffrahmen

B6 Energieverbrauch im Betrieb

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
B6.1	Handbetätigt	Kein Energieverbrauch im Betrieb
B6.2	Kraftbetätigt	pro Antrieb: 0,33 Wh; 1 mal pro Tag auf und zu → 6 kWh / 50a

1 m² Fenster		B6.1	B6.2
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	[MJ]	0	61
Primärenergiebedarf erneuerbar	[MJ]	0	8
Sekundärbrennstoffe	[MJ]	0	0
Wassernutzung	[kg]	0	8
Abraum und Erzaufbereitungsrückstände	[kg]	0	21
Hausmüll und Gewerbeabfälle	[kg]	0	0,0001
Sonderabfälle	[kg]	0	0,0075
Ressourcen (ADP elements)	[kg Sb-Äqv.]	0	1,37E-07
Treibhauspotential (GWP)	[kg CO2-Äqv.]	0	3,6
Ozonabbaupotential (ODP)	[kg R11-Äqv.]	0	5,99E-07
Versauerungspotential (AP)	[kg SO2-Äqv.]	0	0,0054
Eutrophierungspotential (EP)	[kg PO4-Äqv.]	0	0,0005
Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP)	[kg C2H4-Äqv.]	0	0,0004

B7 Wasserverbrauch im Betrieb

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
7	Nicht zutreffend	Kein Wasserverbrauch bei bestimmungsgemäßem Betrieb. Wasserverbrauch für Reinigung wird in Modul B1.2 angegeben.

12 C1 Rückbau

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C1.1	Ausbau	Aluminiumfenster 99 % Rückbau; Holz-, Stahl- und Kunststofffenster 95 % Rückbau; Der Energieverbrauch beim Rückbau kann vernachlässigt werden.

© ift Rosenheim, Oktober 2011

13 C2 Transport z.B. zur Sammelstelle oder Deponie

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C2.3	Alu -Fenster	Transport zu Sammelstelle mit 7,5 t LKW, voll ausgelastet 50 km, von Sammelstelle zu Recyclinganlage mit 40 t LKW, voll ausgelastet (Deutschlandweit) ca. 150 km

14 C3 Wiederverwertung / Recycling

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C3.3	Metall-Fenster	Demontage der Verglasung (90%), Rückführung Aluminium 98%, Rückführung restlicher Metalle (90%)

C4 Entsorgung/Endlagerung

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C4.3	Metall-Fenster	Die nicht erfassbaren Mengen und Verluste in der Verwertungs-/Recyclingkette (C1 und C3) werden als „deponiert“ modelliert.

D Recyclingpotential

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
D3	Metall-Fenster	Alu-Recyklat aus C3.3 abzüglich des in A3 eingesetzten Rezyklats ersetzt zu 100 % Alu Fenstercompound; Stahl-Schrott aus C3.1 abzüglich des in A3 eingesetzten Schrotts ersetzt zu 100 % Stahl; Glas wird zu etwa 95% rezykliert Gutschriften aus MVA: Strom ersetzt Strommix Deutschland; thermische Energie ersetzt thermische Energie aus Erdgas.

Forschung & Entwicklung

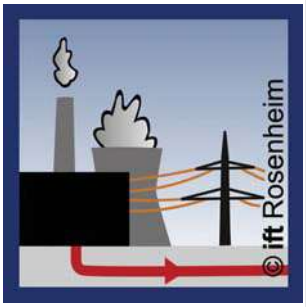
Das Institut für
Fenster und Fassaden,
Türen und Tore,
Glas und Baustoffe

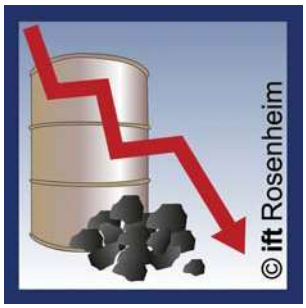
Abschlussbericht

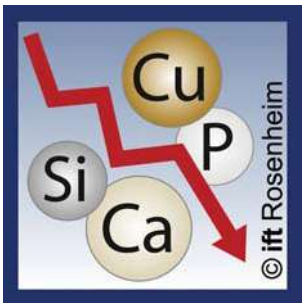
EPDs für transparente Bauelemente

Anlage B Flachglas im Bauwesen

Oktober 2011







© ift Rosenheim

Abschlussbericht
EPDs für transparente Bauelemente
Anlage B Flachglas im Bauwesen

Thema	Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden
Kurztitel	EPDs für transparente Bauelemente
Gefördert durch	Der Forschungsbericht wurde mit den Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumordnung gefördert. Aktenzeichen: SF-10.08.18.7-09.21/II 3-F20-09-1-067 Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.
Forschungsstelle 1	**ift** gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH
Projektleitung	Dipl.-Ing. (FH) Bernhard von Houwald
Projektbearbeitung	Dipl.-Ing. (FH) Bernhard von Houwald Dipl.-Ing. (FH) Patrick Wortner
Forschungsstelle 2	PE INERNATIONAL GmbH Dipl.-Ing. Johannes Kreißig
Forschungsstelle 3	Institut Bauen und Umwelt e.V. Dipl.-Ing. Hans Peters

Rosenheim, Oktober 2011

Inhaltsverzeichnis

	Seite
PCR Flachglas im Bauwesen	1
EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas	19
EPD 2- und 3-Scheiben-Isolierglas	43

PCR Flachglas im Bauwesen

PCR Flachglas im Bauwesen

Product Category Rules

Regeln für Umwelt-Produktdeklarationen

- Flachglas im Bauwesen -

Product Category Rules vom IBU – Sachverständigenausschuss zugelassen
Stand: 16.April 2010

Erarbeitet im Rahmen des Forschungsprojekts
„Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 2
Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Geltungsbereich dieser PCR

Diese Produktkategorienregeln (PCR) sind anwendbar auf:

- Mehrscheiben-Isolierglas nach EN 1279
- Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronsilicatglas nach EN 572-9:
  - Floatglas
  - Poliertes Drahtglas
  - Gezogenes Flachglas
  - Ornamentglas
  - Drahtornamentglas
  - Profilbauglas
- Beschichtetes Glas nach EN 1096-4
- Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas nach EN 12150-2
- Heißgelagertes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas (ESG-H)
- Teilvorgespanntes Glas (TVG) nach DIN EN 1863
- Verbundsicherheitsglas mit PVB-Folie nach EN 14449
- Verbundglas nach EN 14449
- Brandschutzglas nach EN 14449

Inhalt

Diese PCR legen die produktgruppenspezifischen Regeln fest für:

- die Erstellung der Umweltdeklaration (EPD)
- die Berechnung der Ökobilanz
- die Erstellung des Hintergrundberichtes zur Ökobilanz

Zusätzlich gelten die allgemeinen Programmregeln des Institutes Bauen & Umwelt (IBU), wie sie im aktuellen Allgemeinen Leitfaden festgelegt sind.

Nachverfolgung der Versionen

Version	Änderungen	Zugelassen vom SVA
1	Erarbeitet im Rahmen des Projekts „EPDs für transparente Bauelemente“ gefördert durch die Forschungsinitiative „Zukunft Bau“	16.4.2010

Datum der nächsten turnusgemäßen Revision dieser PCR: 04-2013

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 3
Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Teil 1: Regeln für die Erstellung einer Umweltdeklaration für Bauprodukte

Grundsätzliches

Die Formatvorlage des IBU ist zu verwenden.

Titelblatt

Entsprechend der IBU-Vorlage muss das Titelblatt folgende Elemente enthalten:

- Hinweis: "Umweltdeklaration nach ISO 14025
- Bezeichnung des/der Produkte/s
- Name des/der Hersteller/s
- Deklarationsnummer
- Vollständiger Name des IBU, Logo des IBU und Webadresse
- Zwei angemessene Bilder
- Bei Verbands-EPD: Kennzeichnung, Name, Adresse und Logo des Verbandes

Kurzfassung, Seite 1

Entsprechend der IBU-Vorlage muss Seite 1 der Kurzfassung folgende Elemente enthalten:

- Angemessenes Bild
- Name des Programmhalters inkl. web-Adresse
- Deklarationsinhaber, Name, Adresse
- Deklarationsnummer
- Bezeichnung des deklarierten Bauprodukts; bei Durchschnittsangaben, Bezeichnung des Durchschnitts
- Name der PCR inkl. Version
- Text zur Gültigkeit der Deklaration gemäß Vorlage; zur Gültigkeit der EPDs, siehe IBU Leitfaden
- Inhaltsangabe der vollständigen Deklaration gemäß Vorlage
- Datum der Deklarationsausstellung

Durch IBU ergänzt: Namen und Unterschriften des Vorsitzendes des IBU, des Vorsitzenden des SVA und des Verifizierers der EPD

Kurzfassung, Seite 2

Entsprechend der IBU-Vorlage muss Seite 2 der Kurzfassung folgende Elemente enthalten:

- Produktbeschreibung
- Beschreibung des Anwendungsbereiches der deklarierten Produkte
- Beschreibung des Rahmen der Ökobilanz, inkl. Systemgrenze und gegebenenfalls relevante Allokationen
- Tabellarische Darstellung der Ergebnisse der Ökobilanz (Indikatoren und Einheiten gemäß Leitfaden) unter Nennung der funktionalen Einheit; eine graphische Darstellung der (Teil-) Ergebnisse der Ökobilanz ist nicht zulässig.
- Prüfungen und Nachweise gemäß PCR inkl. Prüfnorm und Prüfdatum

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 4
Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Langfassung der Umweltdeklaration

Kopfzeile

Entsprechend der IBU-Vorlage muss die Kopfzeile folgende Elemente enthalten:

- Name und Version der EPD
- Deklarationsinhaber
- Deklarationsnummer
- Erstellungsdatum

Geltungsbereich

Die Produkte, Werke und deren Standortländer, auf deren Daten die Ökobilanz beruht und für die die Deklaration gilt, sind zu nennen. Bei Durchschnitts-EPDs, z.B. Verbands-EPDs, muss auf diese Art der EPD hingewiesen werden. Die betrachteten Werke/Firmen, auf deren Daten die Ökobilanz beruht und für die die Deklaration gilt, müssen genannt werden.

1 Produktdefinition

Produktdefinition

Die deklarierten Produkte müssen beschreiben werden.

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:

Mehrscheiben-Isolierglas ist eine mechanisch stabile und haltbare Einheit aus mindestens zwei Glasscheiben, die durch einen oder mehrere Abstandhalter voneinander getrennt und im Randbereich hermetisch versiegelt ist. Der Scheibenzwischenraum ist mit einem wärmedämmenden Gas gefüllt.

Der Aufbau ist wie folgt:

2-fach Verglasung 4/16/4

Anwendung

Der Einsatzzweck der genannten Produkte ist zu spezifizieren.

Inverkehrbringung / Anwendungsregeln

Die zutreffende Norm bzw. die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder vergleichbare nationale Regelung muss genannt werden.

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:

nach EN 1279

Gütesicherung

Es können Angaben zur Gütesicherung (Produktbezogen) gemacht werden. Qualitätsmanagmentsysteme (QMS) können benannt werden.

Lieferzustand, Eigenschaften

Die Abmessungen der deklarierten Produkte im Lieferzustand müssen angeben werden.

Bautechnische Daten

Die bauphysikalischen Daten der deklarierten Produkte im Lieferzustand sind unter Verweis auf die Prüfnorm zu benennen:

- Wärmedurchgangskoeffizient
- Gesamtenergie-Durchlassgrad
- Lichttransmissionsgrad

Optional können weitere bautechnische Daten wie z.B. das Schalldämmmaß angegeben werden.

Zusätzlich kann auf die Typenlisten oder die CE Kennzeichnung verwiesen werden.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Beispiel:

		Prüfnorm	Einheit	Messwert
Wärmedurch-gangskoeffizient	U_g-Wert	DIN EN 673	W/(m²*K)	
Gesamtenergie-Durchlassgrad	g-Wert	DIN EN 410	%	
Lichttransmissi-onsgrad	τ_V	DIN EN 410	%	
Schalldämmmaß	R_W-Wert	DIN EN 20140-3 und DIN EN ISO 717-1	dB(A)	

2 Grundstoffe

Grundstoffe/ Vorprodukte

Die wesentlichen Grundstoffe bzw. Vorprodukte sind für die jeweiligen Komponenten in Massenprozent anzugeben.

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:

Das Vorprodukt ist Kalk-Natronsilicatglas (Floatglas). *Die wesentlichen Bestandteile hierfür sind die natürlich vorkommenden Rohstoffe Sand (Siliziumkarbonat, 59 %), Soda (Natriumkarbonat, 18 %), Dolomit (15 %), Kalk (Kalziumkarbonat, 4 %), Nephelin (3 %) und Sulfat (1 %).*

Hilfsstoffe/ Zusatzmittel und Stofferläuterung

Deklaration der Hilfsstoffe und Zusatzmittel

Hinweise wie „… ist frei von…“ dürfen nicht verwendet werden.

Rohstoffgewinnung und Stoffherkunft

Angaben zur Rohstoffgewinnung und zur durchschnittlichen Transportentfernung der eingesetzten Grundstoffe oder Vorprodukte

Verfügbarkeit der Rohstoffe

Angaben zur allgemeinen und zur regionalen Verfügbarkeit der eingesetzten Rohstoffe müssen gemacht werden.

Die Ausführungen zur Ressourcenverfügbarkeit müssen sachbezogen sein

(nicht: „… Verbrauch der Firma im Vergleich zum Weltverbrauch vernachlässigbar…“).

Beispiel Kalk-Natronsilicatglas:

Die natürlich vorkommenden Rohstoffe sind praktisch unbegrenzt verfügbar. Der Rohstoffgemenge werden ca. 25 % Scherben zugesetzt. Dadurch wird die Schmelztemperatur gesenkt.

3 Produktherstellung

Produktherstellung

Der Herstellungsprozess muss beschrieben und evt. mit einer einfachen Grafik illustrieret werden.

Gilt die EPD für mehrere Standorte, müssen die Produktionsverfahren aller Standorte beschreiben werden.

Beispiel Kalk-Natronsilicatglas (Floatglas):

Die Rohstoffe gelangen als Gemenge in den Schmelzofen und werden dort, in der Regel mittels Gas als Energieträger, mit einer Temperatur von ca. 1.560 °C geschmolzen. Die Formgebung erfolgt durch Ausbreitung der flüssigen Glasmasse auf einem Bad aus geschmolzenem Zinn. Nach gleichmäßiger Abkühlung wird das Glasband zugeschnitten.

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:

Glasscheiben werden mit einem oder mehreren Abstandhalterprofilen aus Aluminium, Edelstahl oder Kunststoff / -Metallkombinationen oder mit organischen Materialien auf den gewünschten Abstand gebracht und mit Hilfe von zwei Dichtstoff-Ebenen verbunden sowie gasdicht versiegelt, nachdem die Scheibenzwischenräume mit Edelgas (i. d. R. Argon) gefüllt wurden.

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 6
Produktgruppe Status	**PGF Flachglas** PCR vom SVA bestätigt	Erstellung 16. April 2010

Gesundheitsschutz Herstellung	Darstellung von Maßnahmen des Gesundheitsschutzes im Herstellprozess, die über die nationalen Vorschriften (des Produktionslandes) hinausgehen.
Umweltschutz Herstellung	Darstellung von Maßnahmen des Umweltschutzes im Herstellprozess, die über die nationalen Vorschriften oder anlagenspezifischen Anforderungen hinausgehen, z.B. Beschreibung des besonders umweltfreundlichen Umgangs mit Abluft, Abwasser und Abfällen, sowie Lärmemissionen. Angaben zum Umweltmanagementsystem (falls vorhanden).

