

# Umweltproduktdeklaration

## Environmental Product Declaration (EPD)

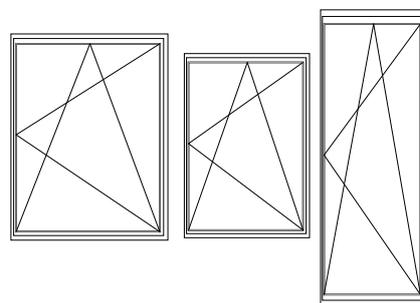
in Anlehnung an DIN ISO 14025

HERAUSGEGEBEN VOM QUALITÄTSVERBAND KUNSTSTOFFERZEUGNISSE E.V. UND  
EUROPEAN PVC WINDOW PROFILES AND RELATED BUILDING PRODUCTS ASSOCIATION



### Kunststofffenster aus PVC-U

2-Scheiben-Isolierverglasung  
Bautiefe 70 mm



Deklariert von

Declared by



**QKE e.V.**

Qualitätsverband  
Kunststoffherzeugnisse e.V., Bonn



**EPPA**

European PVC Window Profiles  
and Related Building Products  
Association, Brussels

Erstellt durch

Issued by



Das Kunststoffzentrum,  
Würzburg

Ökobilanz  
geprüft von

Life cycle  
assessment  
reviewed by



Denkstatt GmbH, Wien

## Vorwort

Hintergrund und Zweck der vorliegenden Umweltproduktdeklaration liegen darin, die spezifischen Umweltwirkungen sowie die relevanten Gesundheitsaspekte entlang ihres Lebenszyklus darzustellen. Es handelt sich dabei um eine sogenannte Durchschnitts-EPD, bei der Daten von vergleichbaren Kunststofffenstern, gefertigt aus Systemen der benannten Systemhäuser, gemittelt und herangezogen werden. Gewählt wurden drei Bauarten von zweifach-verglasten Kunststofffenstern, jeweils mit einer Bautiefe von ca. 70 mm.

Als Grundlage dieser nach ISO 14025 erstellten EPD dient die PCR<sup>1</sup> des Swedish Environmental Management Council<sup>2</sup>.

Aufgabe des vorliegenden Werkes ist somit die Erklärung von Wirkungen und nicht deren Bewertung. Unterschiede zu Umweltproduktdeklarationen anderer Herausgeber ergeben sich in der Regel aus den Anforderungen der referenzierten PCR, dem Aufbau der deklarierten Fenstertypen sowie unterschiedlichen Systemgrenzen und Sensitivitäten. Die notwendigen Angaben können dem Hintergrundbericht entnommen werden.

Qualitätsverband Kunststoffzeugnisse e.V.

European PVC Window and Related Building Products Association

Bonn / Brüssel

Juni 2011

[www.qke-bonn.de](http://www.qke-bonn.de)

[www.eppa-profiles.org](http://www.eppa-profiles.org)

[www.skz.de](http://www.skz.de)

<sup>1</sup> Product Category Rule

<sup>2</sup> Swedish Environmental Management Council | Vasagatan 15-17, SE-111 20 Stockholm, Sweden | Telephone +46(0) 8-700 66 90 | [info@msr.se](mailto:info@msr.se)

## Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Angaben .....	5
2. Produktbeschreibung .....	5
2.1 Herstellung und eingesetzte Materialien .....	6
2.2 Nutzung .....	7
2.3 End-of-Life .....	8
3. Umweltwirkungen .....	9
3.1 Methodik .....	9
3.2 Funktionelle Einheit .....	9
3.3 Betrachtete Lebenszyklusphasen .....	9
3.4 Geographische und zeitliche Systemgrenzen .....	10
3.5 Abschneidekriterien und Allokationsregeln .....	11
3.6 Ergebnisse .....	11
3.7 Auswertung .....	16
4. Gesundheitsaspekte und Komfort .....	18
4.1 Gesundheitsaspekte hinsichtlich Innenraumbelastung .....	18
4.2 Hygrothermischer Komfort .....	18
4.3 Akustischer Komfort .....	18
4.4 Visueller Komfort .....	18
4.5 Olfaktorischer Komfort .....	18
5. Literaturverzeichnis .....	19

## Abkürzungsverzeichnis

AP	Acidification potential (Versauerungspotenzial)
BF	Bundesverband Flachglas
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (Wissenschaftliches und technisches Zentrum für Gebäude)
EP	Eutrophication potential (Eutrophierungspotenzial)
EPPA	European PVC Window Profile and related building products Association (Europäischer Verband der Fensterprofilhersteller)
EPD	Environmental Product Declaration (Umweltproduktdeklaration)
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Monomer
FVSB	Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V.
g-Wert	Energiedurchlassgrad
GWP	Global warming potential (Treibhauspotenzial)
KEA	Kumulierter Energieaufwand
ODP	Ozone depletion potential (Ozonabbaupotenzial)
PCR	Product Category Rules (Produktkategorieregeln)
PMMA	Polymethylmethacrylat
POCP	Photochemical ozone creation potential (Sommersmogpotenzial)
PVC	Polyvinylchlorid
QKE	Qualitätsverband Kunststoffherzeugnisse e.V.
$Q_{irr}$	Solare Wärmegewinne
$Q_{tr}$	Transmissionswärmeverluste
$R_w$	Bewertetes Schalldämmmaß
TPE	Thermoplastische Elastomere
UCTE	Union for the Coordination of the Transmission of Electricity (Union für die Koordinierung des Transportes elektrischer Energie)
$U_w$ -Wert	Wärmedurchgangskoeffizient für Fenster
VOC	Volatile organic compounds (Flüchtige organische Verbindungen)

## 1. Allgemeine Angaben

Die vorliegende Umweltproduktdeklaration (Environmental Product Declaration, EPD) wurde vom SKZ - Das Kunststoff-Zentrum im Auftrag des Qualitätsverbandes Kunststoffherzeugnisse e.V. (QKE) in Anlehnung an ISO 14025 nach den Vorgaben der Produktkategorieeregeln für Fenster des *Swedish Environmental Management Council* [PCR 2008] erstellt. Die Ökobilanz in dieser EPD wurde nach den Grundsätzen von ISO 14040/14044 erstellt, in einem ausführlichen Hintergrundbericht dokumentiert sowie vom unabhängigen Institut Denkstatt GmbH einer kritischen Prüfung unterzogen.

Die Umweltproduktdeklaration beschreibt drei Standard-Fenstertypen, die in unterschiedlichen europäischen Produktionsstätten hergestellt werden. Sie bezieht sich somit nicht auf das spezifische Produkt eines einzelnen Herstellers und gilt für alle PVC-Fenster von Mitgliedsunternehmen des Europäischen Verbandes der Fensterprofilhersteller (European PVC Window Profile and related building products Association, EPPA) sowie des QKE, die den angegebenen Eigenschaften entsprechen.

Diese Umweltproduktdeklaration ist drei Jahre vom Ausstellungsdatum an gültig.

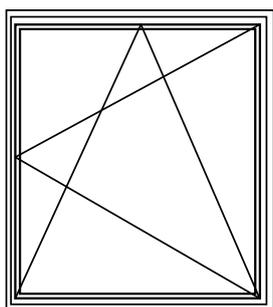
## 2. Produktbeschreibung

Fenster dienen dazu, Licht in Gebäude zu lassen und gleichzeitig das Innere der Gebäude vor den Einflüssen der Witterung abzusichern, eine Belüftung sowie ein Hinaus- und Hineinsehen zu ermöglichen. Fenster bestehen aus zwei Teilen: aus einem festen Rahmen, der in eine Öffnung in einer Wand bzw. Mauer eingesetzt wird sowie aus festen oder beweglichen Fensterflügeln mit transparenten oder translozierten Flächen (i.d.R. aus Glas).

