

Bericht zur Ökobilanz für die Runderneuerung von Holzkasten- fenstern und Vergleich zur Herstellung neuer Fenster im Auftrag der Hans Timm Fensterbau GmbH & Co. KG

März 2017

Auftraggeber: Hans Timm Fensterbau GmbH & Co. KG
Motzener Straße 10
12277 Berlin
www.timm-fensterbau.de

Auftragnehmer: **ift** Rosenheim GmbH
Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim
www.ift-rosenheim.de

Ökobilanzierer: Florian Stich, Dipl.-Ing. (FH)
stich@ift-rosenheim.de
Tel.: +49 (0)8031/261-2529



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
1 Ausgangssituation und Motivation	3
2 Ziel der Studie	3
3 Umfang der Studie	4
3.1 Deklarierte/funktionelle Einheit	4
3.1.1 Produktbeschreibung	4
3.1.2 Rechenregeln für die Durchschnittsangaben	6
3.2 Systemgrenzen	7
3.2.1 Lebenszyklusstadien	7
3.2.2 Prozesse	8
3.2.3 Daten/Annahmen	8
3.2.4 Quantifizierung der Inputs und Outputs	9
3.2.5 Weitere relevante Hintergrunddaten	14
3.3 Abschneideregeln für die anfängliche Einbeziehung von Inputs und Outputs und ausgeschlossene Prozesse	14
4 Sachbilanz	15
4.1 Quantitative Beschreibung der Prozessmodule	15
4.2 Generische Daten	17
4.3 Datenqualität und Datenlücken	17
4.4 Allokation von Co-Produkten	17
5 Wirkungsabschätzung	17
5.1 Verfahren der Wirkungsabschätzung	17
5.2 Verhältnis der Wirkungsabschätzung zur Sachbilanz	18
5.3 Charakterisierungsmodelle, Faktoren und Methoden	18
5.3.1 Treibhauspotenzial	18
5.3.2 Abiotischer Ressourcenverbrauch	19
5.3.3 Versauerungspotenzial	20
5.3.4 Ozonabbaupotenzial	21
5.3.5 Eutrophierungspotenzial	21
5.3.6 Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial	22
6 Ökobilanzinterpretation	25
6.1 Lebenszyklusszenarien für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern	25
6.2 Ergebnisse	26
6.3 Interpretation und Zusammenfassung	28
6.4 Weitere Diagramme zur Interpretation	29
6.5 Verwendung und Kommunikation	31
6.6 Zusätzliche Informationen	32
7 Literaturverzeichnis	33

1 Ausgangssituation und Motivation

Nachhaltiges Bauen hat sich als wichtiges Instrument in der Baubranche etabliert. Anforderungen dafür ergehen von Politik/Normung, Umwelt/Gesellschaft und vom Immobilienmarkt. Die Vorteile des nachhaltigen Bauens sind beispielsweise höhere Immobilienwerte, ein verbessertes Umweltimage, Ressourcenschonung u.v.m. Um Gebäude nachhaltig bewerten zu können, werden für Bauprodukte Umweltproduktdeklarationen gefordert, welche die Umweltwirkungen über den betrachteten Lebenszyklus darstellen. Basis von Umweltproduktdeklarationen sind Ökobilanzen, in denen über Stoff- und Energieflüsse die Umweltwirkungen berechnet und anschließend dargestellt werden.

Im Rahmen des öffentlichen Bauens ist unter anderem die umweltfreundliche Beschaffung ein zentrales Thema. Gerade aus diesem Bereich und im Rahmen der Sanierung denkmalgeschützter Gebäude wird sich die Frage gestellt, in welcher Arte und Weise diese traditionelle Bauart im Einklang mit den Säulen der Nachhaltigkeit in einem bauphysikalisch der heutigen Zeit entsprechendem Umfeld verwirklichen lässt. Die Untersuchung soll aufzeigen, wo Stärken und Schwächen eines runderneuerten Kastenfensters im Vergleich zu neuen Kastenfenstern auftreten.

2 Ziel der Studie

Die Ökobilanz dient zur Darstellung der Umweltwirkungen für die beschriebenen die Runderneuerung von Holzkastenfenstern. Die Umweltwirkungen werden gemäß EN 15804-2012 +A1:2013-11 als Basisinformation aufgeführt. Dabei sind folgende Umweltwirkungen angegeben:

- Treibhauspotenzial (GWP),
- Ozonabbaupotenzial (ODP),
- Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP),
- Eutrophierungspotenzial (EP),
- Potenzial für die Bildung von troposphärischem Ozon (POCP),
- Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen – nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe),
- Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen –fossile Brennstoffe (ADP – fossile Energieträger).