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungs-empfehlungen	Beschreibung der Art der Bearbeitung, der einzusetzenden Maschinen, Werkzeuge, Staubabsaugung, etc. und Hilfsstoffe wie Dichtstoffe, Klötze, etc. sowie der Maßnahmen zur Lärmminderung. Hinweise auf Regeln der Technik und des Arbeits- und Umweltschutzes sind möglich.
Arbeitsschutz/ Umweltschutz	Beschreibung der Maßnahmen zum Arbeits- und Umweltschutz. *Beispiel:* *Es sind die Arbeitsschutzmaßnahmen nach BGI 5084 „Glaser- und Fensterbauarbeiten" zu beachten:*
Restmaterial	Die Verwertung der Restmaterialien, z. B. die Handhabung der Reste, Sortierung, Verwertung und Beseitigung muss deklariert werden.
Verpackung	Es sind Angaben zur produktspezifischen Verpackung und deren Entsorgung zu machen. Ggf. ist der der Abfallschlüssel anzugeben. *Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:* *Mehrscheiben-Isolierglas wird auf Mehrweg-Gestellen ausgeliefert.*

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe	Hier sollen Hinweise auf Besonderheiten der stofflichen Zusammensetzung für den Zeitraum der Nutzung angegeben werden. *Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:* *Glas ist inert.*
Wirkungsbeziehungen Umwelt - Gesundheit	Hinweise auf Wirkungsbeziehungen zwischen Produkt, Umwelt und Gesundheit. Mögliche Schadstoffgehalte oder Emissionen. Wenn Testergebnisse mit Nachweisgrenze deklariert werden, muss die Nachweisgrenze spezifiziert werden
Nutzungsdauer	Angaben zur Nutzungsdauer und Einflüsse auf die Alterung bei Anwendung nach den Regeln der Technik: *Beispiel:* *Die Nutzungsdauer von Mehrscheiben-Isolierglas beträgt mind. 25 Jahre.*

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand	Angabe des Brandverhaltens einschließlich, sofern relevant: - Baustoffklasse (DIN EN 13501-1 oder geltende nationale Regelung) - Rauchgasentwicklung - brennendes Abtropfen - Toxizität der Brandgase

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:

Mehrscheiben-Isolierglas ist in die Baustoffklasse A1 nach DIN EN 13501-1 (nicht brennbar) eingestuft.

Wasser

Angabe des Verhaltens des Produkts, einschließlich möglicher Folgen auf die Umwelt bei unvorhergesehener Wassereinwirkung, z.B. Hochwasser:

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas:

Mehrscheiben-Isolierglas wird durch Wasser nicht angegriffen. Es werden keine Wasser gefährdende Inhaltsstoffe ausgewaschen.

7 Nachnutzungsphase

Wiederverwertung

Möglichkeiten der Wiederverwertung (gemäß VDI 2243).

Beispiel Kalk-Natronsilicatglas (Floatglas):

Floatglas wird im Falle sortenreinen Vorliegens dem Herstellungsprozess wieder zugeführt.

Weiterverwertung

Möglichkeiten der Weiterverwertung (gemäß VDI 2243) sind zu nennen.

Beispiel:

Glas in Glaswolle oder Schaumglas.

Entsorgung

Die möglichen Entsorgungswege sind zu nennen.

Der Abfallschlüssel nach Abfallverwertungsverzeichnis ist anzugeben.

8 Ökobilanz

Eine beschreibende und auf plausiblen, transparenten und nachvollziehbaren Daten beruhende Ökobilanz nach ISO 14040 ff, muss eingereicht werden. Modellannahmen mit relevantem Einfluss auf die deklarierten Ergebnisse sind in der EPD klar zu benennen.

Siehe Teil 2 „Regeln zur Erstellung des Hintergrundberichtes" Für die methodischen Details zur Berechnung und Dokumentation der Ökobilanz.

Vergleichende Darstellungen mit anderen Produkten sind nicht zulässig.

8.1 Angaben zur Systemdefinition und Modellierung des Lebenszyklus

Deklarierte Einheit

Die deklarierten Einheiten sind entsprechend Teil 2 anzugeben.

Beispiele:

Deklarierte Einheit ist 1 m² Mehrscheiben-Isolierglas, 2-fach Isolierverglasung 4/16/4, u_g = 1,1W/m² K

Systemgrenzen

Die Systemgrenze ist entsprechend Teil 2 zu dokumentieren.

Beispiel Mehrscheiben-Isolierglas

Die gewählten Systemgrenzen umfassen die Herstellung der Produkte einschließlich der Rohstoffgewinnung bis zum fertig verpackten Produkt am Werkstor (Cradle to gate).

Die Nutzung wird wegen der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten und Konstruktionen nicht in die Berechnung einbezogen.

Für aufbereitete Flachglasscherben gibt es sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten. Diese reichen von der Wiederverwertung in der Floatglasproduktion über die Herstellung von Gussglas, Behälterglas, Dämmwolle, Schmirgelpapier bis hin zur Produktion von Glasbausteinen.

Annahmen und Abschätzungen

Wichtige Annahmen und Abschätzungen für die Interpretation der Ökobilanz:

Beispiel :

Der dargestellte Produktmix ist repräsentativ für die Produktpalette und deren

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 8
Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

	Produktionsstandorte. Bei der Ökobilanzierung wurde jeder Produkttyp einzeln modelliert und zu einem Mittelwert zusammengeführt. *Für die Energieversorgung wurden die, für die Produktionsstandorte verwendeten Energieträger und Energiequellen berücksichtigt.* *Alle während der Produktion und der Endfertigung anfallenden Produktionsabfälle werden intern rezykliert.*
Abschneidekriterium	Die Abschneidekriterien müssen gemäß IBU-Leitfaden angewendet und deklariert werden. *Beispiel:* *Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d.h. alle nach Rezeptur eingesetzten Ausgangsstoffe, die eingesetzte thermische Energie, der interne Kraftstoffverbrauch sowie der Stromverbrauch, alle direkten Produktionsabfälle sowie alle zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen in der Bilanzierung berücksichtigt. Für alle berücksichtigten In –und Outputs wurden Annahmen zu den Transportaufwendungen getroffen. Damit wurden auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von kleiner als 1 Prozent berücksichtigt.* *Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5% der Wirkkategorien nicht übersteigt.* *In der Herstellung benötigte Maschinen und Anlagen werden vernachlässigt.*
Transporte	Die verrechneten Entfernungen müssen dokumentiert werden, sofern sie relevant sind. Zusätzlich kann ein Transportszenario für die Distributionskette (Werk zu Baustelle) angegeben werden. (siehe Anhang: Referenzszenario A4)
Betrachtungszeitraum	Der Betrachtungszeitraum und die daraus resultierenden Durchschnitte müssen dokumentiert werden. *Beispiel:* *Die verwendeten Daten beziehen sich auf die Produktionsprozesse des Geschäftsjahres 2007. Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien, Hilfs- und Betriebsstoffen wurden als Jahresmittelwerte erhoben. Die Ökobilanz wurde für den Bezugsraum Deutschland erstellt.*
Hintergrunddaten	Die Quelle der verwendeten Hintergrunddaten muss angeben werden. *Beispiel:* *Zur Modellierung des Lebenszyklus wurde das Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die Herstellung und Entsorgung relevanten Hintergrund-Datensätze wurden der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen oder vom Hersteller zur Verfügung gestellt.*
Datenqualität	Eine Abschätzung der Datenqualität ist zu machen. *Beispiel:* *Das Alter der verwendeten Daten liegt unter 10 Jahren.* *Die Daten wurden unter konsistenten zeitlichen und methodischen Randbedingungen erhoben. Somit ist von einer guten Repräsentativität der Daten auszugehen.*
Allokation	Die für die Berechnung relevanten Allokationen (Verteilungen von Aufwendungen auf unterschiedliche Produkte) sind zu nennen, mindestens: – Allokation beim Einsatz von Rezyklat bzw. Sekundärrohstoffen – Allokation von eingesetzte Energien, Hilfs- und Betriebsstoffe zu den einzelnen Produkten eines Werkes
Thermische Verwertung von Abfällen und Verpackungen	Der gewählte Allokationsansatz für die thermische Verwertung von Abfällen und Verpackungen ist gemäß allgemeinem Leitfaden durchzuführen und zu dokumentieren.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Beispiel: Aus der thermischen Verwertung von Abfällen und Verpackungen in einer Müllverbrennungsanlage wurden Gutschriften für Strom und Wärme gemäß PCR berücksichtigt.

Hinweise zum Nutzungsstadium

Es kann ein Szenario für die Bauteilbilanz aus Transmissionswärmeverlusten und solaren Gewinnen dargestellt werden. Grundlage für die Strahlungsgewinnfaktoren ist die DIN 4108-6.

Hinweise zum Entsorgungsstadium und Entsorgungsverfahren

Zusätzlich zur Herstellung kann auch die Entsorgung als auch die Verwertung/Recycling von Flachglas im Bauwesen in der Ökobilanz betrachtet werden (siehe Teil 2 „Regeln für die Erstellung des Hintergrundberichtes zur Ökobilanz" für Details).

Das betrachtete Verfahren soll sich am Stand der Technik orientieren.

Gutschriften

Die gutgeschriebenen Prozesse aus der Verwertung der deklarierten Einheit sind zu dokumentieren.

8.2 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Auswertung

Die Aggregationsgrößen der Sachbilanz und die Kategorien der Wirkungsabschätzung müssen klar auf die funktionelle bzw. deklarierte Einheit bezogen werden.

Die Daten müssen interpretiert werden, z.B. inwieweit die Ökobilanzinformationen von bestimmten Produkteigenschaften (z. B. von der Rohdichte) oder von bestimmten Eigenschaften des Werkes abhängen.

Falls ein Produktspektrum deklariert wird, ist dieses mit den spezifischen Kenngrößen z.B. Rohdichte und Wärmeleitfähigkeit zu beschreiben.

Vergleiche von unterschiedlichen Baustoffen sind ohne Einbeziehung der jeweiligen Konstruktion und des Nutzungsstadiums nicht zulässig.

Sachbilanz

Folgende aggregierte Größen der Sachbilanz zum Verbrauch an Primärenergie sind tabellarisch und optional graphisch darzustellen und die wichtigsten Beiträge der Prozesse zu jeder Bilanzgröße zu diskutieren.

Primärenergie

Folgende aggregierte Größen der Sachbilanz zum Verbrauch an Primärenergie sind tabellarisch und optional graphisch darzustellen und die wichtigsten Beiträge der Prozesse zu jeder Bilanzgröße zu diskutieren:

Primärenergie nicht erneuerbar,

Primärenergie erneuerbar,

Energie aus Sekundärbrennstoffen.

Die Zusammensetzung der nicht erneuerbaren Primärenergie wird in % dokumentiert:

Braunkohle, Steinkohle, Erdöl, Erdgas, Uran

Die Zusammensetzung der erneuerbaren Primärenergie wird in % dokumentiert:

Wasserkraft, Windkraft, Biomasse (Energieinhalt), Sonnennutzung (Solarenergie)

Wassernutzung

Der Wasserverbrauch ist anzugeben (inklusive Vorketten)

Abfälle

Folgende aggregierte Größen der Sachbilanz zum Anfall von Abfällen sind tabellarisch und optional graphisch im Bezug auf die deklarierte Einheit darzustellen und hinsichtlich der wichtigsten Beiträge zu jeder Bilanzgröße zu interpretieren.

Nur abgelagerte Abfälle sind zu dokumentieren:

- Abraum/Haldengut (abgelagert)
- Hausmüll - und Gewerbeabfälle (abgelagert)
- Sonderabfälle (abgelagert)
- Radioaktiver Abfall (abgelagert)

Umwelt-Produktdeklaration PCR Flachglas im Bauwesen 10

Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Wirkungsabschätzung

Folgende Indikatoren der Wirkungsabschätzung sind tabellarisch und optional graphisch im Bezug auf die deklarierte Einheit darzustellen und hinsichtlich der wichtigsten Beiträge zu jeder Bilanzgröße zu interpretieren:

- Treibhauspotential (GWP)
- Ozonabbaupotential (ODP)
- Versauerungspotential (AP)
- Überdüngungspotential (NP)
- Bodennahes Ozonbildungspotential (POCP)

Optional können in der Langfassung Angaben zu weiteren Umweltwirkungen gemacht werden, z.B. zum Verbrauch abiotischer Ressourcen, Öko- oder Humantoxizität, Naturrauminanspruchnahme, etc.

Die Darstellung einer weitergehenden Aggregation der Wirkungskategorien ist nicht zulässig.

9 Nachweise

nicht relevant

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Die Überprüfung der Umweltdeklaration ist entsprechend der IBU-Vorlage für Umweltdeklarationen in Übereinstimmung mit den Anforderungen von ISO 14025 zu dokumentieren.

Die der Umweltdeklaration zu Grunde liegenden Produktkategorienregeln sind inkl. Version zu nennen.

Beispiel:

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument Flachglas im Bauwesen 2010-04.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA:
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß ISO 14025: ☐ intern ☒ extern
Validierung der Deklaration: [*Vorname Name Verifizierer*]

11 Literaturnachweise

Die in der Umweltdeklaration verwendete Literatur ist vollständig zu zitieren (siehe hierzu auch Referenzen in diesem Dokument).

Normen und Gesetze

Die in der Umweltdeklaration verwendeten Normen und Gesetzestexte sind korrekt zu zitieren (siehe dazu z.B. www.beuth.de oder Referenzen in diesem Dokument)

Beispiel:

DIN EN ISO 14040	*DIN EN ISO 14040:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006*

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Teil 2: Regeln zur Berechnung der Ökobilanz und zur Erstellung des Hintergrundberichtes.

Generelles

Es ist eine Ökobilanz nach ISO 14040 ff für Flachglas im Bauwesen einzureichen, die auf plausiblen, transparent nachvollziehbaren Basisdaten beruht. Alle das Ergebnis entscheidend beeinflussenden Modellannahmen sind klar zu benennen.

Die Berichtstruktur richtet sich in Anlehnung an ISO 14040 nach der Struktur dieses Regeldokuments.

Der Hintergrundbericht muss alle baustoffspezifischen Lebenszyklusstadien adressieren. Die Stadien, die in der Bilanzierung eingerechnet werden, müssen hinsichtlich der berücksichtigten Prozesse gründlich dargestellt werden. D.h. die Herstellung, (Wiege zum Werkstor) muss immer gründlich dargestellt werden. Wenn die Nutzung und/oder Recycling/Entsorgung Teil der Bilanz sind, müssen diese Stadien ebenfalls adressiert werden. Der Sachverhalt, dass ggf. Nutzung und/oder Entsorgung nicht berücksichtigt werden, muss begründet werden. In diesem Fall müssen die Prozesse nicht ausführlich beschrieben werden. Da das Nutzungsstadium in der Regel vom Bauwerk abhängt und nicht berechnet wird, können hierzu lediglich beispielhafte, optionale Angaben erfolgen.

Diese Ökobilanz muss sowohl repräsentativ für die in der Deklaration dargestellten Produkte, als auch für den angegebenen Bezugsraum repräsentativ sein.

1 Ziel und Untersuchungsrahmen

Ziel der Untersuchung

Das Ziel der Untersuchung ist zu beschreiben hinsichtlich:

- der Gründe für die Durchführung der Studie
- der Vorgesehenen Verwendung
- des Zielpublikums
- der Verwendung der Studie für öffentliche Vergleiche

Deklarierte Einheit

Die deklarierte Einheit ist 1 m². Andere deklarierte Einheiten sind zulässig, wenn die Umrechnung zu 1 m² transparent dargestellt wird.

Beispiele:

Deklarierte Einheit ist 1 m². Mehrscheiben-Isolierglas,, 2-fach Isolierverglasung 4/16/4, U_g = 1,1W/m² K

Produktbeschreibung

Das zu bilanzierende Produkt ist hinsichtlich seiner technischen und funktionalen Eigenschaften sowie hinsichtlich seiner Anwendungsbereiche zu beschreiben.

Bei Durchschnitts-EPDs sind mindestens auszuweisen:

- Art der Durchschnittsbildung
- Repräsentativität des Durchschnitts

Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich des deklarierten Produktes ist zu beschreiben.

Systemgrenzen

Herstellung

Für die Herstellung sind die Systemgrenzen von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Auslieferung des versandfertigen Produktes (Werkstor) gezogen. Der Bilanzraum inklusive aller berücksichtigten und vernachlässigten Prozesse ist geeignet zu beschreiben und möglichst mit Hilfe eines Flussdiagramms darzustellen.

Zusätzlich ist die Verpackung plus deren Entsorgung nach Einbau des Produktes als Teil der Herstellung zu bilanzieren.

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 12
Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Die Prozessschritte der Herstellung der Produkte sind zu beschreiben und falls verfügbar mit einem Flussdiagramm zu illustrieren.

Der verwendete Strommix inkl. Bezugsjahr ist anzugeben. Es gilt:

- Bei Produktionsstandorten in Deutschland ist für Strom der aktuelle, durchschnittliche „Strom Deutschland" zu verwenden,
- Bei einem Produktionsstandort außerhalb Deutschlands sind gleichwertige länderspezifische Prozesse zu verwenden, soweit sie dem heutigen Stand der Technik entsprechen,
- Bei Produktionsstandorten in mehreren europäischen Ländern sind die zutreffenden Strommixe NORDEL (Nordeuropa), CENTREL (Zentraleuropa) oder UCTE als gesamteuropäischer Strommix zu verwenden.
- Wenn die Bilanzierung nur bis zum Werkstor (mit oder ohne Entsorgung) durchgeführt wird, werden Transporte vom Werkstor zur Baustelle nicht einbezogen, können aber separat genannt werden.