Folgende Produktsysteme werden in dieser EPD betrachtet:

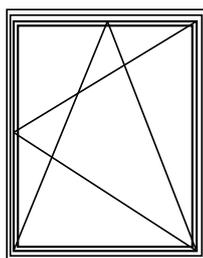
### Fenstertyp A

Einflügeliges Dreh-Kipp-Fenster  
1,23 m x 1,48 m



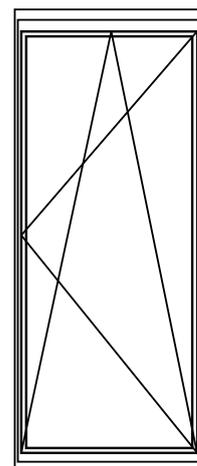
### Fenstertyp B

Dreh-Kipp-Badfenster  
1 m x 1,3 m



### Fenstertyp C

Balkontür  
0,9 m x 2,15 m



Die technischen Spezifikationen dieser Fenstertypen sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1: Technische Daten der Fenstertypen [EPPA 2010]**

	<b>Fenstertyp A</b>	<b>Fenstertyp B</b>	<b>Fenstertyp C</b>
Außenmaß	1,23 m x 1,48 m	1 m x 1,3 m	0,9 m x 2,15 m
Bautiefe	70 mm	70 mm	70 mm
Ansichtsfläche	1,82 m <sup>2</sup>	1,3 m <sup>2</sup>	1,935 m <sup>2</sup>
Nutzungsdauer	30 a (10 a, 50 a)	30 a (10 a, 50 a)	30 a (10 a, 50 a)
Verglasung	2-Scheiben-Verglasung	2-Scheiben-Verglasung	2-Scheiben-Verglasung
U <sub>W</sub> -Wert	1,3 W/m <sup>2</sup> K	1,3 W/m <sup>2</sup> K	1,3 W/m <sup>2</sup> K
g-Wert	0,6	0,6	0,6

## 2.1 Herstellung und eingesetzte Materialien

Die Herstellungsphase umfasst alle Prozesse von der Rohstoffgewinnung bis zur Fertigung des Fensters. Investitionsgüter (Maschinen, Gebäude, etc.) sowie die Beleuchtung und Heizung von Gebäuden werden nicht berücksichtigt.

Kunststofffenster werden aus verschiedenen Einzelkomponenten gefertigt. Jedes Fenster besteht aus einem PVC-Rahmen mit Dichtungen, der Verglasung sowie Beschlägen. Größere Fensterrahmen (Fenstertyp A und C) werden mit einer Stahlarmierung verstärkt.

In Tabelle 2 sind für die drei Fenstertypen jeweils die Mengen und Anteile der eingesetzten Fensterkomponenten sowie das Material, aus dem diese im Wesentlichen bestehen, dargestellt.

**Tabelle 2: Eingesetzte Materialien und Bauteile [EPPA 2010]**

	<b>Fenstertyp A 1,23 x 1,48 m</b>		<b>Fenstertyp B 1 x 1,3 m</b>		<b>Fenstertyp C 0,9 x 2,15 m</b>	
Rahmen (Hart-PVC)	14,593 kg	25,7 %	12,66 kg	38,9 %	16,92 kg	26,2 %
Stahlarmierung (Stahl)	13,25 kg	23,3 %	-	0 %	17,68 kg	27,4 %
Dichtungen (div. Kunststoffe)	0,607 kg	1,1 %	0,49 kg	1,5 %	0,64 kg	1,0 %
Beschläge (Stahl)	2,6 kg	4,6 %	2,21 kg	6,8 %	2,6 kg	4,0 %
Verglasung (Flachglas)	25,8 kg	45,4 %	17,15 kg	52,8 %	26,6 kg	41,3 %
Summe	56,85 kg		32,51 kg		64,44 kg	

PVC-Profile für Fensterrahmen werden im Extrusionsverfahren aus einer Mischung von PVC-Pulver und Additiven hergestellt. Verwendete Additive sind Schlagzähmodifikatoren, Füllstoffe, Pigmente und Thermoisolatoren. Sie schützen das PVC vor Schädigung während der Verarbeitung und verleihen dem Profil die erforderlichen Eigenschaften (Schlagzähigkeit, Farbe, Witterungsstabilität u.a.).

Die verwendeten Materialien und ihre jeweilige Einstufung hinsichtlich Gefahren für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

**Tabelle 3: Rezeptur für PVC-Fensterprofile [PRO2011]**

Material	Anteil (%)	CAS Nr.	Umweltklassifizierung nach GHS	Gesundheitsklassifizierung nach GHS
PVC	82,0 %	9002-86-2	–	–
Stabilisatoren (CaZn)	3,3 %	–	–	H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken H318: Verursacht schwere Augenschäden H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen Piktogramm: ätzend und Ausrufezeichen
Pigmente (TiO <sub>2</sub> )	3,3 %	13463-67-7	–	–
Füllstoffe (Kreide)	6,5 %	471-34-1	–	–
Schlagzähmodifikatoren	4,9 %	–	–	–

Die meisten Fensterrahmen werden aus weißen Hart-PVC-Profilen gefertigt. Einige Rahmen werden jedoch aus Profilen gefertigt, die zusätzlich mit PVC-Folie kaschiert, mit PMMA beschichtet oder lackiert sind. Diese Fensterrahmen bzw. die zusätzlich benötigten Materialien sind in der vorliegenden Umweltproduktdeklaration entsprechend ihrer Anteile am Kunststofffenstermarkt berücksichtigt.

Dichtungen werden i.d.R. im Coextrusionsverfahren an die Fensterprofile angebracht und bestehen aus Weich-PVC, EPDM oder TPE. Alle Materialien werden ebenfalls entsprechend ihrer Anteile am Kunststofffenstermarkt berücksichtigt.

Die Fensterprofile werden anschließend in Standardlängen an den Fensterhersteller geliefert. Dort werden die für das jeweilige Fenster erforderlichen Längen gesägt. Soweit erforderlich, werden Stahlarmierungen eingeschoben und verschraubt. Anschließend werden die Profile geschweißt, die Beschläge angebracht und die Glasscheibe sowie Glashalteleisten eingesetzt. Das Fenster kann nun ausgeliefert und montiert werden.

## 2.2 Nutzung

Bei der Nutzung werden der Transport zum Gebäude, die Montage, der Austausch von Fensterkomponenten sowie der Ausgleich von Wärmeverlusten berücksichtigt.

Die technische Lebensdauer eines Kunststofffensters kann rund 50 Jahre betragen [BBR 2001]. Die tatsächliche Nutzungsdauer kann geringer sein, daher werden in dieser Umweltproduktdeklaration Szenarien mit Nutzungsdauern von 10, 30 und 50 Jahren betrachtet. Da die einzelnen Fensterkomponenten unterschiedliche Lebenserwartungen aufweisen, müssen sie im Laufe einer solchen mehrjährigen Nutzung entsprechend ersetzt werden.