Ziel ist, diese Umweltwirkungen für den betrachteten Lebenszyklus der die Runderneuerung von Holzkastenfenstern darzustellen. Darüber hinaus werden auch Angaben zur Ressourceneinsparung dargestellt.

Die Ergebnisse der Studie sind nicht für die Verwendung in zur Veröffentlichung vorgesehenen vergleichenden Aussagen bestimmt.

3 Umfang der Studie

Die Ökobilanz bezieht sich auf die Runderneuerung von Holzkastenfenstern sowie der Gegenüberstellung mit der Herstellung eines neuen Kastenfensters bzw. Kunststofffensters, die Datengrundlage hierzu stammt von der Fa. Hans Timm Fensterbau GmbH & Co. KG.

Die Ökobilanz wurde für den betrachteten Lebenszyklus, also von der Wiege bis zum Werkstoff und Recyclingpotenzial (cradle to gate with options) berechnet. Die Ökobilanz zur Nutzungsphase wird in einem gesonderten Bericht behandelt.

3.1 Deklarierte/funktionelle Einheit

Die deklarierte Einheit bezieht sich auf 1 m² Fenster.

Die funktionelle Einheit bezieht sich auf 1,3 m x 2,25 m [2,925m²].

Direkt genutzte Stoffströme werden der funktionellen Einheit zugeordnet und auf die deklarierte Einheit skaliert. Der Bezugszeitraum ist das Jahr 2015.

3.1.1 Produktbeschreibung

3.1.1.1 Kastenfenster

Das Kastenfenster besteht aus zwei hintereinander angeordneten Einfachfenstern, die über ein Futter verbunden sind. Der äußere Flügel ist an einem Blendrahmen angeschlagen, während der innere Flügel an das Futter anschlägt. Beide Flügel sind voneinander unabhängig und besitzen getrennte Verschlussmöglichkeiten (Abbildung 1: Bauteile von Kastenfenstern).