Entsorgung

Die Bilanzierung eines Entsorgungsszenarios ist optional. Wenn die Entsorgung als eigenes Informationsmodul bilanziert wird, sind die Entsorgungsprozesse bis zu Ende zu bilanzieren.

Abschneidekriterium

Prozesse, deren gesamter Beitrag zum Endergebnis nach Masse und in allen zu betrachtenden Wirkkategorien kleiner 1% ist, können vernachlässigt werden. Die Summe der vernachlässigten Prozesse darf 5% der betrachteten Wirkkategorien nicht übersteigen. Hierfür ist eine zu dokumentierende Abschätzung zulässig.

Die Erfüllung des Abschneidekriteriums ist plausibel zu belegen. Vernachlässigte Prozesse sind zu nennen.

Die Investitionsgüter für die Herstellungsprozesse (Maschinen, Gebäude, etc.) werden nicht berücksichtigt.

Betrachtungszeitraum

Die eingesetzten Mengen an Rohstoffen, Energien und Hilfs- und Betriebsstoffen sind als Mittelwerte von 12 Monaten in den betrachteten Werken zu berücksichtigen.

Der der Ökobilanz zu Grunde liegende Betrachtungszeitraum ist zu dokumentieren.

Hintergrunddaten

Grundsätzlich müssen konsistente Hintergrunddaten verwendet werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen:

- Die GaBi-Datenbank (www.gabi-software.com) für Energie, Transporte und Hilfsstoffe dient für EPDs von in Deutschland ansässigen Firmen als Referenzdatenbank.
- Daten zu Hilfsstoffen können auch der Datenbank Ökobau.dat (http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeudedaten/oekobaudat.html) entnommen werden.
- Für EPDs von Firmen außerhalb Deutschlands können auch folgende Datenbanken verwendet werden: econinvent (www.ecoinvent.ch), European Life Cycle Database (http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/datasetArea.vm).
- Die verwendeten Datensätze aus Datenbanken sind im Hintergrundbericht zu nennen, inkl. der Angabe des Jahres, für welches der Datensatz repräsentativ ist. Die Repräsentativität der verwendeten Datensätze ist zu dokumentieren.
- Die verwendeten Hintergrunddaten und deren Quellen sind in der EPD summarisch zu nennen.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 13
Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Datenqualität	Es müssen aktuelle Daten (letztes update weniger als 10 Jahre) als Grundlage zur Berechnung der Ökobilanz verwendet werden. Die genauen Anforderungen beschreibt der allgemeine Leitfaden des IBU. Um die Repräsentativität sicherzustellen, muss bei der Verwendung von vergleichbaren Prozessen eine technologische Übereinstimmung dokumentiert werden. Die Datenqualität ist zu dokumentieren und die Repräsentativität der verwendeten Daten zu diskutieren. Der Umgang mit Datenlücken und Modellen ist zu erläutern.
Transporte	Transporte müssen mitsamt den verrechneten Entfernungen dokumentiert werden, sofern sie relevant sind. Hierfür können Szenarien mit durchschnittlichen Werten angegeben werden Zusätzlich kann die durchschnittliche Transportentfernung für die Distributionskette (Werk zu Baustelle) angegeben werden.
Zuordnung von Werksdaten zu den deklarierten Produkten	Werden in einem Werk neben den deklarierten Produkten weitere Produkte hergestellt, so ist die Zuordnung der Werksdaten (Produktionsenergie, Rohstoffe, Zusatzmittel und Hilfsstoffe, Abfälle, etc.) zu beschreiben. Eingesetzte Energien, Hilfs- und Betriebsstoffe bei der Flachglasherstellung, die nicht auf der Basis der Prozesse oder über eine Rezeptur eindeutig einem spezifischen Produkt zuzuordnen sind, sind nach Fläche (pro m² Flachglas) zuzurechnen. Die Zuordnung der Werksdaten zu den deklarierten Produkten muss dokumentiert werden.
Allokation von Koppelprodukten	Allokationen (Verteilungen von Aufwendungen auf unterschiedliche Produkte) sind soweit als möglich zu vermeiden. Verschiedene Produkte werden in einem Prozess gemeinsam hergestellt, z.B. Floatglas und Glasscherben bei der Flachglasherstellung. Die Allokation des Aufwands und der Umwelteinträge (Emissionen) der jeweiligen Prozesskette erfolgt nach dem ökonomischen Wert der Produkte oder anderer einen Wert darstellenden Outputs. Die Allokationen der Ressourcen erfolgt nach physikalischer Zuordnung. Generell gilt der Grundsatz, dass die Allokation das Ziel des Prozesses widerspiegeln soll.
Allokation bei gekoppelter Verwertung	Verschiedene Produkte werden innerhalb eines Prozesses gemeinsam verwertet wie z. B. in einer Müllverbrennungsanlage oder einem Biomassekraftwerk. Die Allokation erfolgt auf der Basis einer physikalischen Zuordnung der Stoffströme. Gegebenenfalls werden die Umweltauswirkungen, die mit den Inputs verknüpft sind, entsprechend der Art verteilt, wie sie den folgenden Produktionsprozess beeinflussen.
Allokation über Lebenszyklusgrenzen	Bei der Verwendung von Recyclingmaterial (z.B. Altglas) in der Herstellung ist die heutige marktspezifische Situation anzusetzen. Parallel dazu kann ein Recyclingpotential dargestellt werden, das den ökonomischen Wert des Produktes nach einer Aufbereitung (Recyklat) widerspiegelt. Die Systemgrenze von Recyclingmaterial ist beim Einsammeln zu ziehen. Intern wieder verwertete bzw. verwendete Produktionsabfälle werden als closed-loop Recycling modelliert.
Hinweis zur Nutzungsphase	Das Nutzungsstadium kann optional in der Ökobilanz berücksichtigt werden (s. unten). Hinweise für die Bilanzierung des Produktes in einer Gebäudeerfassung können in der EPD unter dem entsprechenden Abschnitt gemacht werden.
Wahl des Entsorgungsverfahrens	Die Wahl des Entsorgungsverfahrens, z.B. für die Verpackungen oder als „End-of-life"-Szenario - hat sich am heutigen Stand der Technik zu orientieren. Die bilanzierten Entsorgungsverfahren sind zu dokumentieren.

Allokation bei der thermischen Verwertung

Gewonnene Energien aus der thermischen Verwertung von Verpackungsmaterialien (und Produktionsabfällen) können mit einem Äquivalenz-Prozess gegengerechnet werden. Bei Produktionsstandorten in Deutschland ist für Strom z.B. aktueller durchschnittlicher „Strom Deutschland" für Wärme „thermische Energie aus Erdgas" unter Angabe des Bezugsjahrs zu verwenden. Gutschriften aus der thermischen Verwertung von Verpackungen und anderen Produktionsabfällen (bei externer Verwertung) sind dem Lebensabschnitt „Herstellung" zu verrechnen

Gewonnene Energien aus der thermischen Verwertung als end-of-life Scenario können mit einem Äquivalenz-Prozess gegengerechnet werden. Bei einem Hauptmarkt z.B. in Frankreichs ist für Strom aktueller durchschnittlicher „Strom Frankreich", für Wärme „thermische Energie aus Erdgas" unter Angabe des Bezugsjahrs zu verwenden. Bei einem gewichtigen Marktanteil in Europa sind entsprechend europäische Prozesse zu wählen.

Gutschriften aus der thermischen Verwertung als end-of-life Szenario (bei externer Verwertung) sind dem Lebensabschnitt „End-of-life" zu verrechnen.

2 Sachbilanz

Quantitative und qualitative Beschreibung der Einheitsprozesse

Die Modellierung der Ökobilanz zu Grunde liegenden Einheitsprozesse ist in transparenter Weise zu dokumentieren. Dies kann z.B. in tabellarischer Weise oder als Flussdiagramme (z.B. Screenshots aus Ökobilanzprogrammen) erfolgen.

Die Zuordnung der Firmendaten zu Datensätzen aus Ökobilanzprogrammen muss ersichtlich sein.

Die Zuordnung von Prozessdaten zu den (Unter-) Abschnitten des Lebenszyklus muss in der Ökobilanz ersichtlich sein.

Der Umgang mit Datenlücken und Modellen ist zu erläutern.

Es ist eine repräsentative Modellierung für die Produkte bzw. für jeden Standort darzustellen, sowie die Gewichtung der Datensätze zu dokumentieren.

Datenerhebung und –verarbeitung

Die Art der Datenerhebung und –verarbeitung ist zu dokumentieren.

Indikatoren der Sachbilanz

Folgende Aggregationsgrößen der Sachbilanz (Energie und Abfälle) sind daraus zu errechnen und auf die deklarierte Einheit bezogen darzustellen:

Primärenergieverbrauch (Input-seitig)

- Primärenergie nicht erneuerbar,
- Primärenergie erneuerbar,
- Energien aus Sekundärbrennstoffen.

Abfälle (Output-seitig)

- Abraum/Haldengut (abgelagert),
- Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle (abgelagert),
- Sonderabfälle (abgelagert),
- Radioaktive Abfälle (abgelagert).

Für die Darstellung der Sachbilanz gelten folgende Regeln:

Primärenergie aus nicht regenerierbaren Ressourcen (MJ), gegliedert in %:

- Braunkohle
- Steinkohle
- Erdgas
- Erdöl
- Uran

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Primärenergie aus regenerierbaren Quellen in (MJ), gegliedert in %:

- Wasserkraft
- Windkraft
- Sonnennutzung (Solarenergie)
- Biomasse (Energieinhalt)

Sekundärbrennstoffe (zu spezifizieren) (MJ)

Nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen (kg), differenziert nach einzelnen Ressourcen, z. B. Bauxit, Eisenerz, Kalkstein, etc.

Wassernutzung (m³)

3 Wirkungsabschätzung

Indikatoren der Wirkungsabschätzung

Folgende Indikatoren der Wirkungsabschätzung sind zu errechnen und auf die deklarierte Einheit bezogen darzustellen:

- Treibhauspotential (GWP)
- Ozonabbaupotential (ODP)
- Versauerungspotential (AP)
- Überdüngungspotential (NP)
- Bodennahes Ozonbildungspotential (POCP)

Optional können in der Langfassung Angaben zu weiteren Umweltwirkungen, wie z.B. zum Verbrauch abiotischer Ressourcen, Öko- oder Humantoxizität, Flächeninanspruchnahme, etc. gemacht werden.

4 Interpretation

Interpretation

Die Aggregationsgrößen der Sachbilanz und die Indikatoren der Wirkungsabschätzung sollen bezogen auf die deklarierte Einheit unter Angabe von Spezifikationen, die das Ergebnis wesentlich beeinflussen, interpretiert werden.

Für die Prüfung der Deklaration soll eine Dominanzanalyse durchgeführt werden. Hierzu sind Primärenergie und Wirkkategorien nach den relevanten Einflüssen aufzuteilen.

Der Einfluß von Annahmen auf Grund von Datenlücken oder sonstigen Unsicherheiten sind mit einer Sensitivitätsanalyse abzuschätzen, sofern die Annahmen für das Ergebnis relevant sind.

Vergleiche von unterschiedlichen Baustoffen in einer EPD sind nicht zulässig.

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 16
Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Literaturnachweis

IBU 2006	Leitfaden Umwelt-Produktdeklarationen (Ausgabe 20.01.2006) für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.bau-umwelt.com
Gabi 2009	GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung, LBP Universität Stuttgart und PE INTERNATIONAL GmbH, Leinfelden-Echterdingen 1992 – 2009, www.gabi-software.com
Eyerer un Reinhardt 2000	Eyerer P., Reinhardt, H.-W. (Hrsg.): Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden – Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung, Birkhäuser Verlag, Basel 2000
DETAIL Green 2009	König, H., Kohler, N., Kreißig, J., Lützkendorf, T.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung - Grundlagen Berechnung Planungswerkzeuge. Verlag: Detail Green Books 2009. ISBN: 978-3-920034-30-0
BBS 1997	Bundesverband Baustoffe, Steine und Erden (Hrsg.): Leitfaden zur Erstellung von Sachbilanzen in Betrieben der Steine-Erden-Industrie, Frankfurt, 1997.
BBS 1999	Bundesverband Baustoffe, Steine und Erden (Hrsg.): Wirkungsabschätzung und Auswertung in der Steine-Erden-Industrie, Frankfurt, 1999.
BMVBS 2001	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Berlin, 2001.

Normen und Gesetze

ISO 14025	ISO 14025:2007-10, Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren (ISO 14025:2006); Text Deutsch und Englisch
DIN EN ISO 14040	DIN EN ISO 14040:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006
DIN EN ISO 14044	DIN EN ISO 14044:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14044:2006
DIN EN 13501-1	DIN EN 13501-1:2007-05, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten; Deutsche Fassung EN 13501-1:2007
DIN 4102-1	DIN 4102-1:1998-05, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
DIN EN 13501-1	DIN EN 13501-1:2007-05, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten; Deutsche Fassung EN 13501-1:2007
DIN 4102-1	DIN 4102-1:1998-05, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen - Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
VDI 2243	VDI 2243: 2002-07, Recyclingorientierte Produktentwicklung

Die Datensätze die in der EPD veröffentlicht werden, werden zusätzlich in dem elektronischen XML-Format zur Verfügung gestellt, wie sie in der Ökobau.dat gebraucht werden.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration		PCR Flachglas im Bauwesen 17
Produktgruppe Status	**PGF Flachglas** PCR vom SVA bestätigt	Erstellung 16. April 2010

Impressum

Projektführende Stelle:

ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

Projektpartner:

Bundesverband Flachglas e.V.

Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

Fachverband Schlösser und Beschläge e.V.

Offerstraße 12
42551 Velbert

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.

Am Hofgarten 1-2
53113 Bonn

Verband Fenster + Fassade

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Rheinufer 108
53639 Königswinter

PE International GmbH

Hauptstraße 111 – 113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Umwelt-Produktdeklaration PCR Flachglas im Bauwesen 18

Produktgruppe	**PGF Flachglas**	Erstellung
Status	PCR vom SVA bestätigt	16. April 2010

Das PCR-Dokument stellt ein Ergebnis des Forschungsprojektes „Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden" dar. Dieses wurde gefördert durch:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau"

Bundesinstitut für Bau-, und Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Layout:
PE INTERNATIONAL GmbH

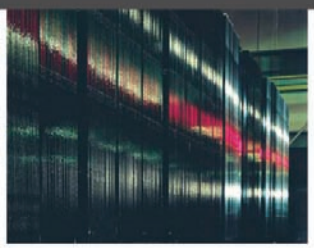
Bildnachweis:
Bundesverband Flachglas e.V.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas

Umwelt-Produktdeklaration

nach ISO 14025



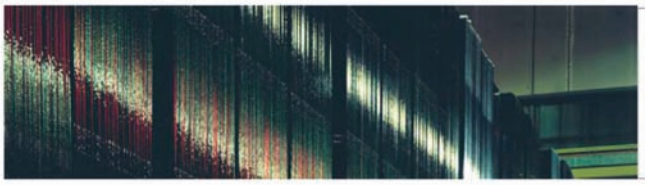
Flachglas, Einscheibensicherheits-glas und Verbundsicherheitsglas

Bundesverband Flachglas e.V.

Deklarationsnummer
EPD-

Institut Bauen und Umwelt e. V.
www.bau-umwelt.com

Institut Bauen und Umwelt e.V.