Während der Nutzung finden Wärmeaustauschvorgänge zwischen dem Gebäudeinneren und der Umgebung statt. Diese müssen je nach Jahreszeit und Standort durch Heizen oder Kühlen ausgeglichen werden, um eine für den Menschen angenehme Temperatur im Gebäudeinneren zu gewährleisten. Wie viel Energie hierfür aufgewendet wird, ist von vielen Randbedingungen abhängig. Dazu gehören u.a. regionale bis lokale klimatische Verhältnisse, die Ausrichtung der Fenster, die gewünschte Innentemperatur oder das Nutzerverhalten. Diese Randbedingungen können oftmals nicht exakt bestimmt werden und unterscheiden sich im Fall von konkreten Gebäuden stark. Die Annahmen werden so getroffen, dass sie keine Extremwerte, sondern mittlere, durchschnittliche Randbedingungen wiedergeben. Ein konkreter Anwendungsfall kann davon jedoch abweichen.

Für den Referenzstandort wurden folgende Annahmen getroffen:

- Referenz ist ein durchschnittlicher europäischer Standort. Als Beispiel für einen solchen Standort werden deutsche Klimaverhältnisse herangezogen.
- Der Betrieb einer Klimaanlage ist bei den gewählten Klimaverhältnissen insbesondere in Wohngebäuden unüblich und wird deshalb nicht betrachtet.
- Moderne Fenster sind auch bei hohen Windlasten dicht. Die resultierenden Lüftungswärmeverluste sind daher sehr gering und werden vernachlässigt.
- Das Lüften durch den Nutzer wird nicht berücksichtigt.
- Es wird ein durchschnittlicher Heizmix verwendet, d.h. verschiedene Energieträger werden entsprechend ihrer Anteile am Markt berücksichtigt.

Der Energiebedarf während der Nutzungsphase am Referenzstandort ergibt sich damit aus den Transmissionswärmeverlusten  $Q_{tr}$  und den solaren Wärmegewinnen  $Q_{irr}$  im Winter:

$$Q_{ges} = Q_{tr} - Q_{irr}$$

### 2.3 End-of-Life

Am Ende ihres Lebenswegs werden PVC-Fenster demontiert und die einzelnen Komponenten anschließend verwertet oder beseitigt.

PVC aus gebrauchten Rahmen wird zu 50 % nach Aufbereitung durch spezialisierte Unternehmen stofflich verwertet und z. B. zu neuen Fensterprofilen verarbeitet. 17,5 % der gebrauchten Rahmen werden thermisch verwertet und 32,5 % deponiert. Dichtungen und Beschichtungen werden dabei gemeinsam mit den Rahmen verwertet bzw. beseitigt [EPPA 2011].

Für die Fensterkomponenten aus Stahl (Besläge und Armierung) sind keine expliziten Verwertungsquoten bekannt. Stahl ist ein Wirtschaftsgut mit hoher Wertschöpfung, leicht über Magnetabscheider von anderen Materialien trennbar und weist deshalb insbesondere im Baubereich eine hohe stoffliche Verwertungsquote auf. Weltweit liegt die Verwertungsquote von Stahl bei rund 80 % [Wor 2008].

Die Scheibe wird meist direkt nach der Demontage vor Ort ausgeschlagen und das Fenster damit grob entglast. Die Verglasung wird insgesamt zu etwa 65 % als inerter Baustoff deponiert und zu 15 % dem Glas-Recycling zugeführt. Die verbleibenden 20 % gelangen mit Fensterrahmen oder mit Reststoffen der Aufbereitung von Altfenstern in die Abfallverbrennung [EPPA 2011].

Nach [PCR 2008] ist die Betrachtung der End-of-Life-Phase optional. Sie wird im Sinne des Lebenszyklusgedankens in der vorliegenden Umweltproduktdeklaration berücksichtigt.

### 3. Umweltwirkungen

#### 3.1 Methodik

Die Ökobilanz in dieser Umweltproduktdeklaration ist nach den Grundsätzen von ISO 14040/14044 erstellt. Die Wirkungsabschätzung erfolgt anhand folgender Wirkungsindikatoren und Sachbilanzgrößen:

Wirkungsindikatoren:

- Treibhauspotenzial (global warming potential, GWP) [kg CO<sub>2</sub>-Äquivalente]
- Versauerungspotenzial (acidification potential, AP) [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalente]
- Ozonabbaupotenzial (ozone depletion potential, ODP) [kg R11-Äquivalente]
- Sommersmogpotenzial (photochemical ozone creation potential, POCP) [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äquivalente]
- Eutrophierungspotenzial (eutrophication potential, EP) [kg PO<sub>4</sub>-Äquivalente]

Sachbilanzgrößen:

- Verbrauch nicht-erneuerbarer Ressourcen, kumulierter Energieaufwand (KEA fossil) [MJ-Äquivalente]
- Verbrauch erneuerbarer Ressourcen, kumulierter Energieaufwand (KEA reg.) [MJ-Äquivalente]
- Abfälle [kg]

#### 3.2 Funktionelle Einheit

Die funktionelle Einheit ist wie folgt definiert:

Fenstertyp A:

Herstellung, 30-jährige Nutzung und End-of-Life eines weißen oder beschichteten einflügeligen Dreh-Kipp-Fensters mit den Maßen 1,23 x 1,48 m und einer Bautiefe von 70 mm, einer 2-Scheiben-Isolierverglasung (g-Wert 0,6) sowie einem U<sub>w</sub>-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

Fenstertyp B:

Herstellung, 30-jährige Nutzung und End-of-Life eines weißen oder beschichteten Dreh-Kipp-Badfensters mit den Maßen 1,00 x 1,30 m und einer Bautiefe von 70 mm, einer 2-Scheiben-Isolierverglasung (g-Wert 0,6) sowie einem U<sub>w</sub>-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

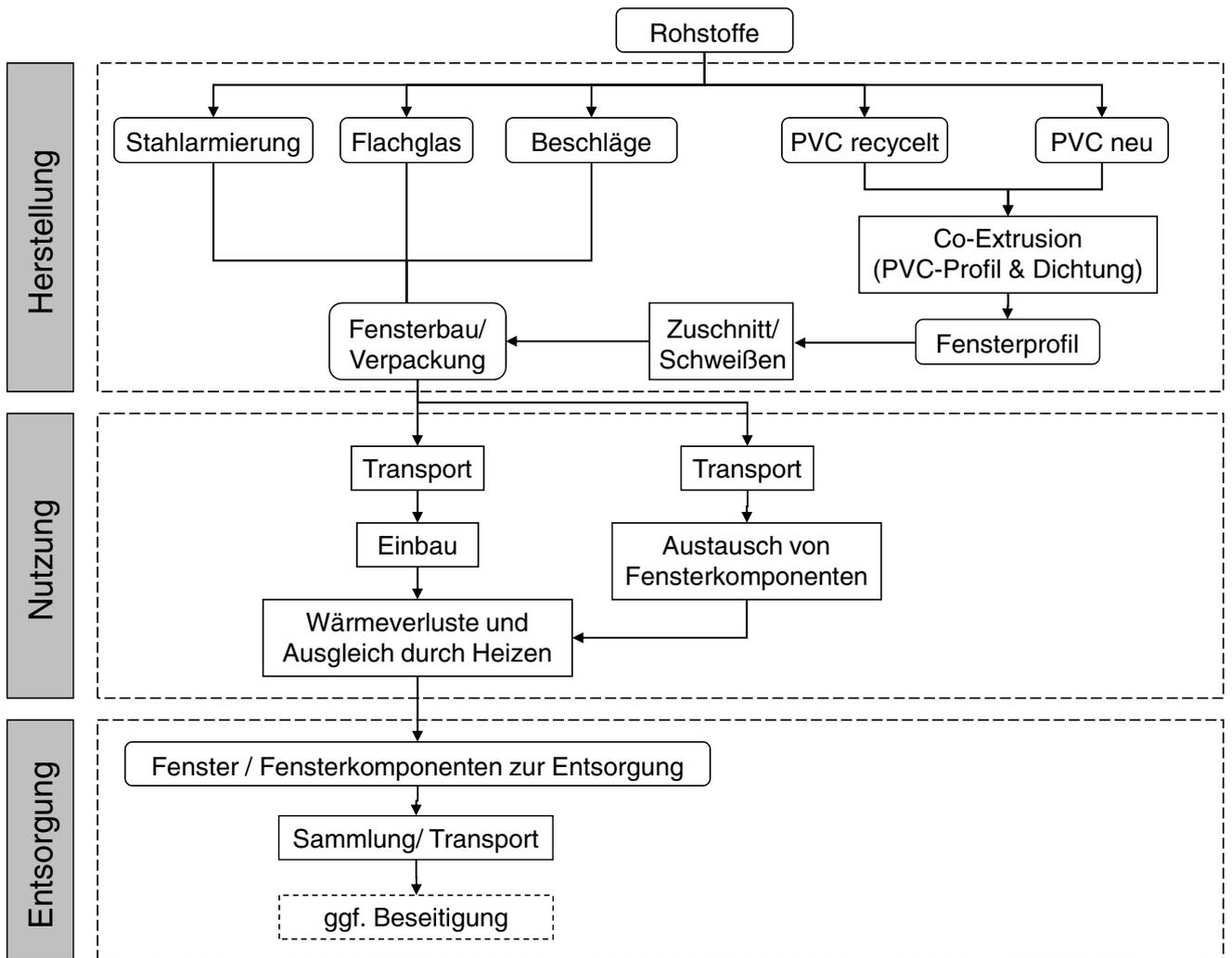
Fenstertyp C:

Herstellung, 30-jährige Nutzung und End-of-Life einer weißen oder beschichteten Balkontür mit den Maßen 0,90 x 2,15 m und einer Bautiefe von 70 mm, einer 2-Scheiben-Isolierverglasung (g-Wert 0,6) sowie einem U<sub>w</sub>-Wert von 1,3 W/m<sup>2</sup>K.

Neben der Nutzungsdauer von 30 Jahren werden für alle Fenstertypen zusätzliche Szenarien mit 10 und 50 Jahren Nutzungsdauer betrachtet.

#### 3.3 Betrachtete Lebenszyklusphasen

In einer Ökobilanz nach ISO 14040/14044 werden die potenziellen Umweltwirkungen der Fenstersysteme über deren gesamten Lebensweg betrachtet, der Herstellung, Nutzung und Entsorgung umfasst. Eine Übersicht der Systemgrenzen ist in Abbildung 1 dargestellt.



Anmerkung: Der Austausch einzelner Fensterkomponenten erfolgt in der Nutzungsphase. Deren Herstellung und Entsorgung wird hierbei berücksichtigt.

**Abbildung 1: Betrachtete Lebenszyklusphasen**

Zur Modellierung des Lebenszyklus wird die Software SimaPro V7.2.4 eingesetzt. Alle relevanten Hintergrund-Datensätze werden den Datenbanken der Software SimaPro entnommen oder vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Um die Verglasung und die Beschläge der Fenster zu modellieren, werden die Ergebnisse aktueller Umweltproduktdeklarationen zu diesen Fensterkomponenten herangezogen [BF 2011; FVSB 2011].

### 3.4 Geographische und zeitliche Systemgrenzen

Die EPD soll den geographischen Raum abdecken, in dem die Mitgliedsunternehmen von EPPA und QKE tätig sind. Der Bezugsraum für die Ökobilanz ist deshalb Europa, und für die Produktion der Fenster werden europäische Bedingungen (Stand der Technik, Strommix UCTE) angesetzt. Zur Beschreibung der End-of-Life-Phase werden die in Europa realisierten Verwertungsquoten herangezogen.

Die Wärmeübertragung während der Nutzungsphase und somit der Heiz- und Kühlbedarf ist in den verschiedenen klimatischen Regionen Europas sehr unterschiedlich und wird zudem wesentlich durch die tatsächlichen Standortbedingungen eines Gebäudes (Ausrichtung der Fenster, Verschattung, regionales Klima etc.) beeinflusst. Die potenziellen Umweltlasten durch Wärmeübertragung werden für ein durchschnittliches europäisches Klimaszenario (Mitteleuropa) berechnet.

Die verwendeten Primärdaten beziehen sich weitestgehend auf Produktionsprozesse des Geschäftsjahres 2008. Generell werden die neuesten verfügbaren Daten verwendet.

### 3.5 Abschneidekriterien und Allokationsregeln

Prozesse, deren gesamter Beitrag zum Endergebnis nach Masse und in allen zu betrachtenden Wirkungskategorien unter 1 % ist, können vernachlässigt werden. Die Summe der vernachlässigten Prozesse darf 5 % der betrachteten Wirkungskategorien nicht übersteigen.

Fenster werden am Ende ihres Lebenswegs zu einem erheblichen Teil gesammelt und die eingesetzten Materialien stofflich oder thermisch verwertet. Umweltlasten und -nutzen der Verwertung werden entsprechend den Vorgaben in [PCR 2008] nach dem willingness-to-pay-Prinzip zwischen abgebendem und aufnehmendem System aufgeteilt: Sobald ein Sekundärnutzer bereit ist, für ein Material bzw. einen Stoff einen Preis zu bezahlen, endet die Verantwortlichkeit des abgebenden und es beginnt die Verantwortlichkeit des aufnehmenden Systems, welches in der vorliegenden Ökobilanz nicht betrachtet wird. Diese Allokationsregel wird über den gesamten Lebensweg auch für die Verwertung von Produktionsabfällen sowie die Nutzung von Recyclingmaterial angewandt.

Zum Allokationsverfahren sei angemerkt, dass das gewählte Verfahren Einfluss auf die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung hat. Wird ein anderes Allokationsverfahren angewandt, können die Ergebnisse (auch bei sonst identischen Randbedingungen) deutlich von den hier gezeigten abweichen.

### 3.6 Ergebnisse

#### 3.6.1 Fenstertyp A

##### Ergebnisse Sachbilanzgrößen

Tabellen 4 und 5 zeigen die Ergebnisse der gewählten Sachbilanzgrößen für Fenstertyp A – ein einflügeliges Dreh-Kipp-Fenster, Außenmaß 1,23 m x 1,48 m. In Tabelle 4 ist der kumulierte Energieaufwand dargestellt.

**Tabelle 4: Fenstertyp A - Ressourcenverbrauch (KEA) über den Lebensweg**

	Herstellung	10 Jahre Nutzung	30 Jahre Nutzung	50 Jahre Nutzung	End-of-Life
Nicht-erneuerbare Ressourcen, KEA fossil [MJ-eq]	1,97E+03	2,93E+03	8,77E+03	1,53E+04	3,45E+01
Erneuerbare Ressourcen, KEA reg. [MJ-eq]	7,92E+01	1,17E+01	3,42E+01	8,39E+01	5,09E+02

Über den Lebensweg eines Fensters fallen an verschiedenen Stellen Abfälle an - sei es bei Rohstoffgewinnung, bei Aufbereitungs- und Verarbeitungsprozessen oder bei der Bereitstellung von Elektrizität. Diese Abfälle sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Ausgenommen ist in dieser Darstellung das Fenster selbst am Ende seines Lebensweges.