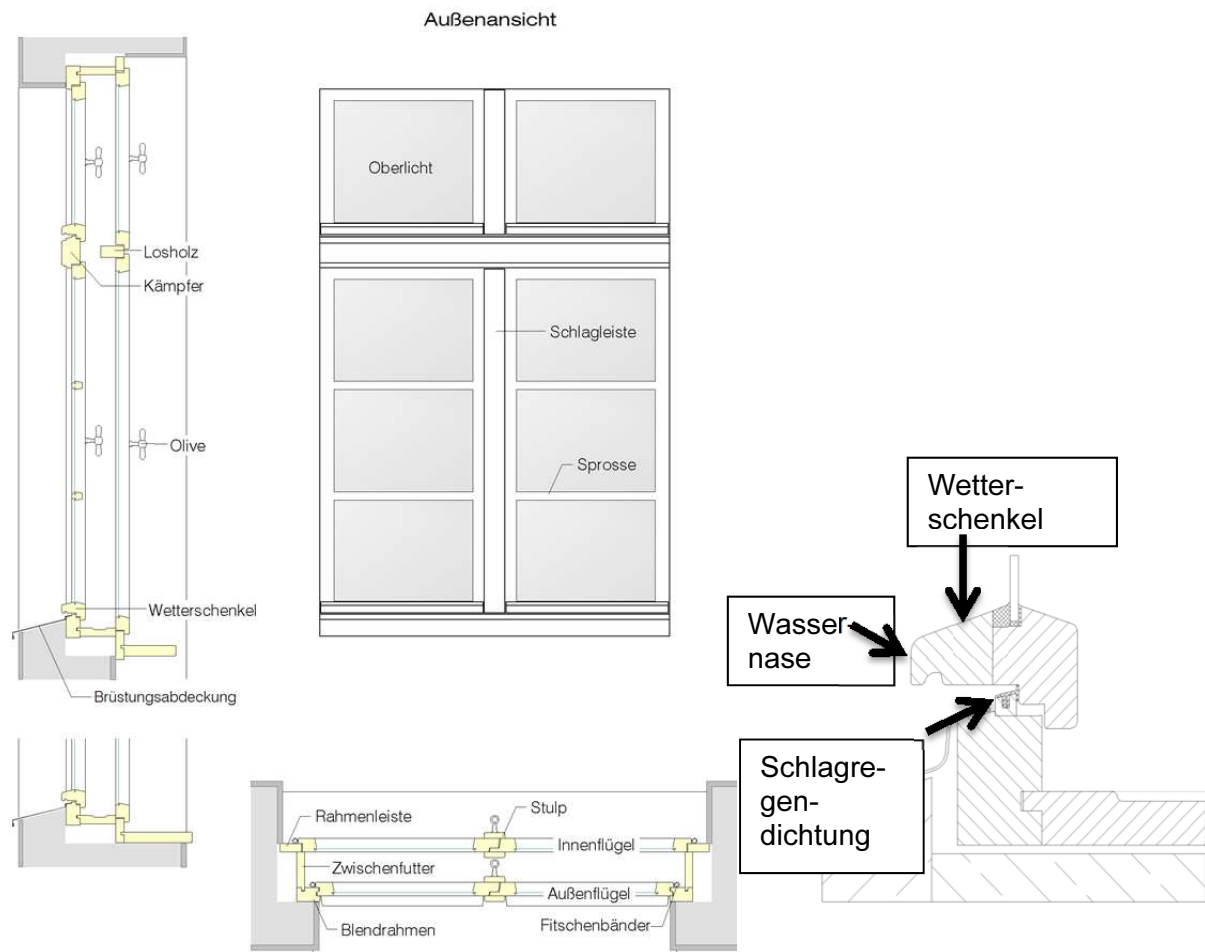


Abbildung 1: Bauteile von Kastenfenstern

Die Instandsetzung/Verbesserung vorhandener Kastenfenster kann in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- Gruppe 1: Instandsetzung durch Teilerneuerung (Runderneuerung)
- Gruppe 2: Instandsetzung durch Totalerneuerung (Austausch).

Unter einer Runderneuerung versteht man eine ganzheitliche Überarbeitung eines Kastenfensters gemäß VFF-Leitfaden HO.09, d.h.:

- Eine tischlermäßige Überarbeitung der Blend- und Flügelrahmen, dazu werden nicht mehr intakte Holzteile durch neue Konstruktionen, die den bauzeitlichen Profilierungen entsprechen, ersetzt.
- Erforderlich ist eine 100 %ige Entlackung und Farbneubeschichtung aller Holzteile. Die Flügel werden im Werk, die Blendrahmen werden vor Ort bearbeitet. Die 100 %ige Entlackung wird mit Warmluft durchgeführt, eine chemische Entlackung wird abgelehnt. Alle rohen Hölzer werden vor Ort im Pinselverfahren und im Werk im Tauchverfahren zweimal mit lösungsmittelhaltigen Grundierungen imprägniert. Danach erfolgt eine Farbbeschichtung entsprechend den technischen Anforderungen.
- Durchgeführt wird eine 100 %ige Entglasung und ein Nachfräsen aller Kittfäle. Danach erfolgt eine Neuverglasung im Außenflügel mit 4 mm Kristall-Spiegelglas, die Innenflügel erhalten eine Wärmeschutzscheibe Kplus zur Wärmedämmverbesserung

oder nach Rücksprache eine Zweischeiben-Isolierglasscheibe mit neuen Glasleisten, die auf der Kastenseite angeordnet sind.

- Mit der Überarbeitung aller Beschläge wird auch die Gang und Schließbarkeit hergestellt, einschließlich Ausrichten der Bänder und ggf. Erneuern mit historischen Beschlägen.
- Als Maßnahmen zur Verbesserung der Dichtheit, des Wärme und des Schallschutzes erfolgt ein Einbringen einer umlaufenden funktionalen Dichtung am Innenflügel. Somit entsteht auch eine Minimierung der Tauwasseranfälligkeit auf der Innenseite der Außenscheibe. Alle Wassernasen werden erneuert. In diesem Zusammenhang erfolgen ggf. auch die Erneuerung der Stufenfalzkonstruktion am äußeren unteren Blendrahmen und das Einbringen einer Schlagregendichtung zur Verbesserung der Dichtheit am Kastenfenster.