Kurzfassung
Umwelt-Produktdeklaration
Environmental Product-Declaration

Institut Bauen und Umwelt e. V. www.bau-umwelt.com	Programmhalter
Bundesverband Flachglas e.V. Mülheimerstraße 1 53840 Troisdorf	Deklarationsinhaber
EPD-	Deklarationsnummer
Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas Diese Deklaration ist eine Umwelt-Produktdeklaration gemäß ISO 14025 und beschreibt die Umweltleistung von Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas). Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offen gelegt. Die Deklaration beruht auf dem PCR Dokument „Flachglas im Bauwesen“.	Deklarierte Bauprodukte
Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Institut Bauen und Umwelt e.V. Sie gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.	Gültigkeit
Die **Deklaration** ist vollständig und enthält in ausführlicher Form: - bauphysikalische Angaben, - Angaben zu Grundstoffen und Stoffherkunft, - Beschreibungen zur Produktherstellung, - Hinweise zur Produktverarbeitung, - Angaben zum Nutzungsstand, außergewöhnliche Einwirkungen und Nachnutzungsphase - Ökobilanzergebnisse	Inhalt der Deklaration
Diese Umwelt - Produktdeklaration wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „EPDs für transparente Bauelemente“ erarbeitet. Beteiligt hierbei waren als projektleitende Stelle das **ift** Rosenheim, in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Flachglas e.V., dem Fachverband Schloss und Beschlagsindustrie e.V., dem Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V. und dem Verband Fenster + Fassade. Die Ökobilanz wurde erstellt durch PE International GmbH. Programmhalter ist das Institut Bauen und Umwelt e.V. Gefördert mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt-, und Raumforschung.	Hinweis
01. August 2011	Ausstellungsdatum
Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident des Institut Bauen und Umwelt)	Unterschriften
Diese Deklaration und die zugrunde gelegten Regeln wurden gemäß /ISO 14025/ durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.	Prüfung der Deklaration
Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA) Name Prüfer (Prüfer vom SVA bestellt)	Unterschriften

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Kurzfassung
Umwelt-Produktdeklaration
Environmental Product-Declaration

Flachglas Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas	**Produktbeschreibung**
Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas für die Weiterverarbeitung zu Mehrscheiben-Isolierglas und Anwendungen als Glas für das Bauwesen (Verwendung in der Gebäudehülle und beim Ausbau von baulichen Anlagen/Bauwerken).	**Anwendungsbereich**
Die **Ökobilanz** wurde nach / EN ISO 14040/ und /EN ISO 14044/ den Anforderungen des IBU-Leitfadens zu Typ-III-Deklarationen und der spezifischen Regeln für Glas durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten der untersuchten Produkte sowie Daten aus der Datenbank „GaBi 4" herangezogen. Die Ökobilanz umfasst die Lebenszyklusstadien der Rohstoff- und Energiegewinnung, Rohstofftransporte, die eigentliche Herstellungsphase sowie das End of Life in Form eines Szenarios zum Behälterglas-Recycling. Deklariert wird jeweils je 1m² und 1mm Dicke Flachglas (FG), Einscheibensicherheitsglas (ESG) und Verbundsicherheitsglas (VSG). Die Darstellung der Nutzungsphase, in der auch z.B. solare Energiegewinne zu bilanzieren sind, erfolgt m Rahmen der Darstellung der Produkte wie Fenster, Fassade etc.	**Rahmen der Ökobilanz**

Flachglas (pro m², 1mm)

Auswertegröße	Einheit pro m²	Herstellung	End-of-Life
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	0,64	-0,12
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	37,62	-16,14
Treibhauspotenzial (GWP 100a)	[kg CO_2-Äqv.]	3,14	-1,64
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,1 E-07	-2,2 E-08
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	0,013	-0,008
Überdüngungspotenzial (NP)	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,002	-0,001
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000

Einscheibensicherheitsglas (pro m², 1mm)

Auswertegröße	Einheit pro m²	Herstellung	End-of-Life
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	2,18	-0,12
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	68,20	-16,14
Treibhauspotenzial (GWP 100 a)	[kg CO_2-Äqv.]	5,101	-1,64
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	4,6 E-07	-2,2 E-08
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	0,016	-0,008
Überdüngungspotenzial (NP)	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,003	-0,001
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000

Verbundsicherheitsglas (pro m², 1mm)

Auswertegröße	Einheit pro m²	Herstellung	End-of-Life
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	2,29	0,37
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	75,20	-10,43
Treibhauspotenzial (GWP 100a)	[kg CO_2-Äqv.]	5,44	-1,2
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	4,8 E-07	1,7 E-08
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	0,017	-0,007
Überdüngungspotenzial (NP)	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,003	-0,001
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000

Ergebnisse der Ökobilanz

Erstellt durch: PE INTERNATIONAL, Leinfelden-Echterdingen	
Prüfungen und Nachweise: nicht relevant	**Nachweise und Prüfungen**

Geltungsbereich Diese Umwelt-Produktdeklaration gilt für Flachglas (FG), Einscheibensicherheitsglas (ESG) und Verbundsicherheitsglas (VSG). Die Datengrundlage für die Darstellung der Umweltwirkungen für ESG und VSG ist nicht repräsentativ.

1 Produktdefinition

Produktdefinition Unter Flachglas wird unbeschichtetes und beschichtetes Floatglas verstanden. Floatglas ist ein klares, planes Kalk-Natronsilicatglas mit parallelen und feuerpolierten Oberflächen, Dieses wird teilweise mit Beschichtungen auf der Basis von Metalloxiden versehen, um die Strahlungseigenschaften zu verändern (Wärmedämmung und / oder Sonnenschutz)

Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) besteht aus einer einzigen, speziell wärmebehandelten Scheibe, dadurch besitzt das Glas eine erhöhte Stoß- und Schlagfestigkeit. Wenn es bei hoher Belastung zerbricht, zerfällt es in kleinste Krümel ohne scharfe Kanten.

Verbund-Sicherheitsglas (VSG) besteht aus min. zwei übereinander liegenden Glasscheiben sowie einer oder mehreren Lagen einer reißfesten und zähelastischen Folie zwischen den Glasscheiben, welche üblicherweise aus Polyvinylbutyral (PVB) besteht.

Anwendung Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas für die Weiterverarbeitung zu Mehrscheiben-Isolierglas und Anwendungen als Glas für das Bauwesen (Verwendung in der Gebäudehülle und beim Ausbau von baulichen Anlagen/Bauwerken).

Produktnorm / Zulassung
Flachglas EN 572
Einscheibensicherheitsglas EN 12150
Teilvorgespanntes Glas EN 1863
Verbundsicherheitsglas EN 14449

Gütesicherung Eine Gütesicherung bzw. Güteüberwachung kann sofern vorhanden angegeben werden

Lieferzustand, Eigenschaften Flachglas wird in der Regel in Bandmaßen von 600 x 321 cm ausgeliefert. Der Zuschnitt sowie die Weiterverarbeitung zu Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas werden auftragbezogen vorgenommen.

Bautechnische Daten

	Flachglas	Einscheiben-sicherheitsglas	Verbund-sicherheitsglas
Festigkeit	EN 572	EN 12150	EN 14449
Bruchbild	---	EN 12150	EN 14449
Resttragfähigkeit	nein	nein	ja

2 Grundstoffe

Grundstoffe Vorprodukte Die wesentlichen Bestandteile von Floatglas sind die natürlich vorkommenden Rohstoffe Sand (Silizium-karbonat, 59 %), Soda (Natriumkarbonat, 18 %), Dolomit (15 %), Kalk (Kalziumkarbonat, 4 %), Nephelin (3 %) und Sulfat (1 %).

Hilfsstoffe / Zusatzmittel Keine

© ift Rosenheim, Oktober 2011

Umwelt-Produktdeklaration
Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas Seite 5

Produktgruppe:	Flachglas im Bauwesen	
Deklarationsinhaber:	Bundesverband Flachglas e.V.	Erstellung/Revision
Deklarationsnummer:	EPD-	01-08-2011

Stofferläuterung

Flachglas: Kalk-Natronsilicatglas
Beschichtetes Flachglas: Natronsilicatglas + Metalloxide
ESG: Kalk-Natronsilicatglas
VSG: Kalk-Natronsilicatglas + PVB-Folie

Rohstoffgewinnung und Stoffherkunft

Die Herstellwerke sind typischerweise in der Nähe der Rohstoffvorkommen (v. a. Sand) angesiedelt, um die Transportwege zu minimieren.

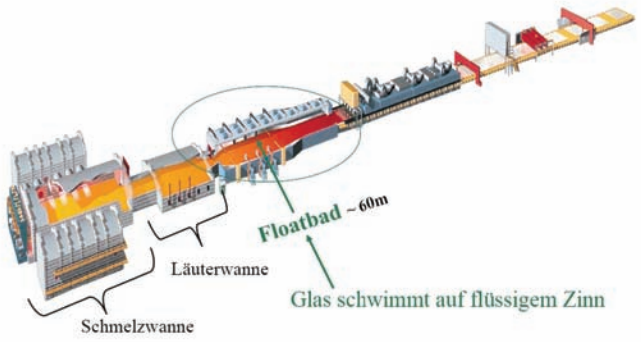
Regionale und allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe

Die natürlich vorkommenden Rohstoffe für Kalk-Natronsilicatglas sind praktisch unbegrenzt verfügbar. Der Rohstoffgemenge werden ca. 25 % Scherben zugesetzt. Dadurch wird die Schmelztemperatur gesenkt.

3 Produktherstellung

Produktherstellung

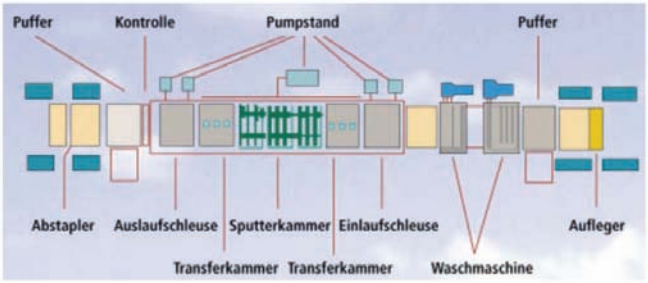
Kalk-Natronsilicatglas (Floatglas):
Die Rohstoffe gelangen als Gemenge in den Schmelzofen und werden dort, in der Regel mittels Gas als Energieträger, mit einer Temperatur von ca. 1.560 °C geschmolzen. Die Formgebung erfolgt durch Ausbreitung der flüssigen Glasmasse auf einem Bad aus geschmolzenem Zinn. Nach gleichmäßiger Abkühlung wird das Glasband zugeschnitten.



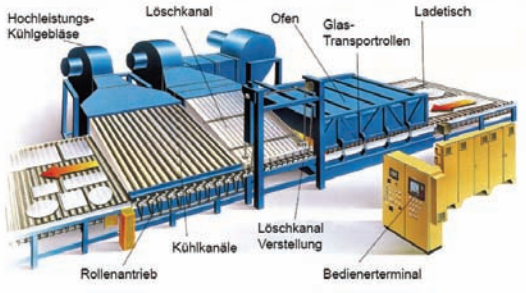
Beschichtetes Glas ist Floatglas, das mit verschiedenen Verfahren (Sputtern, Verdampfung, Pyrolytische Verfahren) mit einer Beschichtung auf der Basis von Metalloxiden versehen wurde. Die Dicke der Schicht liegt bei wenigen Atomlagen.

Umwelt-Produktdeklaration
Flachglas, Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas Seite 6

Produktgruppe:	Flachglas im Bauwesen	
Deklarationsinhaber:	Bundesverband Flachglas e.V.	Erstellung/Revision
Deklarationsnummer:	EPD-	01-08-2011

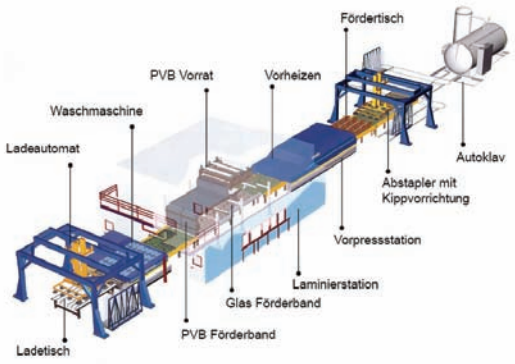


Für die Herstellung von ESG wird Floatglas bis zum Transformationspunkt (min. 640 °C) erhitzt und danach schlagartig abgekühlt. Die Oberflächen kühlen dadurch schneller ab und ziehen sich schneller zusammen. Damit entstehen in der Oberfläche zusätzliche Druckspannungen, die das Glas widerstandfähiger machen.



Zur Herstellung von VSG wird eine PVB-Folie zwischen die Gläser gelegt und in einem Autoklaven unter Einwirkung von Wärme und Druck zusammengepresst.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011



Die beschriebenen Herstellprozesse sind repräsentativ für alle Herstellungsstandorte in Europa und unabhängig des Herstellers, da es bei der Herstellung von FG, ESG und VSG keine weiteren Herstellverfahren gibt die davon wesentlich abweichen.

Gesundheitsschutz Herstellung

Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen/-belastungen während des Herstellungsprozesses:

Während des gesamten Herstellungsprozesses sind keine über die rechtlich festgelegten Arbeitsschutzmaßnahmen für Gewerbetreibende hinausgehende Maßnahmen zum Gesundheitsschutz erforderlich.

Umweltschutz Herstellung

Maßnahmen zur Reduzierung der durch den Herstellungsprozess ausgelösten Umweltbelastung:

Luft:

Die behördlich festgesetzten Grenzwerte werden eingehalten.

Wasser/Boden:

Belastungen von Wasser und Boden entstehen nicht.

Lärm:

Die Schallemissionen liegen nicht über den gesetzlichen Beschränkungen.

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungsempfehlungen

Flachglas (unbeschichtetes und zum Teil beschichtetes Floatglas) kann zu Einscheibensicherheitsglas, Verbundsicherheitsglas und Mehrscheiben-Isolierglas weiterverarbeitet werden. Es kann auch einzeln verwendet werden; je nach Einsatzzweck können dafür Bearbeitungen (Schneiden, Schleifen, Bohren) durchgeführt werden.

Einscheibensicherheitsglas kann zu Verbundsicherheitsglas und Mehrscheiben-Isolierglas weiterverarbeitet werden. Es kann auch einzeln verwendet werden; je nach Einsatzzweck können dafür Bearbeitungen (Schneiden, Schleifen, Bohren) vor dem Vorspannprozess durchgeführt werden.

Verbundsicherheitsglas kann zu Mehrscheiben-Isolierglas weiterverarbeitet werden. Es kann auch einzeln verwendet werden; je nach Einsatzzweck können dafür Bearbeitungen (Schneiden, Schleifen, Bohren) durchgeführt werden.

Arbeitsschutz Umweltschutz Es sind die Arbeitsschutzmaßnahmen nach BGI 5084 „Glaser- und Fensterbauarbeiten" zu beachten:

Restmaterial Beim Glaszuschnitt anfallende Verschnittmengen können sortenrein sortiert und dem Floatglasprozess wieder zugeführt werden. Bei nicht sortenreinem Vorliegen werden die Verschnittmengen analog zur Nachnutzungsphase weiterverwertet.

Verpackung Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas werden auf Mehrweg-Gestellen ausgeliefert.

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe Glas ist inert.
Flachglas: Kalk-Natronsilicatglas
ESG: Kalk-Natronsilicatglas
VSG: Kalk-Natronsilicatglas + PVB-Folie

Wirkungsbeziehungen Es sind keine erhöhten Belastungen oder Emissionen bekannt.

Umwelt Gesundheit Es sind keine gefährdenden Inhaltsstoffe bekannt, die zu einer Belastung der Umwelt und Gesundheit führen können.

Nutzungsdauer Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch kann von einer Nutzungsdauer bei Flachglas, ESG und VSG von größer 50 Jahre ausgegangen werden (gemäß BBSR Nutzungsdauer von Bauteilen).

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand Flachglas ist in der CWFT-Liste in die Baustoffklasse A1 nach EN 13501-1 (nicht brennbar) eingestuft.

Wasser Flachglas wird durch Wasser nicht angegriffen. Es werden keine Wasser gefährdende Inhaltsstoffe ausgewaschen.

7 Nachnutzungsphase

Wieder- und Weiterverwendung Eine Wieder- oder Weiterverwendung von FG, VSG, ESG ist nicht vorgesehen, aber durchaus denkbar.

Wiederverwertung Möglichkeiten der Wiederverwertung (gemäß VDI 2243).
Flachglas wird im Falle sortenreinen Vorliegens dem Herstellungsprozess wieder zugeführt.

Weiterverwertung Möglichkeiten der Weiterverwertung (gemäß VDI 2243).
Flachglas, ESG und VSG werden bis zu 90% gesammelt und Weiterverwertet, zum Beispiel für die Herstellung von Behälterglas, Dämmwolle, Schmirgelpapier oder Glasbausteinen.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Entsorgung

Ca. 10% der Produkte werden auf einer Bauschuttdeponie deponiert.
Abfallschlüssel:
170202 für Glas aus Bau- und Abbruchabfällen
170902 für PCB-Isoglas

8 Ökobilanz

Die vorliegende Ökobilanz beruht auf der ISO 14044 ff. Notwendige Modellannahmen sind benannt. Die Ökobilanz enthält alle relevanten produktspezifischen Lebenszyklusstufen.

8.1 Angaben zur Systemdefinition und Modellierung des Lebenszyklus

Deklarierte Einheit

Die deklarierte Einheit bezieht sich auf Herstellung und das End-of-Life von jeweils 1 m² Flachglas, Einscheibensicherheitsglas (ESG) und Verbundsicherheitsglas (VSG), jeweils mit 1mm Dicke.

Systemgrenzen

Die Systemgrenzen beziehen alle Prozessschritte für die Herstellung des Glases von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Auslieferung des versandfertigen Produktes am Werkstor mit ein.

Die Nutzung wird wegen der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten und Konstruktionen nicht in die Berechnung einbezogen.