**Tabelle 5: Fenstertyp A - Abfälle bei Herstellung und Nutzung**

	<b>Herstellung</b>	<b>10 Jahre Nutzung</b>	<b>30 Jahre Nutzung</b>	<b>50 Jahre Nutzung</b>
Gefährliche Abfälle [kg]	2,28E-01	3,03E-03	1,31E-02	9,70E-02
Andere Abfälle [kg]	1,13E+02	1,28E+00	3,72E+00	1,36E+02

### Ergebnisse Wirkungsindikatoren

Die Ergebnisse der Wirkungsindikatoren sind in Tabelle 6 dargestellt.

**Tabelle 6: Fenstertyp A - Potenzielle Umweltwirkungen durch Emissionen über den Lebensweg**

	<b>Herstellung</b>	<b>10 Jahre Nutzung</b>	<b>30 Jahre Nutzung</b>	<b>50 Jahre Nutzung</b>	<b>End-of-Life</b>
Treibhauspotenzial, GWP [kg CO <sub>2</sub> -eq]	1,20E+02	1,82E+02	5,45E+02	9,62E+02	2,40E+00
Versauerungspotenzial, AP [kg SO <sub>2</sub> -eq]	5,45E-01	2,27E-01	6,74E-01	1,35E+00	7,17E-03
Ozonabbaupotenzial, ODP [kg R11-eq]	5,54E-06	3,47E-05	1,04E-04	1,76E-04	3,18E-07
Sommersmogpotenzial, POCP [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq]	5,71E-02	8,79E-02	2,61E-01	4,54E-01	1,84E-03
Eutrophierungspotenzial, EP [kg PO <sub>4</sub> -eq]	1,33E-01	4,39E-02	1,28E-01	2,47E-01	1,60E-03

### Übersicht

Abbildung 2 zeigt die Anteile der einzelnen Lebenswegphasen für alle Wirkungsindikatoren und den KEA für 10, 30 und 50 Jahre Nutzung.

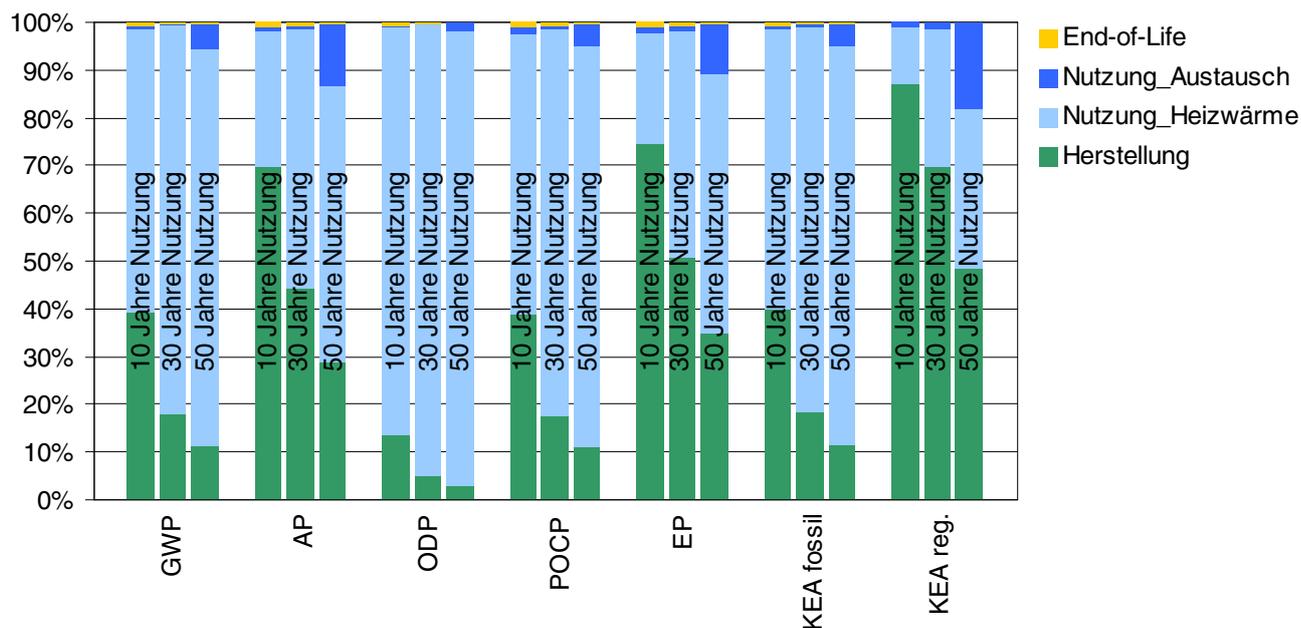


Abbildung 2: Umweltwirkungen Fenster A - Prozentual nach Lebenswegabschnitten

### 3.6.2 Fenstertyp B

#### Ergebnisse Sachbilanzgrößen

Tabellen 8 und 9 zeigen die Ergebnisse der gewählten Sachbilanzgrößen für Fenstertyp B - ein Dreh-Kipp-Badfenster, Außenmaß 1 m x 1,3 m. In Tabelle 7 ist der kumulierte Energieaufwand dargestellt.

Tabelle 7: Fenstertyp B - Ressourcenverbrauch (KEA) über den Lebensweg

	Herstellung	10 Jahre Nutzung	30 Jahre Nutzung	50 Jahre Nutzung	End-of-Life
Nicht-erneuerbare Ressourcen, KEA fossil [MJ-eq]	1,30E+03	2,37E+03	7,09E+03	1,23E+04	1,70E+01
Erneuerbare Ressourcen, KEA reg. [MJ-eq]	5,75E+01	9,58E+00	2,77E+01	6,49E+01	2,54E-02

Tabelle 8 zeigt die Abfälle, die bei der Herstellung und Nutzung von Fenstertyp B anfallen. Ausgenommen ist in dieser Darstellung das Fenster selbst am Ende seines Lebenswegs.

Tabelle 8: Fenstertyp B - Abfälle bei Herstellung und Nutzung

	Herstellung	10 Jahre Nutzung	30 Jahre Nutzung	50 Jahre Nutzung
Gefährliche Abfälle [kg]	2,06E-01	1,46E-03	1,06E-02	9,25E-02
Andere Abfälle [kg]	1,09E+02	1,05E+00	3,02E+00	1,27E+02