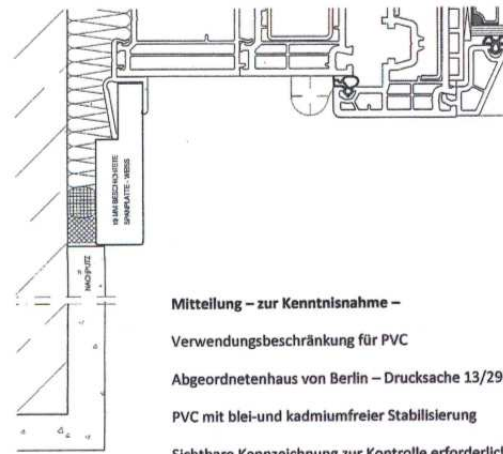
3.1.1.2 Erweiterter Vergleich – Herstellung eines Kunststofffensters

Das Kunststofffenster besteht aus PVC-Blend- und Flügelrahmen in üblicher Bauweise mit Zweifachverglasung. Um eine vergleichbare Optik zu gewährleisten und aufgrund der Fenstergröße wurde das Fenster mit 4 Flügeln ausgelegt. Auf Wunsch des Auftraggebers wurde dieser vereinfachte Vergleich im Nachgang ange- stellt.

Nicht in der Ökobilanz berücksichtigt:

Zusatzmaßnahmen(zum Beispiel Calciumsilikat- splatten oder Isothermenfutter)im Baukörperanschluss innen zur Vermeidung von Schim- melpilzbildung im Bereich von Wärmebrücken wurden nicht berücksichtigt.

Kunststofffenster

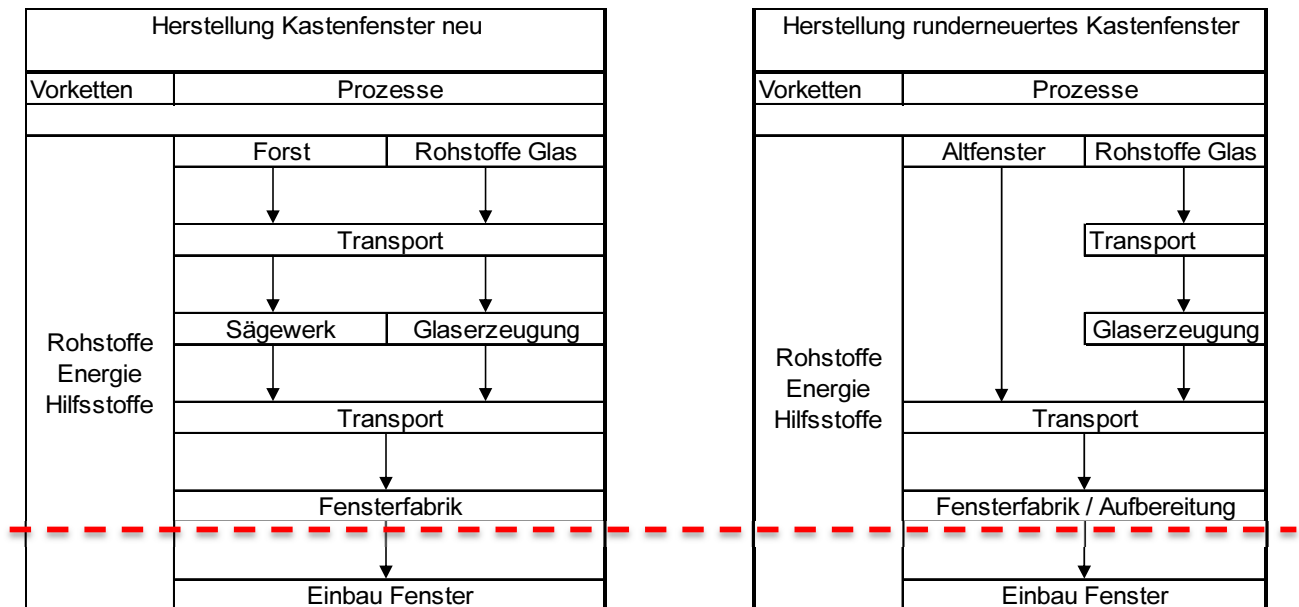


3.1.2 Rechenregeln für die Durchschnittsangaben

Die Durchschnittsbildung zur Runderneuerung erfolgte anhand der erfassten Daten durch das Unternehmen. Die weiteren Daten zur Erstellung von Flügel und Blendrahmen wurden teilweise dem Forschungsvorhaben „EPDs für transparente Bauelemente“ als auch generi- schen Daten aus der Datenbank GaBi entnommen. Dabei wurden die Stoff- und Energieflüs- se über einen repräsentativen Zeitraum erfasst, durch die produzierten Stückzahlen geteilt und als Durchschnitt zur Ökobilanzberechnung herangezogen.

3.2 Systemgrenzen

Im Folgenden sind die Systemgrenzen für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern sowie der Herstellung eines neuen Kastenfensters oder Kunststofffensters dargestellt. Die Grenze im Werk wurde an dem Werkstor gezogen.