In Form eines Szenarios wird die Wiederverwertung in der Herstellung von Behälterglas bilanziert. Transporte zum End-of-Life sind ebenfalls berücksichtigt.

Annahmen und Abschätzungen

Alle während der Produktion und der Fertigung anfallenden Produktionsabfälle werden intern rezykliert.

Abschneidekriterium

Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d.h. alle nach Zusammensetzung eingesetzten Ausgangsstoffe, die eingesetzte elektrische Energie, der interne Verbrauch von Betriebsstoffen sowie alle direkt dem Produkt zuordenbaren Produktionsabfälle sowie alle Ergebnisse der zur Verfügung stehenden Emissionsmessungen aus den Werken in der Bilanzierung berücksichtigt. Damit sind auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von kleiner als 1 Prozent Beitrag berücksichtigt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5% der Ergebnisse der einzelnen Wirkkategorien nicht übersteigt.

Die Herstellung der benötigte Maschinen und Anlagen wurden vernachlässigt.

Transporte

Transporte der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe während der Herstellphase des FG, VSG und ESG sind berücksichtigt.

Im End of Life Szenario sind 50 km Transportentfernung zur Verwertungsanlage – jeweils per LKW - berücksichtigt.

Betrachtungszeitraum

Die Datengrundlage für die FG-Herstellung bilden Datenaufnahmen aus dem Jahr 2005, die der heutigen Produktion entsprechen. Die Daten der Herstellung von ESG und VSG basieren auf dem Jahr 2010. Die Mengen an eingesetzten Rohstoffen, Energie, Hilfs- und Betriebsstoffen sind als Jahresmittelwert erhoben.

Hintergrunddaten

Zur Modellierung des Lebenszyklus des Glases wurde das Software-System zur

Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die FG-, ESG- und VSG-Herstellung relevanten Hintergrund-Datensätze sind der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen.

Datenqualität

Das Alter der verwendeten Ökobilanz-Hintergrunddaten liegt unter 8 Jahren.

Die produktionsspezifischen Daten der Flachglasherstellung sind Datenaufnahmen aus verschiedenen typischen Herstellerwerken entnommen. Für die Durchschnittsbildung wurden die Werke über die Produktionsmenge gemittelt.

Für die Herstellung von ESG und VSG wurden typische Industriedaten auf Basis eines jährlichen Durchschnitts (2009) in Werken von Mitgliedern des Bundesverbands Flachglas e.V. erhoben.

Allokation

Allokationen mussten bei der Produktherstellung nicht vorgenommen werden. Allokationen beim Einsatz von Rezyklaten bzw. Sekundärrohstoffen der Hintergrundprozesse können der Dokumentation der GaBi Datenbank entnommen werden.

Hinweise zum Entsorgungsstadium

Für aufbereitete Flachglasscherben gibt es sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten. Diese reichen von der Wiederverwertung in der Flachglasproduktion über die Herstellung von Gussglas, Behälterglas, Dämmwolle, Schmirgelpapier bis hin zur Produktion von Glasbausteinen.

In Form eines Szenarios wird die Wiederverwertung in der Herstellung von Behälterglas bilanziert. Transporte zum End-of-Life sind ebenfalls berücksichtigt.

Wahl des End-of-life Scenarios

Das End of Life Szenario des Glases umfasst die Sammlung und das Recycling zu Behälterglas (inklusive Gutschriften für einen geringeren Einsatz an Primärenergie in der Herstellung beim Einsatz von Sekundärmaterial sowie stoffliche Batch-Gutschriften). Für das Glas ist eine Sammelquote von 90 % angenommen. Für die verbleibenden 10% wird eine Deponierung auf einer Bauschuttdeponie angenommen.

Gutschriften

Beim Glasrecycling zu Containerglas werden die stofflichen Materialien durch Äquivalenzprozesse gutgeschrieben, die ebenfalls in der Herstellung verwendet wurden (für Sand, Soda, Kalksteinmehl).

Der Einsatz von Sekundärmaterialien senkt den Energieaufwand in der Herstellung. Diese Einsparung wird mit den Äquivalenzprozessen DE: Strom und DE: Thermische Energie aus Erdgas (jeweils GaBi 2009) gegengerechnet.

Die Gutschriften für das rezyklierte Glas werden über die entsprechende Primärproduktion errechnet.

8.2 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Nachfolgend werden für FG, ESG und VSG ausgewählte Sachbilanzdaten für den Primärenergieeinsatz (erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasserverbrauch, Abfallaufkommen, Verwendung von Sekundärbrennstoffen sowie nicht erneuerbaren stofflichen Ressourcen aufgezeigt.

Primärenergie

Herstellung

Der Primärenergieeinsatz der einzelnen Subsysteme ist nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1m² verschiedener Gläser je 1mm Dicke dargestellt, in Tabelle

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

8-1 für FG, in Tabelle 8-2 für ESG und in Tabelle 8-4 für VSG.

Tabelle 8-1: Primärenergieeinsatz über die Herstellung von 1 m² FG, je 1mm Dicke

Auswerte-größe	Ein-heit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	27,49	8,92	1,21	37,62
PE, erneuerbar	[MJ]	0,56	0,08	0,01	0,64

Tabelle 8-2: Primärenergieeinsatz über die Herstellung von 1 m² ESG, je 1mm Dicke

Auswerte-größe	Einheit/ m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	58,07	8,92	1,21	68,2
PE, erneuerbar	[MJ]	2,09	0,08	0,01	2,18

Tabelle 8-3: Primärenergieeinsatz über die Herstellung von 1 m² VSG, je 1mm Dicke

Auswerte-größe	Einheit/ m²	Produk-tion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Trans port	Auto-klav	PVB Folie	Total (cradle-to-gate
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	55,89	8,52	1,16	3,04	6,59	75,20
PE, erneuer-bar	[MJ]	2,02	0,07	0,01	0,15	0,04	2,29

Der Primärenergieeinsatz in der Herstellung von Flachglas ist zu etwa 55% von der thermischen Energie aus Erdgas und Heizöl bestimmt, die zur FG-Herstellung im Werk benötigt wird. Weitere 20% sind auf die Vorkette der Natriumcarbonatherstellung zurückzuführen und weitere 16% auf die Vorketten der Strombereitstellung.

Die Herstellung von ESG ist zu etwa 45% vom Stromverbrauch dominiert, der zum Erreichen der Vorspannung benötigt wird, die verbleibenden 55% sind auf die Vorketten der FG-Herstellung zurückzuführen.

Die VSG Herstellung wird von der Herstellung des Basisglases dominiert.

Lebenszyklus

Der Primärenergieeinsatz über den Lebenszyklus von 1m² FG, ESG und VSG ist in nachfolgenden Tabellen quantitativ dargestellt, in Tabelle 8-4 für FG, in Tabelle 8-5 für ESG und in Tabelle 8-6 für VSG.

Tabelle 8-4: Primärenergieeinsatz über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² FG, je 1mm Dicke

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	37,62	-16,14	21,48
PE, erneuerbar	[MJ]	0,64	-0,12	0,53

Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life können beim FG etwa 43% des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung eingespart werden.

Tabelle 8-5: Primärenergieeinsatz über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² ESG, je 1mm Dicke

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	68,20	-16,14	52,06
PE, erneuerbar	[MJ]	2,18	-0,12	2,06

Beim ESG können infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life etwa 24% des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung eingespart werden.

Tabelle 8-6: Primärenergieeinsatz über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² VSG, je 1mm Dicke

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	75,20	-10,43	64,8
PE, erneuerbar	[MJ]	2,29	0,37	2,7

Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life beim VSG können etwa 14% des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung gutgeschrieben werden.

Die nachfolgende Graphik visualisiert den Primärenergieeinsatz über den Lebenszyklus der betrachteten Gläser.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

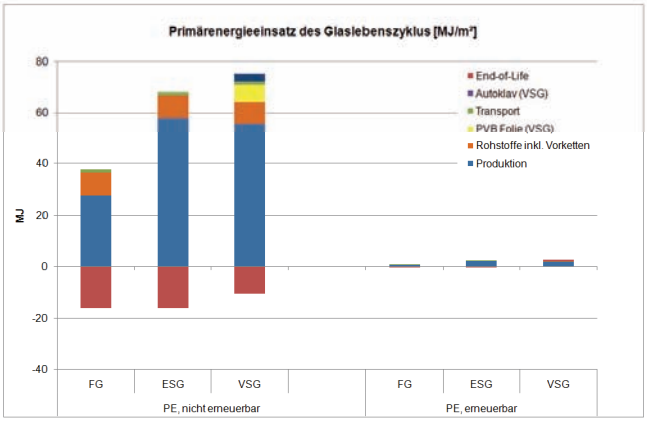


Abbildung 8-1: **Primärenergieeinsatz über den Lebenszyklus von 1 m² FG, ESG und VSG je 1mm Dicke, einschließlich Vorketten in [MJ/m²]**

Die nähere Auswertung des nicht regenerierbaren Primärenergieeinsatzes zur Herstellung von 1 m² FG (1mm) zeigt, dass als wesentlicher Primärenergieträger Erdgas eingesetzt wird. Erdgas wird maßgeblich in der Flachglasherstellung eingesetzt. Der Uran-Anteil ist ausschließlich auf den Anteil der Kernenergie im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

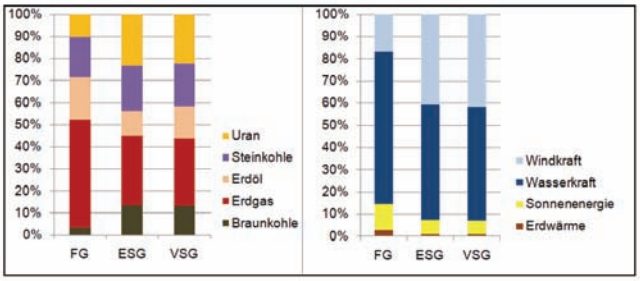


Abbildung 8-2: **Art und Verteilung der nicht erneuerbaren (l.) und erneuerbaren (r.) Primärenergieträger [MJ] zur Herstellung von FG, ESG und VSG**

Die nähere Auswertung des erneuerbaren Primärenergieeinsatzes zur Herstellung von FG, ESG und VSG zeigt, dass als wesentliche Energie Wasser- und Windkraft eingesetzt wird. Dies ist vorrangig den regenerativen Anteil im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

Sekundärbrennstoffe

Sekundärbrennstoffe werden zur Herstellung der Produkte nicht eingesetzt.

Wassernutzung

Über den Lebenszyklus von 1 m² FG (1mm) werden rund 11 l Wasser benötigt, 19 l über den Lebenszyklus von ESG und beim VSG 22 l Wasser einschließlich der Vorketten. Der in der Herstellung von FG und ESG benötigte Wasserbedarf ist zu rund einem Viertel auf dem direkt im Herstellwerk benötigten Wasserbedarf zurückzuführen, weiterhin ist ein Großteil auf die Vorketten der Energieträgerbereitstellung zurückzuführen, sowie auf die Vorkette der Natriumkarbonat-Herstellung, ebenso beim VSG.

Folgende Wassermengen werden über den Lebenszyklus von 1 m² verschiedener Gläser einer Dicke von 1mm benötigt.

Tabelle 8-7: Wassernutzung über den Lebenszyklus von 1 m² FG, ESG und VSG in [kg/m²] je mm Dicke

Wassernutzung	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
FG	[kg/m²]	15,05	-4,49	10,56
ESG	[kg/m²]	23,56	-4,49	19,07
VSG	[kg/m²]	23,91	-1,53	22,38

Nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen

Genutzte nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen stellen vorwiegend Quarzsand und Taubes Gestein dar.

Die folgende Tabelle zeigt die Anteile dieser stofflichen Ressourcen am Gesamtbedarf nicht erneuerbarer stofflicher Ressourcen unter Berücksichtigung der Vorketten.

Dabei stellen Sand, Dolomit und Kalkstein direkte Rezepturbestandteile bei der Flachglasherstellung dar. Natriumchlorid wird zur Herstellung von Natriumcarbonat benötigt, welches wiederum Flachglas-Rezepturbestandteil ist.

Taubes Gestein beschreibt die Masse des nicht verwertbaren Gesteins, im Zuge der Gewinnung von Erzen oder Energieträgern, wie Kohle etc.

Die stoffliche Ressource „Boden" resultiert insbesondere aus dem Abbau und Gewinnungsprozessen von Rohstoffen für die Energieerzeugung und beschreibt die bewegte Masse Bodenmaterial.

Tabelle 8-8: Menge der nicht regenerierbaren stofflichen Ressourcen und deren Anteile zur Herstellung von 1m² FG, ESG und VSG je mm Dicke

Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen		FG		ESG		VSG	
Gesamt	kg	7,73	100%	18,49	100%	19,4	100%
Boden	kg	0,65	8%	0,65	4%	0,62	3%
Taubes Gestein	kg	3,17	41%	13,87	75%	14,71	77%
Quarzsand	kg	1,63	21%	1,63	9%	1,56	8%
Dolomit	kg	0,46	6%	0,46	2%	0,44	2%
Kalkstein	kg	1,00	13%	1,04	6%	1,00	5%
Natriumchlorid	kg	0,80	10%	0,80	4%	0,76	4%

Abfälle

Die Auswertung des Abfallaufkommens wird getrennt für die drei Hauptfraktionen Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin

© ift Rosenheim, Oktober 2011

enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle) und Gefährliche Abfälle (inklusive radioaktive- und Sonderabfälle) dargestellt.

Die Haldengüter stellen bei der Herstellung den größten Anteil dar. Haldengüter fallen vor allem in den Vorketten der Stromerzeugung an, insbesondere bei der Gewinnung von Energieträgern. Bei der Herstellung von ESG und VSG sind dies hauptsächlich Energieträger für die Strombereitstellung. Haldengüter in der Flachglasherstellung sind hauptsächlich auf die Vorketten der Natriumcarbonatherstellung zurückzuführen.

Siedlungsabfälle sind insbesondere auf die Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung zurückzuführen. Natriumcarbonat wird in der Flachglasherstellung benötigt, welche ebenfalls einen wesentlichen Prozessschritt in der Herstellung von ESG und VSG darstellt.

Sonderabfälle und radioaktive Abfälle sind Teil der „Gefährlichen Abfälle". Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen, insbesondere Schlamm aus den Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung. Radioaktive Abfälle entstehen ausschließlich durch die Stromgewinnung in Kernkraftwerken.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen das Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² der untersuchten Gläser mit einer Dicke von 1mm.

Tabelle 8-9: Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² FG, in [kg/m²] je mm Dicke

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	3,95	-3,29	0,66
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,002	-0,002	0,000
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0026	-0,0026	0,0000
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0014	-0,0003	0,0011

Tabelle 8-10: Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² ESG, in [kg/m²] je mm Dicke

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	14,65	-3,29	11,36
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,002	0,002	0,000
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0026	-0,0026	0,0000
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0057	-0,0003	0,0055

Tabelle 8-11: Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² VSG in [kg/m²] je mm Dicke

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total

Haldengüter	[kg/m²]	15,45	-1,39	14,06
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,002	-0,002	0,000
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0026	-0,0023	0,0003
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0061	0,0002	0,0063

Wirkungsabschätzung

Im folgenden sind die Ergebnisse über den Lebenszyklus von FG, ESG und VSG zu den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial (GWP), Ozonabbaupotenzial (ODP), Versauerungspotenzial (AP), Überdüngungspotenzial (EP) und Sommersmogpotenzial (POCP) dargestellt.

Herstellung

Die Umweltwirkungen der einzelnen Subsysteme sind nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1m² FG, ESG und VSG mit 1mm Dicke dargestellt, in Tabelle 8-12 für Flachglas, in Tabelle 8-13 für Einscheibensicherheitsglas und in

Tabelle 8-14 für Verbundsicherheitsglas.

Tabelle 8-12: Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² FG, 1mm

Auswertegröße	Einheit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	2,27	0,79	0,08	3,14
ODP	[kg R11-Äqv.]	9,51E-08	1,42E-08	1,23E-09	1,11E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	8,88E-03	3,63E-03	4,48E-04	1,30E-02
EP	[kg PO_4^3 -Äqv.]	1,60E-03	6,01E-04	9,02E-05	2,29E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	5,80E-04	2,42E-04	4,51E-05	8,67E-04

Tabelle 8-13: Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² ESG, 1mm

Auswertegröße	Einheit/m²	Produktion	Rohstoffe inkl. Vorketten	Transport	Total (cradle-to-gate
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	4,23	0,79	0,08	5,10
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,41E-07	1,42E-08	1,23E-09	4,56E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	1,23E-02	3,63E-03	4,48E-04	1,63E-02
EP	[kg PO_4^3 -Äqv.]	1,87E-03	6,01E-04	9,02E-05	2,57E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	7,98E-04	2,42E-04	4,51E-05	1,09E-03

Tabelle 8-14: Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² VSG, 1mm

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Aus-werte-größe	Einheit/ m²	Pro-duktion	Rohstoffe inkl. Vor-ketten	Transport	Auto-klav	PVB Folie	Total (cradle-to-gate
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	4,06	0,76	0,08	0,19	0,34	5,44
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,26E-07	1,35E-08	1,17E-09	3,43E-08	8,08E-09	4,83E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	1,18E-02	3,47E-03	4,28E-04	3,35E-04	5,61E-04	1,65E-02
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	1,79E-03	5,74E-04	8,62E-05	2,75E-05	6,47E-05	2,55E-03
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	7,65E-04	2,32E-04	4,31E-05	2,16E-05	1,82E-04	1,24E-03

Die Flachglasherstellung ist vom Energieträgereinsatz beim Schmelzprozess und den zugehörigen Emissionen auf Werksebene dominiert.