## Ergebnisse Wirkungsindikatoren

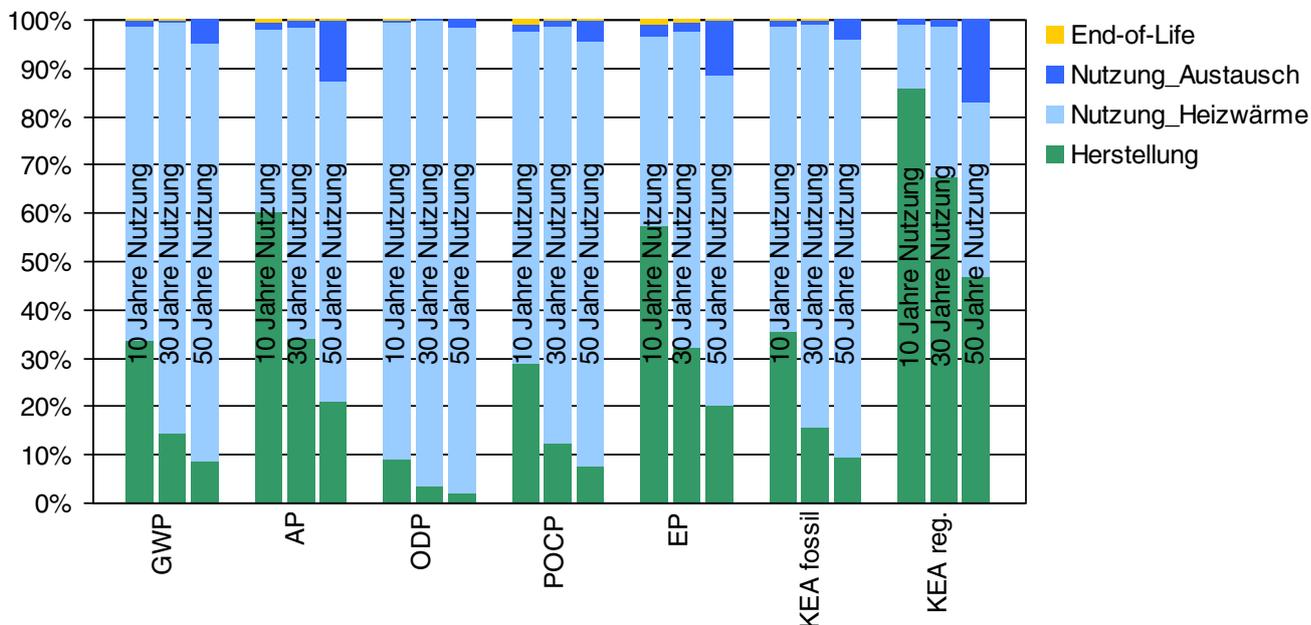
Die Ergebnisse der Wirkungsindikatoren sind in Tabelle 9 dargestellt.

**Tabelle 9: Fenstertyp B - Potenzielle Umweltwirkungen durch Emissionen über den Lebensweg**

	Herstellung	10 Jahre Nutzung	30 Jahre Nutzung	50 Jahre Nutzung	End-of-Life
Treibhauspotenzial, GWP [kg CO <sub>2</sub> -eq]	7,46E+01	1,47E+02	4,40E+02	7,70E+02	1,18E+00
Versauerungspotenzial, AP [kg SO <sub>2</sub> -eq]	2,83E-01	1,84E-01	5,45E-01	1,06E+00	3,73E-03
Ozonabbaupotenzial, ODP [kg R11-eq]	2,84E-06	2,80E-05	8,40E-05	1,42E-04	1,56E-07
Sommersmogpotenzial, POCP [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq]	2,93E-02	7,12E-02	2,11E-01	3,65E-01	9,80E-04
Eutrophierungspotenzial, EP [kg PO <sub>4</sub> -eq]	4,91E-02	3,57E-02	1,04E-01	1,95E-01	8,40E-04

## Übersicht

Abbildung 3 zeigt die Anteile der einzelnen Lebenswegphasen für alle Wirkungsindikatoren und den KEA für 10, 30 und 50 Jahre Nutzung.



**Abbildung 3: Umweltwirkungen Fenster B - Prozentual nach Lebenswegabschnitten**

## 3.6.3 Fenstertyp C

Ergebnisse Sachbilanzgrößen

Tabellen 10 und 11 zeigen die Ergebnisse der gewählten Sachbilanzgrößen für Fenstertyp C - eine Balkontür, Außenmaß 0,9 m x 2,15 m. In Tabelle 10 ist der kumulierte Energieaufwand dargestellt.

**Tabelle 10: Fenstertyp C - Ressourcenverbrauch (KEA) über den Lebensweg**

	Herstellung	10 Jahre Nutzung	30 Jahre Nutzung	50 Jahre Nutzung	End-of-Life
Nicht-erneuerbare Ressourcen, KEA fossil [MJ-eq]	2,25E+03	3,32E+03	9,92E+03	1,73E+04	4,07E+01
Erneuerbare Ressourcen, KEA reg. [MJ-eq]	8,92E+01	1,31E+01	3,85E+01	9,19E+01	5,97E-02

Tabelle 11 zeigt die Abfälle, die bei der Herstellung und Nutzung von Fenstertyp C anfallen. Ausgenommen ist in dieser Darstellung das Fenster selbst am Ende seines Lebenswegs.

**Tabelle 11: Fenstertyp C - Abfälle bei Herstellung und Nutzung**

	Herstellung	10 Jahre Nutzung	30 Jahre Nutzung	50 Jahre Nutzung
Gefährliche Abfälle [kg]	2,53E-01	3,43E-03	1,45E-02	9,94E-02
Andere Abfälle [kg]	1,14E+02	1,44E+00	4,21E+00	1,37E+02

Ergebnisse Wirkungsindikatoren

Die Ergebnisse der Wirkungsindikatoren sind in Tabelle 12 dargestellt.

**Tabelle 12: Fenstertyp C - Potenzielle Umweltwirkungen durch Emissionen über den Lebensweg**

	Herstellung	10 Jahre Nutzung	30 Jahre Nutzung	50 Jahre Nutzung	End-of-Life
Treibhauspotenzial, GWP [kg CO <sub>2</sub> -eq]	1,35E+02	2,06E+02	6,16E+02	1,08E+03	2,83E+00
Versauerungspotenzial, AP [kg SO <sub>2</sub> -eq]	6,32E-01	2,57E-01	7,63E-01	1,50E+00	8,28E-03
Ozonabbaupotenzial, ODP [kg R11-eq]	6,35E-06	3,94E-05	1,18E-04	1,99E-04	3,74E-07
Sommersmogpotenzial, POCP [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq]	6,74E-02	9,94E-02	2,96E-01	5,12E-01	2,11E-03
Eutrophierungspotenzial, EP [kg PO <sub>4</sub> -eq]	1,60E-01	4,95E-02	1,44E-01	2,76E-01	1,85E-03

## Übersicht

Abbildung 4 zeigt die Anteile der einzelnen Lebenswegphasen für alle Wirkungsindikatoren und den KEA für 10, 30 und 50 Jahre Nutzung.