Die Systemgrenzen beziehen sich auf das Werk der Hans Timm Fensterbau GmbH & Co. KG in 12277 Berlin.

Es wurden keine zusätzlichen Daten von Vorlieferanten bzw. anderer Standorte gesammelt und berücksichtigt. Die Grenzen beschränken sich auf die produktionsrelevanten Daten. Gebäude- bzw. Anlagenteile, die nicht für die Produktherstellung relevant sind, wurden ausgeschlossen (z.B. Stromverbrauch für EDV oder Wasserverbrauch für Sanitäreanlagen). Die Transportwege der Vorprodukte wurden entsprechend Herstellerangaben berücksichtigt.

Über die Systemgrenzen hinaus wurden die Vorteile außerhalb der Systemgrenzen (D) dargestellt.

Gutschriften können wie abgebildet als Rezyklat, also recycelten Materialien, als thermische Energie oder auch als elektrische Energie resultieren.

3.2.1 Lebenszyklusstadien

Die Ökobilanz wurde für den betrachteten Lebenszyklus „cradle to gate“ betrachtet. Der Lebenszyklus wurde gemäß EN 15804 wie folgt dargestellt berechnet.

Die Herstellungsphase (A1 – A3):

- Rohstoffgewinnung (A1)
- Transport(A2)
- Herstellung (A3)

Die Entsorgungsphase (C1 – C4):

- Ausbau (C1)
- Transport (C2)
- Abfallbewirtschaftung (C3)
- Deponierung (C4)

Die Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen (D):

- Wiederverwertungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotential (D)

3.2.2 Prozesse

Die Ökobilanz wurde nach Einzelprozessen untergliedert. Für die verwendeten Stoff- und Energieströme lagen stellenweise Daten vor, die über einen angemessenen Zeitraum (siehe Kapitel 3.1.2) gesammelt wurden. Dadurch konnten die Ströme auf eine funktionelle Einheit umgelegt werden. Dies dient als Basis zur Berechnung der Sachbilanz.

3.2.3 Daten/Annahmen

Die ermittelten, spezifischen Daten stammen aus dem im Jahr 2015 realisierten Projekt der Fa. Hans Timm Fensterbau GmbH & Co. KG.

Generische Daten sind aus der Professional Datenbank und Baustoff Datenbank der Software GaBi ts. Energieeinsatz während der Herstellung wurde mithilfe generischer Daten abgebildet. Darüber hinaus wurde ein Hilfsprozess für Fensterkitt erstellt. Dafür wurde 85% Calciumcarbonat und 15% Bio-Öl verwendet. Es wurden keine weiteren generischen Daten für die Berechnung verwendet.

Datenlücken wurden durch vergleichbare Daten ersetzt. Energetische Aufwände für spanende Prozesse zur Profilherstellung wurden nicht gesondert ermittelt, die Grundlage hierfür bilden die gewonnenen Kenntnisse aus dem Forschungsvorhaben „EPDs für transparente Bauelemente“ im Abgleich mit den Datensätzen aus der GaBi Datenbank.

Die Systemgrenzen werden via Vorkette eingehalten. Dazu werden keine zusätzlichen Daten erfasst, sondern auf generische Daten zurückgegriffen.

Zur Modellierung des Lebenszyklus wurde das Software-System zur ganzheitlichen Bilanzierung "GaBi ts" eingesetzt.

Folgende Annahmen wurden getroffen:

- Eine Plausibilitätsprüfung zur Allokation durchzuführen fällt schwer, da die Sanierungsprojekte sehr unterschiedlich sind. Es wurde vom Hersteller jedoch ein Referenzprodukt mit der Größe von 1,3 x 2,25 m² als Durchschnitt mitgeteilt, auf der sich die Annahme zur funktionellen Einheit stützt.
- Beschläge wurden mit feuerverzinktem Baustahl abgebildet

Alle getroffenen Annahmen wurden entsprechend recherchiert.

3.2.3.1 Daten der Datenbank

Als Basis wurden die Professional Datenbank und Baustoffdatenbank in aktueller Version 7.2.2.28 und der Datenbankversion 6.115 verwendet. Die Software und Datenbank wurde 2016 aktualisiert.

Es konnten alle in den Prozessen verwendeten Materialien über die Datenbank abgebildet werden, Hilfsstoffe wurden nicht berücksichtigt.