Die Umweltwirkungen der Herstellung von ESG werden vorrangig durch den Stromverbrauch beim Prozess des Härtens in der ESG-Herstellung bestimmt, ebenso bei der VSG-Herstellung.

Nachfolgend sind die Umweltwirkungen der Herstellung von 1m² verschiedener Gläser beispielhaft für ausgewählte Wirkkategorien dargestellt.

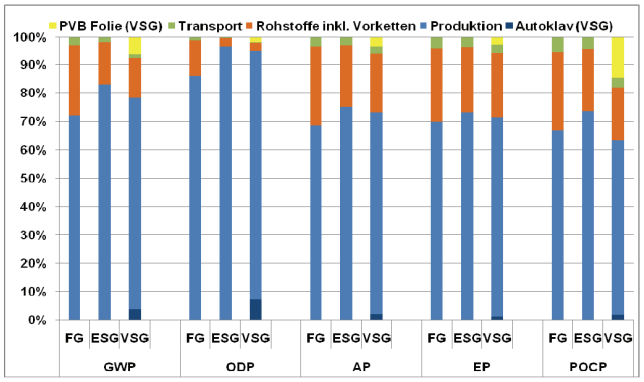


Abbildung 8-3: Relative Beiträge zu den Umweltwirkungen bei der Herstellung von FG, ESG und VSG

Das Treibhauspotenzial ist von Kohlendioxid-Emissionen dominiert. Insbesondere die Flachglasherstellung verursacht etwa zwei Drittel des GWP beim ESG. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum etwa 90% des GWP. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Das Ozonabbaupotenzial wird vorrangig durch den Strom-Mix bestimmt, sowohl aus dem direkt im Werk konsumierten Strom zum Herstellen des ESG und VSG, als auch Strom in den Vorketten der Flachglasherstellung.

Zum Versauerungspotenzial tragen vorrangig Schwefeldioxid-Emissionen und Stickoxide aus der Flachglasherstellung bei. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Die Flachglasherstellung verursacht etwa 89% der zum AP des ESG beitragenden Stickoxide und etwa 64% der beitragenden Schwefeldioxide. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum 97% der zum AP des VSG beitragenden Stickoxide und etwa 91% der beitragenden Schwefeldioxide. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Zum Eutrophierungspotenzial tragen vorrangig Stickoxide aus der Flachglasherstellung bei. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Die Flachglasherstellung verursacht etwa 50% der zum EP des ESG beitragenden Stickoxide. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum 97% der zum EP des VSG beitragenden Stickoxide. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Zum Sommersmogpotenzial tragen vorrangig Schwefeldioxid-Emissionen, Stickoxide und NMVOC-Emissionen aus der Flachglasherstellung bei. Dies ist insbesondere auf den Energieträgereinsatz bei der Schmelze und die zugehörigen Emissionen zurückzuführen. Die Flachglasherstellung verursacht etwa 89% der zum POCP des ESG beitragenden Stickoxide und etwa 64% der beitragenden Schwefeldioxide. Beim VSG verursacht die Herstellung des ESG wiederum 97% der zum POCP des VSG beitragenden Stickoxide und etwa 91% der beitragenden Schwefeldioxide. Emissionen aus der Produktion sind insbesondere auf Vorketten in der Strombereitstellung zurückzuführen.

Im Allgemeinen ist der Einfluss von Transporten sowie der Folie beim VSG von geringer Bedeutung.

Lebenszyklus

Die Umweltwirkungen sind in nachfolgender Tabelle quantitativ über die Herstellung und das End-of-Life von 1m² verschiedener Gläser dargestellt, in Tabelle 8-15 für Flachglas, in Tabelle 8-16 für Einscheibensicherheitsglas und in Tabelle 8-17 für Verbundsicherheitsglas.

Tabelle 8-15: Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² FG, 1mm

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	3,14	-1,64	1,50
ODP	[kg R11-Äqv.]	1,11E-07	-2,17E-08	8,88E-08
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,013	-0,008	0,005
EP	[kg PO_4^{3-} -Äqv.]	0,002	-0,001	0,001
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000	0,001

Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life können beim FG etwa 52% des GWP der Herstellung gutgeschrieben werden.

Tabelle 8-16: Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² ESG, 1mm

© ift Rosenheim, Oktober 2011

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	5,101	-1,64	3,46
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,56E-07	-2,17E-08	4,35E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,016	-0,008	0,008
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,003	-0,001	0,002
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000	0,001

Beim ESG können infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life etwa 32% des GWP der Herstellung gutgeschrieben werden.

Tabelle 8-17: Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² VSG, 1mm

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	5,44	-1,2	4,2
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,83E-07	1,74E-08	5,00E-07
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,017	-0,007	0,010
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,003	-0,001	0,002
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,001	0,000	0,002

Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life beim VSG können etwa 8% des GWP der Herstellung gutgeschrieben werden.

9 Nachweise (nicht relevant)

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument „Flachglas im Bauwesen“, 2010.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß /ISO 14025/: ☐ intern ☒ extern
Validierung der Deklaration: Name Prüfer

11 Literatur

/Institut Bauen und Umwelt/ Leitfaden für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, www.bau-umwelt.com

/GaBi 4 2009/ GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. LBP, Universität Stuttgart und PE International, 2001-2009.

/Nutzungsdauer von Bauteilen/ Nutzungsdauer von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB); Stand 7.7.2011; BBSR

Normen und Gesetze

/ISO 14025/ ISO 14025: 2007-10, Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren (ISO 14025:2006); Text Deutsch und Englisch

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Produktgruppe:	Flachglas im Bauwesen	
Deklarationsinhaber:	Bundesverband Flachglas e.V.	Erstellung/Revision
Deklarationsnummer:	EPD-	01-08-2011

/ISO 14040/	ISO 14040:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006
/ISO 14044/	ISO 14044:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14044:2006
PCR Glas	PCR Flachglas im Bauwesen, Regeln für die Umwelt-Produktdeklaration Flachglas im Bauwesen, April 2010

Projektbeteiligte:

Bundesverband Flachglas e.V.

Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V.

Offerstraße 12
42551 Velbert

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Rheinufer 108
53639 Königswinter

ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

PE International GmbH

Hauptstraße 111 – 113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.

Am Hofgarten 1-2
53113 Bonn

Verband Fenster + Fassade

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Das EPD-Dokument stellt ein Ergebnis des Forschungsprojektes „Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“ dar. Dieses wurde gefördert durch:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau“

Bundesinstitut für Bau-, und Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Herausgeber:
Institut Bauen und Umwelt e. V.
(vormals Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V., AUB)
Rheinufer 108
53639 Königswinter
Tel.: 02223 296679 0
Fax: 02223 296679 1
Email: info@bau-umwelt.com
Internet: www.bau-umwelt.com

Layout:
PE INTERNATIONAL

Bildnachweis:
Bundesverband Flachglas e.V.

Bundesverband Flachglas e.V.
Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

EPD 2- und 3-Scheiben-Isolierglas

ROSENHEIM

Kurzfassung
Umwelt-Produktdeklaration
Environmental Product-Declaration

Institut Bauen und Umwelt e. V. www.bau-umwelt.com	Programmhalter
Bundesverband Flachglas e.V. Mülheimerstraße 1 53840 Troisdorf BF Bundesverband Flachglas	Deklarationsinhaber
EPD-	Deklarationsnummer
2- und 3-Scheibenisolierglas Diese Deklaration ist eine Umwelt-Produktdeklaration gemäß ISO 14025 und beschreibt die Umweltleistung von 2- und 3-Scheibenisolierglas. Sie soll die Entwicklung des umwelt- und gesundheitsverträglichen Bauens fördern. In dieser validierten Deklaration werden alle relevanten Umweltdaten offen gelegt. Die Deklaration beruht auf dem PCR Dokument „Flachglas im Bauwesen".	Deklarierte Bauprodukte
Diese validierte Deklaration berechtigt zum Führen des Zeichens des Institut Bauen und Umwelt e.V. Sie gilt ausschließlich für die genannten Produkte, drei Jahre vom Ausstellungsdatum an. Der Deklarationsinhaber haftet für die zugrunde liegenden Angaben und Nachweise.	Gültigkeit
Die **Deklaration** ist vollständig und enthält in ausführlicher Form: - bauphysikalische Angaben, - Angaben zu Grundstoffen und Stoffherkunft, - Beschreibungen zur Produktherstellung, - Hinweise zur Produktverarbeitung, - Angaben zum Nutzungsstand, außergewöhnliche Einwirkungen und Nachnutzungsphase - Ökobilanzergebnisse	Inhalt der Deklaration
Diese Umwelt - Produktdeklaration wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „EPDs für transparente Bauelemente" erarbeitet. Beteiligt hierbei waren als projektleitende Stelle das **ift** Rosenheim, in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband Flachglas e.V., dem Fachverband Schloss und Beschlagsindustrie e.V., dem Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V. und dem Verband Fenster + Fassade. Die Ökobilanz wurde erstellt durch PE International GmbH. Programmhalter ist das Institut Bauen und Umwelt e.V. Gefördert mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt-, und Raumforschung.	Hinweis
25. Januar 2011	Ausstellungsdatum
Prof. Dr.-Ing. Horst J. Bossenmayer (Präsident des Institut Bauen und Umwelt)	Unterschriften
Diese Deklaration und die zugrunde gelegten Regeln wurden gemäß /ISO 14025/ durch den unabhängigen Sachverständigenausschuss (SVA) geprüft.	Prüfung der Deklaration
Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Vorsitzender des SVA) Name Prüfer (Prüfer vom SVA bestellt)	Unterschriften

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Kurzfassung
Umwelt-Produktdeklaration
Environmental Product-Declaration

2- und 3-Scheiben-Isolierglas besteht aus zwei oder drei Einzelscheiben, die durch einen Abstandhalter am Rand voneinander getrennt sind. Der Aufbau wird definiert durch Glasscheiben, Beschichtungen, Abstandhalter, Gas, Trocknungsmittel, Primärdichtstoff und Sekundärdichtstoff.	**Produktbeschreibung**
Mehrscheiben-Isolierglas für den Einbau in Fenster, Türen, Vorhangfassaden, Dachkonstruktionen und Trennwänden	**Anwendungsbereich**
Die **Ökobilanz** wurde nach /EN ISO 14040/ und /EN ISO 14044/ den Anforderungen des IBU-Leitfadens zu Typ-III-Deklarationen und der spezifischen Regeln für Glas durchgeführt. Als Datenbasis wurden spezifische Daten der untersuchten Produkte sowie Daten aus der Datenbank „GaBi 4" herangezogen. Die Ökobilanz umfasst die Lebenszyklusstadien der Rohstoff- und Energiegewinnung, Rohstofftransporte, die eigentliche Herstellungsphase inklusive Herstellung und Entsorgung der Verpackung sowie das End of Life in Form eines Szenarios zum Behälterglas-Recycling. Deklariert wird jeweils 1m² 2- und 3-Scheibenisolierglas. Die Darstellung der Nutzungphase, in der auch z.B. solare Energiegewinne zu bilanziern sind, erfolgt m Rahmen der Darstellung der Produkte wie Fenster, Fassade etc.	**Rahmen der Ökobilanz**

2-Scheiben-Isolierglas (pro m²)

Auswertegröße	Einheit pro m²	Herstellung	End-of-Life
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	17,09	-0,95
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	446,98	-129,96
Treibhauspotenzial (GWP 100a)	[kg CO_2-Äqv.]	34,89	-13,19
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	1,76E-06	-1,75E-07
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	0,152	-0,067
Überdüngungspotenzial (NP)	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,024	-0,008
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,010	0,003

3-Scheiben-Isolierglas (pro m²)

Auswertegröße	Einheit pro m²	Herstellung	End-of-Life
Primärenergie, erneuerbar	[MJ]	24,82	-1,42
Primärenergie, nicht erneuerbar	[MJ]	673,55	-194,64
Treibhauspotenzial (GWP 100 a)	[kg CO_2-Äqv.]	52,556	-19,76
Ozonabbaupotenzial (ODP)	[kg R11-Äqv.]	2,56E-06	-2,62E-07
Versauerungspotenzial (AP)	[kg SO_2-Äqv.]	0,240	-0,101
Überdüngungspotenzial (NP)	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,036	-0,013
Sommersmogpotenzial (POCP)	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,016	0,004

Ergebnisse der Ökobilanz

Erstellt durch: PE INTERNATIONAL, Leinfelden-Echterdingen	
Prüfungen und Nachweise: nicht relevant	**Nachweise und Prüfungen**

Geltungsbereich Diese Umwelt-Produktdeklaration gilt für 2- und 3-Scheibenisolierglas gemäß EN 1279

Bei Verwendung von VSG sind die Werte der EPD für VSG zuzüglich eines Verschnittfaktors von 10% einzurechnen.

1 Produktdefinition

Produktdefinition Diese EPD ist gültig für 2- und 3-Scheibenisolierglas.

Verglasungseinheit aus zwei oder mehreren Glasscheiben, die durch einen oder mehrere luft- bzw. gasgefüllte Zwischenräume voneinander getrennt sind. An den Rändern sind die Scheiben hermetisch (luft- bzw. gas- und feuchtigkeitsdicht) durch z.B: organische Dichtungsmassen versiegelt.

Der Aufbau für die im Rahmen dieser EPD dargestellten Isoliergläser ist wie folgt:

2-fach Verglasung 4/16/4

3-fach Verglasung 4/12/4/12/4

Isolierglasaufbauten mit abweichenden Glasdicken und/oder abweichenden SZR können entsprechend dieser EPD berücksichtigt werden.

Isolierglas mit Einbauten im SZR sind nicht durch diese EPD abgedeckt.

Anwendung 2- und 3-Scheibenisolierglas für den Einbau in Fenster, Türen, Vorhangfassaden, Dachkonstruktionen und Trennwänden.

Produktnorm / Zulassung 2- und 3-Scheibenisolierglas nach EN 1279-5 „Glas im Bauwesen - Mehrscheiben-Isolierglas - Teil 5: Konformitätsbewertung"

Gütesicherung Eine Gütesicherung bzw. Güteüberwachung kann sofern vorhanden angegeben werden

Lieferzustand, Eigenschaften 2- und 3-Scheibenisolierglas wird entweder verbaut im Element (z.B. Fenster) ausgeliefert oder als fertiges Produkt direkt auf die Baustelle geliefert.

Bautechnische Daten Folgende bautechnische Eigenschaften sind für 2- und 3-Scheibenisolierglas relevant:

- Wärmedurchgangskoeffizient
- Gesamtenergie-Durchlassgrad
- Lichttransmissionsgrad
- Schalldämmmaß

Eigenschaft	Bezeichnung	Produktnorm	Einheit
Wärmedurchgangskoeffizient	U_g-Wert	EN 1279	W/(m²*K)
Gesamtenergie-Durchlassgrad	g-Wert	EN 1279	%
Lichttransmissionsgrad	τ_V	EN 1279	%
Schalldämmmaß	R_W-Wert	EN 1279	dB

Die spezifischen bauphysikalischen Daten sind dem jeweiligen CE-Kennzeichen des Produktes zu entnehmen. In der Produktnorm wird auf die entsprechenden Prüfnormen verwiesen.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

2 Grundstoffe

Grundstoffe Vorprodukte

Glas:
Das Vorprodukt ist Kalk-Natronsilicatglas (Floatglas). Die wesentlichen Bestandteile hierfür sind die natürlich vorkommenden Rohstoffe Sand (Siliziumkarbonat, 59 %), Soda (Natriumkarbonat, 18 %), Dolomit (15 %), Kalk (Kalziumkarbonat, 4 %), Nephelin (3 %) und Sulfat (1 %).