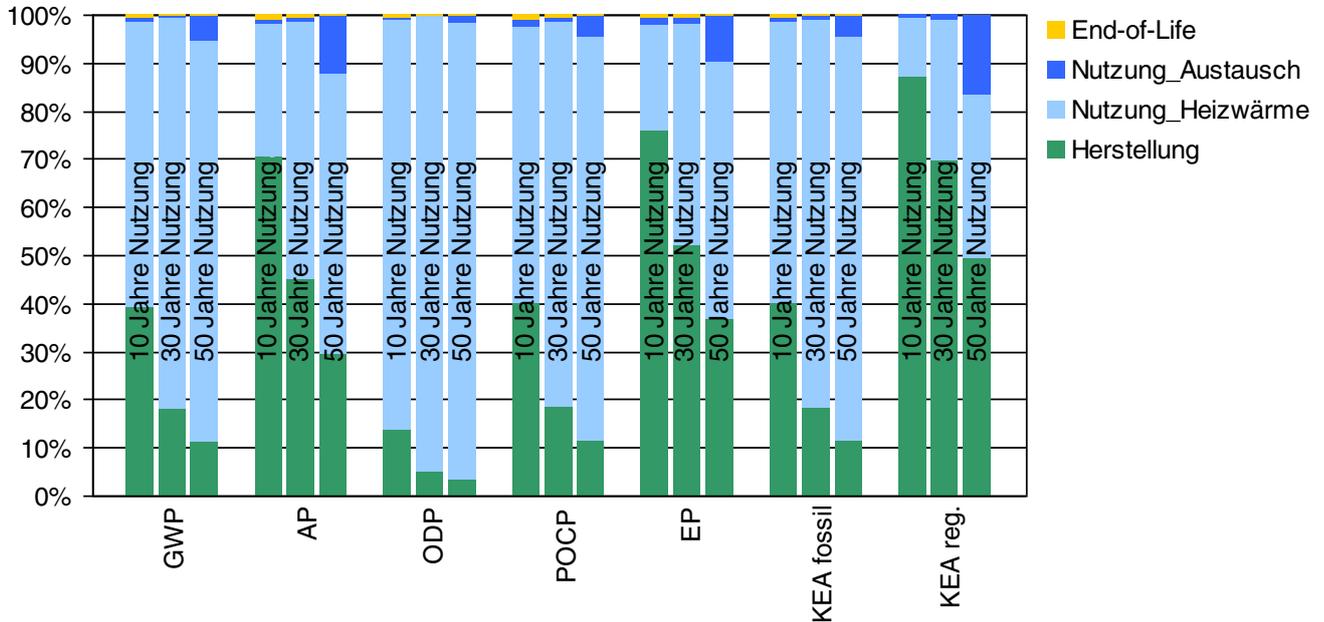


Abbildung 4: Umweltwirkungen Fenster C - Prozentual nach Lebenswegabschnitten

## 3.7 Auswertung

### 3.7.1 Signifikante Parameter

Die Umweltlasten in der Herstellungsphase werden durch die Bereitstellung der Materialien (Kunststoffe, Stahl, Glas) dominiert. Die darauf folgenden Verarbeitungsprozesse sind weniger relevant. Die Herstellung der Fenster aus den einzelnen Komponenten spielt nur eine untergeordnete Rolle.

Die nach Masse wichtigsten Fensterkomponenten Fensterprofil, Stahlarmierung und Verglasung haben auch den größten Anteil an der Umweltbelastung der Herstellung.

Wird der gesamte Lebensweg betrachtet, dominiert bei den Szenarien mit längerer Nutzungsdauer (30 und 50 Jahre) die Nutzungsphase – bzw. genauer die Bereitstellung von Heizenergie – die Umweltlasten. Dies gilt in besonderem Maße für die Wirkungsindikatoren Verbrauch nicht-erneuerbarer Ressourcen, Treibhauspotenzial, Ozonabbaupotenzial und Sommersmogpotenzial.

Die Umweltwirkungen in der Nutzungsphase hängen sehr stark von den tatsächlichen klimatischen und technischen Gegebenheiten eines realen Gebäudes ab. Die Berechnungen zu Wärmeverlusten und -gewinnen sowie die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung sind daher als eine Beispielrechnung für mittlere, nicht extreme Bedingungen zu verstehen.

Die Umweltwirkungen der End-of-Life-Phase sind über den gesamten Lebensweg betrachtet von untergeordneter Bedeutung. Gutschriften für eine stoffliche oder thermische Verwertung werden nach dem gewählten Allokationsverfahren nicht vergeben.

### 3.7.2 Sensitivität bezüglich Fenstergröße und Außenmaß

Größe und Außenmaß des Fensters beeinflussen die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung. So weichen z. B. die Umweltlasten der Herstellung von Fenstertyp B (Badfenster) bezogen auf einen Quadratmeter Fensterfläche deutlich von denen der beiden anderen Fenstertypen ab. Fenster B ist ein Beispiel für ein kleineres Fenster, bei dem der Rahmen nicht durch eine Stahlarmierung verstärkt werden muss. Daher sind die Umweltlasten der Herstellung niedriger.

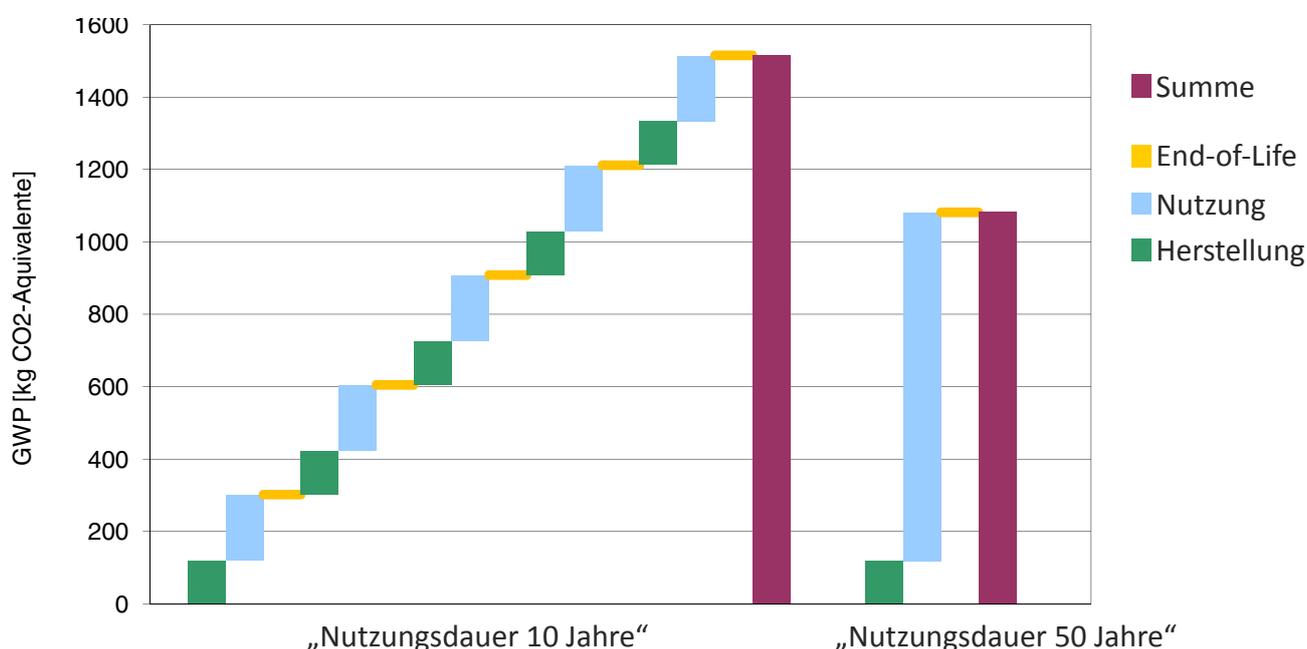
Mit den in der Studie betrachteten Fenstertypen können folgende Kunststoffenster abgebildet werden:

- Einflügelige Fenster mit Stahlarmierung (Fenstertyp A)
- Kleinere einflügelige Fenster ohne Stahlarmierung (Fenstertyp B)
- Balkontüren (Fenstertyp C)

Bei Sondergrößen und -formen (z. B. sehr kleine Fenster mit sehr großem Rahmenanteil) sollte die Gültigkeit der Ergebnisse ggf. im Einzelfall geprüft werden.

### 3.7.3 Interpretation der Szenarien zur Nutzungsdauer

Es ist anzumerken, dass die Szenarien über 10, 30 und 50 Jahre Nutzung nicht direkt miteinander verglichen werden können: Wird z. B. ein Gebäude über 50 Jahre genutzt, muss beim Szenario „50 Jahre Nutzung des Fensters“ in diesem Zeitraum nur ein Fenster hergestellt werden, beim Szenario „10 Jahre Nutzung des Fensters“ müssen jedoch insgesamt fünf Fenster hergestellt werden. Die Auswirkung auf die Ergebnisse sind am Beispiel des Treibhauspotenzials in Abbildung 5 dargestellt.