3.2.4 Quantifizierung der Inputs und Outputs

Folgende Inputs wurden in der Ökobilanz erfasst:

- Energieträger
- Rohstoffe/Vorprodukte

Folgende Outputs wurden in der Ökobilanz erfasst:

- Abfälle

Für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern lag der Stromverbrauch für den Prozess über einen angemessenen Zeitraum (siehe Kapitel 3.1.2) vor. Dieser wurde anhand von typischen Fertigungszeiten und Anlagenleistungen ermittelt. Der Stromverbrauch für die Herstellung eines neuen Fensters wurde über Erfahrungswerte ermittelt und ist mit den generischen Daten abgedeckt.

Emissionen in Luft und Boden sind als vernachlässigbar zu betrachten und wurden daher nicht berücksichtigt.

Die Inputs und Outputs für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern sowie für die Herstellung eines neuen Holzkastenfenster und eines Kunststofffensters ergeben sich aus den Angaben der Firma Hans Timm Fensterbau GmbH & Co. KG und sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt:

Ökobilanzen für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern

Bericht

März 2017



Runderneuerung von Kastendoppelfenster											
Massen- und Zeitanansatz											
	Breite	Höhe	Ifm	Anzahl	Ifm	Schleifstaub Lack	Glas Breite	Glas Höhe	Glas MD 2,8	Holz WN	Ölkitt
Fensterfutter	1,3	2,25	8,4	1x	8,4	1,76 kg					23,88 Ifm
Außenflügel oben	0,58	0,68	2,52	2x	5,04	0,71 kg	0,5	0,6	0,60 m ²	1,16 m	
Außenflügel unten	0,58	1,36	3,88	2x	7,76	1,08 kg	0,5	1,28	1,28 m ²	1,16 m	
Innenflügel oben	0,61	0,73	2,68	2x	5,36	0,75 kg	0,53	0,65	0,69 m ²		
Innenflügel unten	0,61	1,44	4,1	2x	8,2	1,15 kg	0,53	1,36	1,44 m ²		
entglasen	20 min										
Altmaterial						5,45 kg			4,01 m ²	0,002 m ³	2,388 kg
	Zeit	Energie	Tauchgrund lösemittelh.	Farbe lösemittelh.	Decklack wasserlöslich	Masse [kg]		Dichtung	Glas	Holz WN	Verglasungskitt
entlacken Flügel	360 min	12 kwh									
entlacken Futter	300 min	9 kwh									
schleifen	360 min	7 kwh									
Farbe Flügel	300 min		1,40 l		3,0 l	4,4					
Farbe Futter	180 min		0,6 l	1,5 l	0,75 l	2,85					
Glas 4 mm Float	100 min	verglasen							1,88 m ²		550 ml Kawokitt
Glas 4/6 Kr/4 S3	115 min	verglasen							2,13 m ²		550 ml Kawokitt
Flügeldichtung DV 7357								14,76 Ifm 0,1 kg/Ifm			
Erneuerung Wassernase										6,76 kg	
Tischler- u. Beschlagarbeiten	425 min										
Tischlerarbeiten vor Ort	280 min										
weitere Malerarbeiten vor Ort	420 min										
Transport	100 min										

Tabelle 1: Material und Zeitanansatz Runderneuerung Kastenfenster

Herstellung von Kastendoppelfenster				
Massen- und Zeitenansatz				
Materialbedarf Kastenfenster neu 4 Flügel (1,3x2,25m)				
Holzbedarf				
Bauteil	Lage	Volumen [m³]	Masse [kg]	Hinweis
Kämpfer		0,006	3,12	Holz-Blendrahmen (EN15804 A1-A3) 26
Blendrahmen	außen	0,025	13	
Blendrahmen	innen	0,019	9,88	
Flügel	außen + innen	0,099	51,48	Holz-Flügelrahmen (EN15804 A1-A3) 58,24
Flügel-Wassernase	außen	0,013	6,76	
Zwischenfutter		0,028	14,56	Schnittholz Kiefer (12 % Feuchte; 10,7 % Wassergehalt) (EN15804 A1-A3) 19,76
Schlagleisten		0,010	5,2	
Summe		0,200	104	Kiefer 520 kg/m³
Glasbedarf				
Bauteilebene	Glasdicke	Fläche [m²]		Hinweis
Float außen	4	1,88	18,8	Glas 2,5 kg/m² und mm
Isolierglas innen 4/6/4	8	2,13	42,6	
Summe			61,4	
Beschläge				
Beschläge	Stk		Masse [kg]	Hinweis
Ecken	32		1,024	Feuerverzinkter Baustahl (Profile und Grobbleche) - IFV (Module A1-A3)
Fitschenbänder	20		2,62	
Getriebe inkl. Oliven und Kloben (70 cm)	2		1,032	
Getriebe inkl. Oliven und Kloben (160 cm)	2		1,742	
Kettelhaken	2		0,088	
Summe			6,506	
Leimbedarf				
Kitt (Kawokitt)		1100 ml	1	Hinweis
Tauchgrund	Wasserlack		2,5	
Zwischenlackierung	Wasserlack		3	
Endlackierung	Lösung		4	
Flügeldichtung DV 7357		14,76 lfm 0,1 kg/lfm	1,476	Abschätzung
Lohn-Einzelfertigung				
Lohn-Einzelfertigung	Zeit [min]	Zeit [h]		
Maschinenarbeit	180	3,0		
Bankarbeit	270	4,5		
Anschlagen	290	4,8		
Farbe	900	15,0		
Transport	100	1,7		
Montage	85	1,4		