Abstandhalter: konventionelle oder wärmetechnisch verbesserte Abstandhalter

Versiegelung: aus Polyurethan, Polysulfid, Butyl, Silikon, Polyisobutylen

Trockenmittel: Zeolithe

Edelgase: i.d.R. Argon, selten Krypton zur Füllung des Scheibenzwischenraumes (SZR)

Hilfsstoffe / Zusatzmittel

Hilfsstoffe und Zusatzmittel sind nicht vorhanden bzw. werden nicht benötigt..

Stofferläuterung

Ein 2- und 3-Scheibenisolierglas ist aufgebaut aus zwei oder 3 Glasscheiben mit eventuell aufgebrachten Beschichtungen für eine Verbesserung der thermischen Behaglichkeit. Der Abstandhalter wird als Definition des Abstandes beider Glasscheiben verwendet. Im Abstandhalter befindet sich das Trocknungsmittel, welches im SZR befindliche Feuchte aufnehmen soll. Der SZR ist mit einem Wärmedämmenden Edelgas gefüllt. Abgedichtet wird das System über einen Primär- und einen Sekundärdichtstoff.

Rohstoffgewinnung und Stoffherkunft

Die Herstellwerke für Flachglas sind typischerweise in der Nähe der Rohstoffvorkommen (v.a. Sand) angesiedelt, um die Transportwege zu minimieren.
Die Herstellung von 2- und 3-Scheibenisolierglas ist europaweit verbreitet.

Regionale und allgemeine Verfügbarkeit der Rohstoffe

Die natürlich vorkommenden Rohstoffe für Kalk-Natronsilicatglas sind praktisch unbegrenzt verfügbar. Der Rohstoffgemenge werden ca. 25 % Scherben zugesetzt. Dadurch wird die Schmelztemperatur gesenkt.

3 Produktherstellung

Produktherstellung

Glasscheiben werden mit einem oder mehreren Abstandhalterprofilen aus Aluminium, Edelstahl oder Kunststoff / -Metallkombinationen oder mit organischen Materialien auf den gewünschten Abstand gebracht und mit Hilfe von zwei Dichtstoff-Ebenen verbunden sowie gasdicht versiegelt, nachdem die Scheibenzwischenräume mit Edelgas (i. d. R. Argon) gefüllt wurden.

Gesundheitsschutz Herstellung

Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen/-belastungen während des Herstellungsprozesses:
Während des gesamten Herstellungsprozesses sind keine über die rechtlich festgelegten Arbeitsschutzmaßnahmen für Gewerbetreibende hinausgehende Maßnahmen zum Gesundheitsschutz erforderlich.

Umweltschutz Herstellung

Maßnahmen zur Reduzierung der durch den Herstellungsprozess ausgelösten Umweltbelastung:

Luft:

Die behördlich festgesetzten Grenzwerte werden eingehalten.

Wasser/Boden:

Belastungen von Wasser und Boden entstehen nicht.

Lärm:

Die Schallemissionen liegen nicht über den gesetzlichen Beschränkungen.

4 Produktverarbeitung

Verarbeitungs-empfehlungen	Mehrscheiben-Isolierglas wird in Fenster oder Fassaden eingebaut. Das Merkblatt 002/2008 des Bundesverband Flachglas „Richtlinie zum Umgang mit Mehrscheiben-Isolierglas" ist zu beachten.
Arbeitsschutz Umweltschutz	Es sind die Arbeitsschutzmaßnahmen nach BGI 5084 „Glaser- und Fensterbauarbeiten" zu beachten
Restmaterial	Beim Einbau von Mehrscheiben-Isolierglas fallen keine Restmaterialien an.
Verpackung	Mehrscheibenisolierglas wird auf Mehrweg-Gestellen ausgeliefert.

5 Nutzungszustand

Inhaltsstoffe	Bei bestimmungsgemäßen gebrauch sind keine gefährlichen Inhaltsstoffe bekannt, die zu einer Belastung der Umwelt führen können!
Wirkungs-beziehungen Umwelt Gesundheit	Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch sind keine erhöhten Belastungen aus 2- und 3-Scheibenisolierglas für die Umwelt bzw. die Gesundheit bekannt!
Nutzungsdauer	Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch kann von einer Nutzungsdauer bei 2- und 3-Scheibenisolierglas von 30 Jahren ausgegangen werden. (gemäß Anhang Leitfaden nachhaltiges Bauen (gemäß BBSR Nutzungsdauer von Bauteilen).

6 Außergewöhnliche Einwirkungen

Brand	Mehrscheiben-Isolierglas ist in die Baustoffklasse A1 nach EN 13501-1 (nicht brennbar) eingestuft.
Wasser	Bei bestimmungsgemäßen Gebrauch wird 2- und 3-Scheibenisolierglas durch Wasser nicht angegriffen. Dabei werden keine Wasser gefährdende Inhaltsstoffe ausgewaschen.

7 Nachnutzungsphase

Wieder- und Weiterverwendung	Eine Wieder- und Weiterverwendung von 2- und 3-Scheibenisolierglas ist nicht vorgesehen.

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Wiederverwertung	Nach der Nutzung kann das Glas dem ursprünglichen Produktionsprozess zurückgeführt werden.
Weiterverwertung	Flachglas, Einscheibensicherheitsglas als auch Verbundsicherheitsglas kann rezykliert werden, z.B. in Behälterglas, Glaswolle oder Schaumglas.
Entsorgung	Abfallschlüssel: 170202 für Glas aus Bau- und Abbruchabfällen 170902 für PCB-Isoglas

8 Ökobilanz

Die vorliegende Ökobilanz beruht auf der ISO 14044 ff. Notwendige Modellannahmen sind benannt. Die Ökobilanz enthält alle relevanten produktspezifischen Lebenszyklusstufen.

8.1 Angaben zur Systemdefinition und Modellierung des Lebenszyklus

Deklarierte Einheit	Die deklarierte Einheit bezieht sich auf Herstellung und das End-of-Life von 1 m² beschichtetem 2-Scheibenisolierglas und 3-Scheibenisolierglas.
Systemgrenzen	Die Systemgrenzen beziehen alle Prozessschritte für die Herstellung des Isolierglases von der Gewinnung der Rohstoffe bis zur Auslieferung des versandfertigen Isolierglas am Werkstor ein. Die Nutzung wird wegen der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten und Konstruktionen nicht in die Berechnung einbezogen. In Form eines Szenarios wird die Weiterverwertung der Scherben aus dem MIG-Recycling in der Herstellung von Behälterglas bilanziert. Transporte zum End-of-Life sind ebenfalls berücksichtigt.
Annahmen und Abschätzungen	Alle während der Produktion und der Endfertigung anfallenden Produktionsabfälle werden intern rezykliert.
Abschneidekriterium	Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d.h. alle nach Zusammensetzung eingesetzten Ausgangsstoffe, die eingesetzte elektrische Energie, der interne Verbrauch von Betriebsstoffen sowie alle direkt dem Produkt zuordenbaren Produktionsabfälle aus den Werken in der Bilanzierung berücksichtigt. Damit sind auch Stoff- und Energieströme mit einem Anteil von kleiner als 1 Prozent Beitrag berücksichtigt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Summe der vernachlässigten Prozesse 5% der Ergebnisse der einzelnen Wirkkategorien nicht übersteigt. Die Herstellung der benötigte Maschinen und Anlagen wurden vernachlässigt.
Transporte	Transporte der Roh- und Hilfs- und Betriebsstoffe während der Herstellphase des Isolierglases sind berücksichtigt. Im End of Life Szenario sind 50 km Transportentfernung zur Verwertungsanlage – jeweils per LKW - berücksichtigt.
Betrachtungszeitraum	Die Daten der Isolierglasherstellung basieren auf dem Jahr 2010. Die Mengen an eingesetzten Rohstoffen, Energie, Hilfs- und Betriebsstoffen sind als Jahresmittelwert erhoben.
Hintergrunddaten	Zur Modellierung des Lebenszyklus des Isolierglas wurde das Software-System zur Ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi 4" eingesetzt /GaBi 4/. Alle für die Isolierglas-Herstellung relevanten Hintergrund-Datensätze sind der Datenbank der Software GaBi 4 entnommen.

Produktgruppe:	Flachglas im Bauwesen	
Deklarationsinhaber:	Bundesverband Flachglas e.V	Erstellung/Revision
Deklarationsnummer:	EPD-	01-08-2011

Datenqualität

Das Alter der verwendeten Ökobilanz-Hintergrunddaten liegt unter 8 Jahren.

Die Produktionsdaten der Flachglasherstellung basieren auf Datenaufnahmen aus 25 europäischen Herstellerwerken aus dem Jahr 2005. Für die Durchschnittsbildung wurden die Werke über die Produktionsmenge gemittelt. Die Daten wurden von Glas for Europe verfügbar gemacht.

Für den Isolierglasverbund wurden alle relevanten Daten über den Bundesverband Flachglas erhoben. Typische Daten für das Beschichtungssystem wurden von einem Hersteller zur Verfügung gestellt.

Allokation

Allokationen mussten bei der Produktherstellung nicht vorgenommen werden. Allokationen beim Einsatz von Rezyklaten bzw. Sekundärrohstoffen der Hintergrundprozesse können der Dokumentation der GaBi Datenbank entnommen werden.

Hinweise zum Entsorgungsstadium

Für aufbereitete Flachglasscherben gibt es sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten. Diese reichen von der Wiederverwertung in der Flachglasproduktion über die Herstellung von Gussglas, Behälterglas, Dämmwolle, Schmirgelpapier bis hin zur Produktion von Glasbausteinen.

In Form eines Szenarios wird die Wiederverwertung in der Herstellung von Behälterglas bilanziert. Transporte zum End-of-Life sind ebenfalls berücksichtigt.

Wahl des End-of-life Scenarios

Das End of Life Szenario des Isolierglases umfasst die Sammlung und das Recycling zu Behälterglas (inklusive Gutschriften für einen geringeren Einsatz an Primärenergie in der Herstellung beim Einsatz von Sekundärmaterial sowie stoffliche Batch-Gutschriften). Für das Glas ist eine Sammelquote von 90 % angenommen. Für die verbleibenden 10% wird eine Deponierung auf einer Bauschuttdeponie angenommen.

Gutschriften

Beim Glasrecycling zu Containerglas werden die stofflichen Materialien durch Äquivalenzprozesse gutgeschrieben, die ebenfalls in der Herstellung verwendet wurden (für Sand, Soda, Kalksteinmehl).

Der Einsatz von Sekundärmaterialien senkt den Energieaufwand in der Herstellung. Diese Einsparung wird mit den Äquivalenzprozessen DE: Strom und DE: Thermische Energie aus Erdgas (jeweils GaBi 2009) gegengerechnet.

Die Gutschriften für das rezyklierte Glas werden über die entsprechende Primärproduktion errechnet.

8.2 Darstellung der Bilanzen und Auswertung

Nachfolgend werden für 2-Scheiben-Isolierglas und 3-Scheiben-Isolierglas ausgewählte Sachbilanzdaten für den Primärenergieeinsatz (erneuerbar und nicht erneuerbar), Wasserverbrauch, Abfallaufkommen, Verwendung von Sekundärbrennstoffen sowie nicht erneuerbaren stofflichen Ressourcen aufgezeigt.

Das 2-Scheiben-Isolierglas ist mit 2 x 4 mm Flachglas bilanziert. Nach Bedarf kann hierzu auch eine Scheibe durch Einscheibensicherheitsglas oder Verbundsicherheitsglas ersetzt werden. Die Ergebnisse für ESG und VSG sind dem EPD für FG, ESG und VSG zu entnehmen. Da sich diese auf 1mm Dicke beziehen, müssen die dort dargestellten Ergebnisse entsprechend skaliert werden und gegen die Ergebnisse einer Scheibe Flachglas ersetzt werden.

Die Vorgehensweise beim 3-Scheiben-Isolierglas erfolgt nach Bedarf analog. Hierbei sind die Ergebnisse auf Basis von 3 FG-Scheiben bilanziert zu je 4 mm Dicke.

Primärenergieeinsatz

Herstellung

Der Primärenergieeinsatz in den einzelnen Subsystemen ist nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1m² Mehrscheibenisolierglas dargestellt, in Tabelle 8-1 für 2-

© ift Rosenheim, Oktober 2011

Scheiben-Isolierglas und in Tabelle 8-2 für 3-Scheiben-Isolierglas.

Tabelle 8-1: Primärenergieeinsatz über die Herstellung von 1 m² MIG, 2 Scheiben

Aus-werte-größe	pro m²	Ab-stand-halter	Füll-gas	Be-schich-tung	Ver-siege-lung	Flach-glas 4mm	Flach-glas 4mm*	Pro-duk-tion	Trans-port	Total
PE, nicht emeuerbar	[MJ]	5,74	0,15	38,75	12,29	185,5	185,5	45,66	13,37	447,0
PE, erneu-erbar	[MJ]	1,47	0,01	4,05	0,06	2,83	2,83	5,82	0,01	17,09

*Werte bei Bedarf durch ESG oder VSG ersetzen; bei VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu berück-sichtigen

Tabelle 8-2: Primärenergieeinsatz über die Herstellung von 1 m² MIG, 3 Scheiben

Auswerte-größe	pro m²	Ab-stand-halter	Füll-gas	Be-schich-tung	Ver-siege-lung	Flach-glas 2x4mm	Flach-glas 4mm*	Pro-duk-tion	Trans-port	Total
PE, nicht emeuerbar	[MJ]	8,61	0,23	77,89	24,58	331,0	185,5	45,66	20,05	673,6
PE, erneu-erbar	[MJ]	2,21	0,01	8,14	0,12	5,67	2,83	5,82	0,02	24,82

*Werte bei Bedarf durch ESG oder VSG ersetzen; bei VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu berück-sichtigen

Der Primärenergieeinsatz der Herstellung von Mehrscheibenisolierglas ist zu 74 % von der Flachglasherstellung dominiert.

Lebenszyklus

Der Primärenergieeinsatz über den Lebenszyklus von 1m² Mehrscheibenisolierglas ist in nachfolgenden Tabellen quantitativ dargestellt, in Tabelle 8-3 für 2-Scheiben-Isolierglas und in Tabelle 8-4 für 3-Scheiben-Isolierglas.

Tabelle 8-3: Primärenergieeinsatz über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 2 Scheiben

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	446,98	-129,96	317,03
PE, erneuerbar	[MJ]	17,09	-0,95	16,14

Tabelle 8-4: Primärenergieeinsatz über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 3 Scheiben

Auswertegröße	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
PE, nicht erneuerbar	[MJ]	673,55	-194,64	478,91
PE, erneuerbar	[MJ]	24,82	-1,42	23,40

Bei 2- und 3 Scheibenisolierglas kann infolge des Recyclingpotentials im End-of-Life

etwa 28% des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes der Herstellung eingespart werden. Dies betrifft die Gesamtheit an Daten inkl. vorgelagerte Prozesse.

Die nachfolgende Graphik visualisiert den Primärenergieeinsatz über den Lebenszyklus der betrachteten Mehrscheibenisoliergläser.

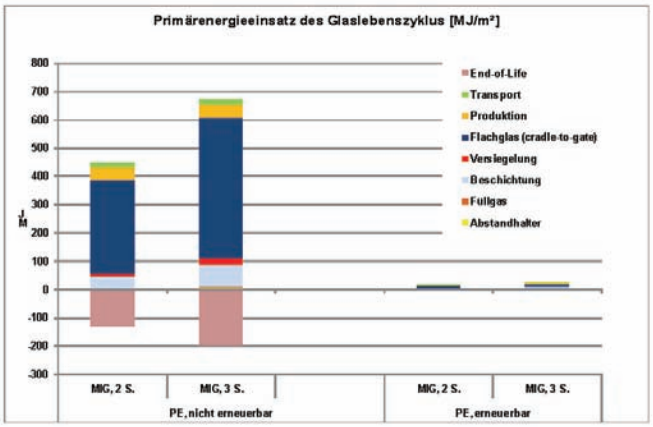


Abbildung 8-1: **Primärenergieeinsatz über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas einschließlich Vorketten in [MJ/m²]**

Die nähere Auswertung des nicht regenerierbaren Primärenergieeinsatzes zur Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas zeigt, dass als wesentlicher Primärenergieträger Erdgas eingesetzt wird. Erdgas wird maßgeblich in der Flachglasherstellung eingesetzt. Der Uran-Anteil ist ausschließlich auf den Anteil der Kernenergie im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

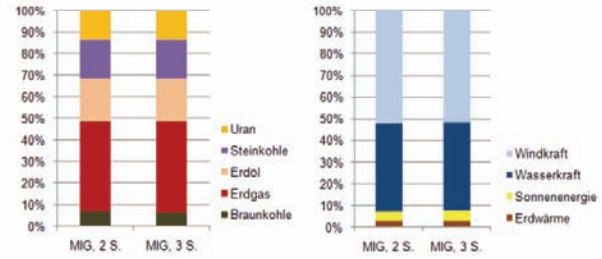


Abbildung 8-2: **Art und Verteilung der nicht erneuerbaren (l.) und erneuerbaren (r.) Primärenergieträger [MJ] zur Herstellung von Mehrscheibenisolierglas**

© ift Rosenheim, Oktober 2011

Die nähere Auswertung des erneuerbaren Primärenergieeinsatzes zur Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas zeigt, dass als wesentliche Energieträger Wasser- und Windkraft eingesetzt wird. Dies ist vorrangig den regenerativen Anteil im deutschen Strom-Mix zurückzuführen.