**Abbildung 5: Vergleich der Szenarien „10 Jahre Nutzung“ und „50 Jahre Nutzung“ über einen Zeitraum von 50 Jahren am Beispiel des Treibhauspotenzials**

Eine längere Nutzung kann demnach gegenüber dem häufigeren Austausch des gesamten Fensters vorteilhaft sein. Dabei ist jedoch nicht berücksichtigt, dass beim Austausch des gesamten Fensters z.B. ein Fenster mit verbesserter Wärmedämmung eingebaut werden kann und die Umweltlasten in den folgenden Jahren der Nutzung dann geringer ausfallen.

## 4. Gesundheitsaspekte und Komfort

### 4.1 Gesundheitsaspekte hinsichtlich Innenraumbelastung

PVC-Profile und die Verglasung sind leicht zu pflegen bzw. zu behandeln. Ihre glatten Oberflächen sowie die fehlende Kondensatbildung (s. Abschnitt 4.2) verhindern Schimmelpilzbefall, der die Ursache von Allergien sein kann. Ein im Jahre 2004 vom Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) (Prüfbericht N° SB-2004-19) geprüfetes PVC-Fensterprofil wurde als neutrales Produkt (F) eingestuft, was seine Verhaltensweise hinsichtlich der Verunreinigung mit Schimmelpilzen angeht [SNE 2005]. Das geprüfte PVC-Fensterprofil ist repräsentativ für die in dieser EPD bewerteten Produkte.

Emissionen flüchtiger organischer Kohlenwasserstoffe (VOC): Durch das Institut für Fenstertechnik e.V. werden zusammen mit weiteren Forschungsstellen und Industriepartnern in den Produktbereichen Innentür und Fenster umfangreiche VOC-Emissionsmessungen durchgeführt (entsprechend den Vorgaben der Normen DIN EN ISO 16000-6 und 16000-9). Die bislang gemessenen Emissionswerte sind sehr gering bzw. kaum nachweisbar [BLI 2010]. Ein bereits im Jahr 2004 vom CSTB geprüfetes PVC-Fensterprofil (Prüfbericht N° SB-04-034) bekam mit C+ die höchste Einstufung (sehr geringe Emissionen) [SNE 2005].

### 4.2 Hygrothermischer Komfort

Beim PVC-Fensterprofil verhindert die schwache Wärmeleitfähigkeit des PVC ( $\lambda = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) die Bildung von Oberflächenkondensation und Kältebrücken. Die Verbindung aus Luftzwischenräumen und entsprechenden PVC-Wandstrukturen führt insgesamt zu folgender Wärmedämmeigenschaft des gesamten Fensters:  $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  (bei einem  $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , einem  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  und einem Flächenanteil des Rahmens von 30 % gemäß DIN EN ISO 10077-1). Durch dieses gedämmte Fenster wandert der Tauwasserpunkt im Vergleich zu einem schlechter gedämmten Fenster (mit einem höheren  $U_w$ -Wert) nach außen, das Fenster hat somit eine höhere Temperatur auf der Glasinnenseite. Dadurch wird die Gefahr von Kondenswasser (Tauwasserpunkt) erheblich reduziert.

### 4.3 Akustischer Komfort

Der Schallschutz  $R_w$  von Fenstern aus PVC-Profilen und Doppelverglasung wird durch eine Prüfung nach EN ISO 140-3 ermittelt. Ein Schallschutz von bis zu  $R_w = 47$  Dezibel ist laut CSTB möglich [SNE 2005].

### 4.4 Visueller Komfort

Es sind keine Anforderungen an den visuellen Komfort bekannt, die nicht aufgrund der Vielfältigkeit der Formen, Strukturen und Farben der PVC-Profile erfüllt werden können.

### 4.5 Olfaktorischer Komfort

Hart-PVC emittiert nahezu keine flüchtigen organischen Bestandteile (VOC) und verursacht somit keinen Geruch (siehe Gesundheitsaspekt hinsichtlich Innenraumbelastung (NF P 01-010 § 7.2.1) und Komfort (NF P 01-010 § 7.3)).

## 5. Literaturverzeichnis

- [BLI 2010] Bliemetsrieder, B. : VOC-Emissionen aus Bauelementen. Ift Rosenheim. Vortrag gehalten auf den Rosenheimer Fenstertagen 2010.
- [BF 2011] Bundesverband Flachglas e.V.: 2- und 3-Scheibenisoliertglas – Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025, Troisdorf, 2011 (unveröffentlicht).
- [EPPA 2010] Informationen von EPPA, European PVC Window Profile and related building products Association, Brüssel, 2010.
- [EPPA 2011] Informationen von EPPA, European PVC Window Profile and related building products Association, Brüssel, 2011.
- [FVSB 2011] Fachverband Schloss- und Beschlagindustrie e.V.: Fensterbeschläge – Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025, Velbert, 2011 (unveröffentlicht).
- [PCR 2008] The Swedish Environmental Management Council (Hrsg.): Product-category rules (PCR) for preparing an environmental product declaration (EPD) for Windows – Frames, transparent surfaces, shutters, PCR 2008:03, Version 1.0, 2008; [www.environdec.com/pcr/pcr0803e.pdf](http://www.environdec.com/pcr/pcr0803e.pdf), zuletzt abgerufen am 22.11.2010.
- [PRO2011] Informationen von Dr. Stefan Huck, profine GmbH, Pirmasens, 2011.
- [SNE 2005] DECLARATION ENVIRONNEMENTALE et SANITAIRE SUIVANT LA NORME NF P 01-010 Fenêtres et Portes-Fenêtres en PVC à double-vitrage, Ed. Déc 2005 par SNEP et Union Fenêtre PVC.
- [Wor 2008] Worldsteel Association: Fact sheet raw materials, 2008; [http://www.worldsteel.org/pictures/programfiles/Fact%20sheet\\_Raw%20materials.pdf](http://www.worldsteel.org/pictures/programfiles/Fact%20sheet_Raw%20materials.pdf), zuletzt abgerufen am 3.2.2011.

HERAUSGEGEBEN VOM QUALITÄTSVERBAND KUNSTSTOFFERZEUGNISSE E.V. UND  
EUROPEAN PVC WINDOW PROFILES AND RELATED BUILDUNG PRODUCTS ASSOCIATION

**Deklariert von**

*Declared by*



QUALITÄTSVERBAND  
KUNSTSTOFFERZEUGNISSE e.V.  
Am Hofgarten 1-2  
D-53113 Bonn  
+49 228 766 76 54  
[www.qke-bonn.de](http://www.qke-bonn.de)



EUROPEAN PVC WINDOW PROFILES AND RELATED  
BUILDUNG PRODUCTS ASSOCIATION  
Avenue de Cortenbergh 71  
B-1000 Brussels  
+32 2 732 41 24  
[www.eppa-profiles.org](http://www.eppa-profiles.org)

**Erstellt durch**

*Issued by*



SKZ - DAS KUNSTSTOFF-ZENTRUM  
Kunststoff-Forschung und -Entwicklung  
Friedrich-Bergius-Ring 22  
D-97076 Würzburg  
+49 931 4104-0  
[www.skz.de](http://www.skz.de)

**Ökobilanz  
geprüft von**

*Life cycle  
assessment  
reviewed by*



DENKSTATT GmbH  
Hietzinger Hauptstraße 28  
A-1130 Wien  
+43 1 786 89 00-23  
[www.denkstatt.at](http://www.denkstatt.at)