Tabelle 2: Material und Zeitenansatz Kastenfenster neu

Die enthaltenen Materialien sind in Abbildung 2 für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern sowie für die Herstellung eines neuen Holzkastenfensters bezogen auf 1 m² dargestellt:

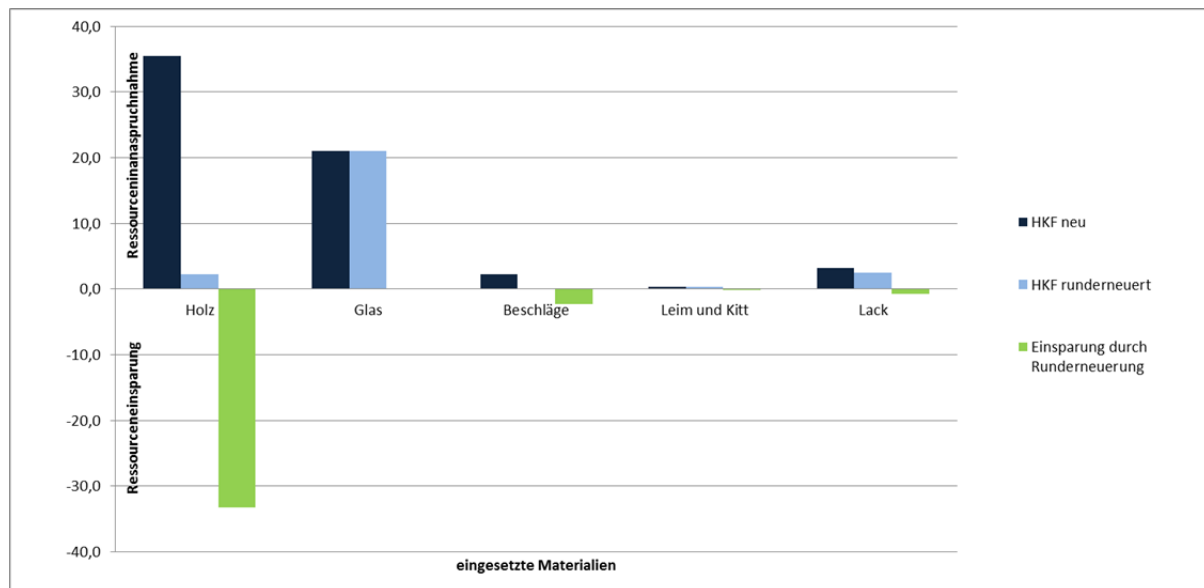


Abbildung 2: Darstellung der Einzelmaterialien pro 1 m² bei der Herstellung eines Holzkastenfensters (links) und für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern (rechts)

Nr.	Material	Masse in kg / m ²	
		HKF neu	HKF runderneuert
1	Holz	35,6	2,3
2	Glas	21,0	21,0
3	Beschläge	2,2	0,0
4	Leim und Kitt	0,4	0,3
5	Lack	3,2	2,5
Gesamt		62,4	26,1