Sekundärbrennstoffe

Sekundärbrennstoffe werden zur Herstellung der Produkte nicht eingesetzt.

Wassernutzung

Über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas werden 0,17 m³ (2-Scheiben) und 0,26 m³ (3-Scheiben) Wasser benötigt, einschließlich der Vorketten. Der in der Herstellung benötigte Wasserbedarf ist zu rund einem Drittel auf die Vorketten der Natriumkarbonat-Herstellung zurückzuführen. Rund 20 % sind auf die Vorketten der Strombereitstellung im Werk zurückzuführen.

Tabelle 8-5: Wassernutzung über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas in [kg/m²]

Wassernutzung	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
MIG, 2-Scheiben	[kg/m²]	204,2	-36,12	168,1
MIG, 3-Scheiben	[kg/m²]	312,3	-54,10	258,2

Nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen

Genutzte nicht erneuerbare stoffliche Ressourcen stellen vorwiegend Quarzsand und taubes Gestein dar.

Die folgende Tabelle zeigt die Anteile dieser stofflichen Ressourcen am Gesamtbedarf nicht erneuerbarer stofflicher Ressourcen unter Berücksichtigung der Vorketten.

Während Sand, Dolomit und Kalkstein direkter Rezepturbestandteil bei der Flachglasherstellung sind, gehen die stofflichen Ressourcen Kupfer-Gold-Silber-Erz auf die Beschichtungskomponenten zurück.

Natriumchlorid wird zur Herstellung von Natriumcarbonat benötigt, welches wiederum Flachglas-Rezepturbestandteil ist.

Taubes Gestein beschreibt die Masse nicht verwertbares Gestein, im Zuge der Gewinnung von Erzen oder Energieträgern, wie Kohle etc.

Die stoffliche Ressource „Boden" resultiert insbesondere aus dem Abbau und Gewinnungsprozessen von Rohstoffen für die Energieerzeugung und beschreibt die bewegte Masse Bodenmaterial.

Tabelle 8-6: Menge der nicht regenerierbaren stofflichen Ressourcen und deren Anteile zur Herstellung von 1m² Mehrscheibenisolierglas

Nicht regenerierbare stoffliche Ressourcen		MIG, 2-Scheiben		MIG, 3-Scheiben	
Gesamt	kg	116,46		183,13	
Boden	kg	5,75	5%	8,63	5%
Taubes Gestein	kg	68,72	59%	107,76	59%
Quarzsand	kg	14,39	12%	21,62	12%
Dolomit	kg	4,01	3%	6,02	3%
Kalkstein	kg	8,90	8%	13,38	7%
Kupfer-Gold-Silber-Erz	kg	6,31	5%	13,19	7%
Natriumchlorid	kg	7,17	6%	10,83	6%

Abfälle

Die Auswertung des Abfallaufkommens wird getrennt für die drei Hauptfraktionen Haldengüter (einschließlich Erzaufbereitungsrückstände), Siedlungsabfälle (darin

enthalten Hausmüll und Gewerbeabfälle) und gefährliche Abfälle (inklusive radioaktive- und Sonderabfälle) dargestellt.

Die Haldengüter stellen bei der Herstellung den größten Anteil dar. Haldengüter fallen vor allem in den Vorketten der Stromerzeugung an, insbesondere bei der Gewinnung von Energieträgern.

Siedlungsabfälle sind insbesondere auf die Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung zurückzuführen. Natriumcarbonat wird in der Flachglasherstellung benötigt.

Sonderabfälle und radioaktive Abfälle sind Teil der „Gefährlichen Abfälle". Sonderabfälle sind im Wesentlichen Abfälle aus vorgelagerten Stufen, insbesondere Schlamm aus den Vorketten der Natriumcarbonat-Herstellung. Radioaktive Abfälle entstehen ausschließlich durch die Stromgewinnung in Kernkraftwerken.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen das Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas.

Tabelle 8-7: Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas, 2-Scheiben in [kg/m²]

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	82,95	-26,51	56,44
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,021	-0,017	0,004
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,0349	-0,0210	0,0139
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,0219	-0,0021	0,0198

Tabelle 8-8: Abfallaufkommen über den Lebenszyklus von 1 m² Mehrscheibenisolierglas, 3-Scheiben in [kg/m²]

Auswertegröße	Einheit	Herstellung	End-of-Life	Total
Haldengüter	[kg/m²]	132,82	-39,70	93,12
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	[kg/m²]	0,032	-0,025	0,007
Gefährliche Abfälle				
Sonderabfälle	[kg/m²]	0,057	-0,031	0,026
Radioaktive Abfälle	[kg/m²]	0,032	-0,003	0,029

Wirkungsabschätzung

Im folgenden sind die Ergebnisse über den Lebenszyklus von Mehrscheibenisolierglas zu den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial (GWP), Ozonabbaupotenzial (ODP), Versauerungspotenzial (AP), Überdüngungspotenzial (EP) und Sommersmogpotenzial (POCP) dargestellt.

Das 2-Scheiben-Isolierglas ist mit 2 x 4 mm Flachglas bilanziert. Nach Bedarf kann hierzu auch eine Scheibe durch Einscheibensicherheitsglas oder Verbundsicher-

© ift Rosenheim, Oktober 2011

heitsglas ersetzt werden. Die Ergebnisse für ESG und VSG sind dem EPD für FG, ESG und VSG zu entnehmen. Da sich diese auf 1mm Dicke beziehen, müssen die dort dargestellten Ergebnisse entsprechend skaliert werden und gegen die Ergebnisse einer Scheibe Flachglas ersetzt werden. Bei Verwendung von VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu berücksichtigen.

Die Vorgehensweise beim 3-Scheiben-Isolierglas erfolgt nach Bedarf analog. Hierbei sind die Ergebnisse auf Basis von 3 FG-Scheiben bilanziert zu je 4 mm Dicke.

Herstellung

Die Umweltwirkungen der einzelnen Subsysteme sind nachfolgend quantitativ für die Herstellung von 1m² Mehrscheibenisolierglas dargestellt, in Tabelle 8-11 für 2-Scheiben-Isolierglas und in Tabelle 8-12 für 3-Scheiben-Isolierglas.

Tabelle 8-9: Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² MIG, 2 Scheiben

Auswertegröße	Einheit/m²	Abstandhalter	Füllgas	Beschichtung	Versiegelung	Flachglas 4mm	Flachglas 4mm*	Produktion	Transport	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	0,44	0,01	2,59	0,52	13,83	13,83	2,71	0,96	34,89
ODP	[kg R11-Äqv.]	3,0E-08	1,7E-09	2,9E-07	1,2E-08	4,9E-07	4,9E-07	4,5E-07	1,7E-09	1,77E-06
AP	[kg SO_2-Äqv.]	2,0E-03	1,7E-05	2,6E-02	9,0E-04	5,7E-02	5,7E-02	4,0E-03	4,4E-03	0,151
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	1,4E-04	1,4E-06	2,0E-03	9,6E-05	1,0E-02	1,0E-02	3,7E-04	1,0E-03	0,024
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	1,8E-04	1,1E-06	1,3E-03	1,2E-04	3,8E-03	3,8E-03	2,8E-04	4,9E-04	0,010

*Werte bei Bedarf durch ESG oder VSG ersetzen; bei VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu berücksichtigen

Tabelle 8-10: Wirkkategorien über die Herstellung von 1 m² MIG, 3 Scheiben

Auswertegröße	Einheit/m²	Abstandhalter	Füllgas	Beschichtung	Versiegelung	Flachglas 2x4mm	Flachglas 4mm*	Produktion	Transport	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	0,67	0,01	5,20	1,04	27,66	13,83	2,71	1,43	52,55
ODP	[kg R11-Äqv.]	4,4E-08	2,6E-09	5,8E-07	2,4E-08	9,7E-07	4,9E-07	4,5E-07	2,5E-09	2,56E-06
AP	[kg SO_2-Äqv.]	3,0E-03	2,5E-05	5,3E-02	1,8E-03	1,1E-01	5,7E-02	4,0E-03	6,7E-03	0,236
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	2,2E-04	2,0E-06	4,0E-03	1,9E-04	2,0E-02	1,0E-02	3,7E-04	1,5E-03	0,036
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	2,7E-04	1,6E-06	2,7E-03	2,4E-04	7,6E-03	3,8E-03	2,8E-04	7,3E-04	0,016

*Werte bei Bedarf durch ESG oder VSG ersetzen; bei VSG ist ein Verschnittfaktor von 10% zu berücksichtigen

Die Umweltwirkungen des Mehrscheiben-Isolierglases werden vorrangig durch die Herstellung des Flachglases bestimmt.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die relativen Beiträge einzelner Subsysteme zu

den betrachteten Wirkkategorien innerhalb der Herstellung von Mehrscheiben-Isolierglas. Hierbei zeigt sich die Dominanz der Flachglasherstellung in allen Wirkkategorien, gefolgt von der Beschichtung.

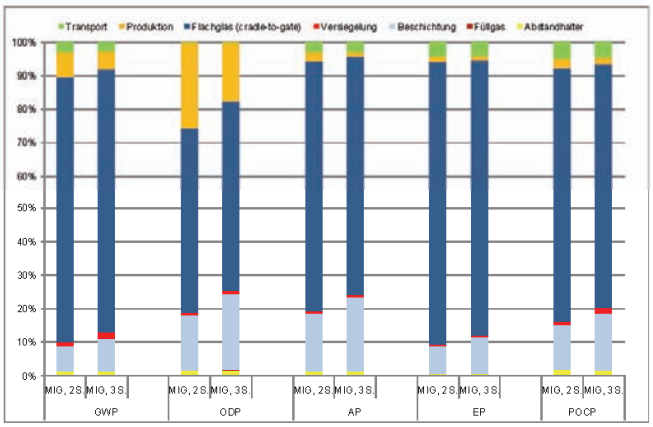


Abbildung 8-3: Relative Beiträge zu den Umweltwirkungen bei der Herstellung von 1 m² Mehrscheibenisolierglas

Das Treibhauspotenzial ist von Kohlendioxid-Emissionen dominiert. Insbesondere die Flachglasherstellung verursacht etwa 80 % des GWP. Etwa 10 % sind auf die Beschichtung zurückzuführen. Die Ursache für den Anteil der Beschichtung liegt vorrangig in der Vorkette zur Strombereitstellung für die Beschichtung.

Das Ozonabbaupotenzial wird vorrangig durch den Strom-Mix bestimmt, sowohl aus dem direkt im Werk konsumierten Strom zum Beschichten und der weiteren Fertigungsprozesse, als auch Strom in den Vorketten der Flachglasherstellung.

Zum Versauerungspotenzial tragen vorrangig Schwefeldioxid-Emissionen und Stickoxide aus der Flachglasherstellung bei als auch Schwefeldioxid-Emissionen aus der Vorkette der Silber-Gewinnung, als Komponente der Beschichtung.

Die Flachglasherstellung dominiert mit rund 80% das Eutrophierungspotenzial der Herstellung des Mehrscheiben-Isolierglases. Dies ist vorrangig auf die während der Herstellung auftretenden Stickoxide zurückzuführen. Der Beitrag der Beschichtung zum EP liegt ebenfalls auf den im Beschichtungsprozess auftretenden Stickoxiden begründet.

Zum Sommersmogpotenzial tragen vorrangig Schwefeldioxid-Emissionen und Stickoxide aus der Flachglasherstellung bei als auch Schwefeldioxid-Emissionen aus der Vorkette der Silber-Gewinnung, als Komponente der Beschichtung. Weiterhin beeinflussen die im Beschichtungsprozess selbst auftretenden Stickoxide das POCP.

Im Allgemeinen ist der Einfluss von Versiegelungen, Füllgas und Abstandhalter von geringer Bedeutung.

Lebenszyklus

Die Umweltwirkungen sind in nachfolgender Tabelle quantitativ über die Herstellung

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

und das End-of-Life von 1m² Mehrscheibenisolierglas dargestellt, in Tabelle 8-11 für 2-fach-Isolierglas und in Tabelle 8-12 für 3-fach-Isolierglas.

Tabelle 8-11: Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 2-fach

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	34,89	-13,19	21,69
ODP	[kg R11-Äqv.]	1,76E-06	-1,75E-07	1,58E-06
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,152	-0,067	0,085
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,024	-0,008	0,015
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,010	0,003	0,013

Tabelle 8-12: Wirkkategorien über die Herstellung und das End-of-Life von 1 m² MIG, 3-fach

Auswerte-größe	Einheit/m²	Herstellung	End-of-Life	Total
GWP	[kg CO_2-Äqv.]	52,556	-19,76	32,80
ODP	[kg R11-Äqv.]	2,56E-06	-2,62E-07	2,30E-06
AP	[kg SO_2-Äqv.]	0,240	-0,101	0,139
EP	[kg PO_4^{3-}-Äqv.]	0,036	-0,013	0,024
POCP	[kg C_2H_4-Äqv.]	0,016	0,004	0,020

Infolge des Recyclingpotenzials im End-of-Life können etwa 38% des GWP der Herstellung bei beiden Produkten gutgeschrieben werden.

9 Nachweise (nicht relevant)

10 PCR-Dokument und Überprüfung

Diese Deklaration beruht auf dem PCR-Dokument „Flachglas im Bauwesen“,

2010.

Review des PCR-Dokuments durch den Sachverständigenausschuss. Vorsitzender des SVA: Prof. Dr.-Ing. Hans-Wolf Reinhardt (Universität Stuttgart, IWB)
Unabhängige Prüfung der Deklaration gemäß /ISO 14025/: ☐ intern ☒ extern
Validierung der Deklaration: Name Prüfer

11 Literatur

/Institut Bauen und Umwelt/	Leitfaden für die Formulierung der produktgruppen-spezifischen Anforderungen der Umwelt-Produktdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte, www.bau-umwelt.com
/GaBi 4 2009/	GaBi 4: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung. LBP, Universität Stuttgart und PE International, 2001-2009.
/Nutzungsdauer von Bauteilen/	Nutzungsdauer von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB); Stand 7.7.2011; BBSR
Normen und Gesetze	
/ISO 14025/	ISO 14025: 2007-10, Umweltkennzeichnungen und -deklarationen - Typ III Umweltdeklarationen - Grundsätze und Verfahren (ISO 14025:2006); Text Deutsch und Englisch
/ISO 14040/	ISO 14040:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006
/ISO 14044/	ISO 14044:2006-10, Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14044:2006
PCR Glas	PCR Flachglas im Bauwesen, Regeln für die Umwelt-Produktdeklaration Flachglas im Bauwesen, April 2010

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

Projektbeteiligte:

Bundesverband Flachglas e.V.

Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V.

Offerstraße 12
42551 Velbert

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Rheinufer 108
53639 Königswinter

ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH

Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

PE International GmbH

Hauptstraße 111 – 113
70771 Leinfelden-Echterdingen

Qualitätsverband Kunststofferzeugnisse e.V.

Am Hofgarten 1-2
53113 Bonn

Verband Fenster + Fassade

Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt am Main

Das EPD-Dokument stellt ein Ergebnis des Forschungsprojektes „Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente – Fenster und Glas – für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden" dar. Dieses wurde gefördert durch:

Forschungsinitiative „Zukunft Bau"

**Bundesinstitut für Bau-, und Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)**

Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Institut Bauen und Umwelt e.V.

Herausgeber:
Institut Bauen und Umwelt e. V.
(vormals Arbeitsgemeinschaft Umweltverträgliches Bauprodukt e.V., AUB)
Rheinufer 108
53639 Königswinter
Tel.: 02223 296679 0
Fax: 02223 296679 1
Email: info@bau-umwelt.com
Internet: www.bau-umwelt.com

Layout:
PE INTERNATIONAL

Bildnachweis:
Bundesverband Flachglas e.V.

Bundesverband Flachglas e.V.
Mülheimerstraße 1
53840 Troisdorf

© **ift** Rosenheim, Oktober 2011

ift Rosenheim
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim
Telefon +49 (0) 8031 261-0
Telefax +49 (0) 8031 261-290
E-Mail: info@ift-rosenheim.de
http://www.ift-rosenheim.de