Tabelle 3: Tabellarische Darstellung Massen

Ökobilanzen für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern

Bericht

März 2017



Herstellung von Kunststofffenstern				
Massen				
Materialbedarf Kunststofffenster neu 4 Flügel (1,3x2,25m)				
Materialbedarf				
Bauteil	längenbezogene Masse	Länge	Masse [kg]	Hinweis
Blend- und Flügelrahmen 4 Flügel	4,9 kg/m ²	14,2 m	69,58	DE: Blendrahmen PVC-U (EN15804 A1-A3) ts <-agg> DE: Flügelrahmen PVC-U (EN15804 A1-A3) ts <-agg>
Glasbedarf (laut Vorstudie Glasanteil 41%)				
Bauteilebene	Glasdicke	Fläche [m ²]		Hinweis
Isolierglas innen 4/6/4	8	1,2	24	EU-27: Neu Isolierglas 2 fach beschichtet 1 m ² - 20kg ift
Summe			24	Glas 2,5 kg/m ² und mm
Beschläge			Masse [kg]	Hinweis
Beschläge			6,5	Feuerverzinkter Baustahl (Profile und Grobbleche) - IFV (Module A1-A3)
Flügeldichtung DV 7357		14,2 lfm 0,1 kg/lfm	1,4	Abschätzung

Tabelle 4: Material Kunststofffenster neu

3.2.5 Weitere relevante Hintergrunddaten

Für den Strommix in der Herstellung wurde der Strommix Deutschland angesetzt, für die Verwertung und Gutschriften der Strommix EU27

3.3 Abschneideregeln für die anfängliche Einbeziehung von Inputs und Outputs und ausgeschlossene Prozesse

Es wurden alle Daten aus der Betriebsdatenerhebung, d.h. alle erfassten Ausgangsstoffe sowie der Stromverbrauch berücksichtigt. Die Grenzen beschränken sich jedoch auf die produktionsrelevanten Daten. Gebäude- bzw. Anlagenteile, die nicht für die Produktherstellung relevant sind, wurden ausgeschlossen.

Darüber hinaus wurden Hilfsstoffe ausgeschlossen.

Die Transportwege für die Anlieferung der Vorprodukte und des Zubehörs wurden ebenfalls ausgeschlossen. Die Relevanz im Rahmen dieser Betrachtung wird als vernachlässigbar eingestuft, es wird davon ausgegangen, dass die wesentlichen Vorprodukte im Rahmen der Beschaffung bei beiden Herstellungsprozessen über eine vergleichbare Distanz angeliefert werden. Die Anlieferung von Glas ist identisch, die Distanz der Anlieferung von Holz vom Händler bzw. von der Baustelle bei der Runderneuerung sind auch vergleichbar. Alle weiteren Transportwege sind aufgrund der wesentlich geringeren Masse nicht relevant.

Zusatzmaßnahmen(zum Beispiel Calciumsilikatsplatten oder Isothermenfutter)im Baukörperanschluss innen zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung im Bereich von Wärmebrücken wurden nicht berücksichtigt

4 Sachbilanz

4.1 Quantitative Beschreibung der Prozessmodule

Die einzelnen Prozessmodule können nicht quantifiziert werden, da keine Daten für diese vorliegen. Die Produktionsfließbilder für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern sowie für die Herstellung eines neuen Fensters sind im Anhang dargestellt. In Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die GaBi-Prozesse abgebildet. Die dazugehörigen Produktionsprozesse sind bereits in den Datensätzen enthalten.

Inputs					Outputs						
Paramet	Fluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertst	Paramet	Fluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertst
Blendrahmen [Bauwesen]	Länge	6,84	m	X		Kastenfenster [Bauwesen]	Fläche	1	qm	X	
Fensterkitt (Kalkstein und Bioöl)	Masse	0,342	kg	X							
Feuerverzinkter Baustahl [MetaMasse]		2,22	kg	X							
Float-Flachglas [Mineralische WMasse]		6,43	kg	X							
Flügelrahmen [Bauwesen]	Länge	9,3	m	X							
Polyvinylacetat (PVAC) [KunstsMasse]		0,0154	kg	X							
PP/EPDM Granulat [KunststoffeMasse]		0,505	kg	X							
Schnittholz (12 % Feuchte / 10 Masse)		6,76	kg	X							
Zweischeiben-Isolierglas [Bauw Fläche]		0,728	qm	X							

Tabelle 5: Holzkastenfenster neu:

Inputs						Outputs					
Parameter	Fluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertst	Param	Fluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertst
Decklack [Lacke]		Masse	2,47863	kg	X	Kastenfenster [Bauwesen]	Fläche	1	qm	X	
EPDM Dichtung [Kunststoffe]		Masse	0,504615	kg	X						
Fensterkitt (Kalkstein und Bioöl) [Vorprodukte]		Masse	0,34188	kg	X						
Float-Flachglas [Mineralische Werkstoffe]		Masse	6,42735	kg	X						
Produkt (unspezifisch) [Wertgüter]		Masse	35,5556	kg	X						
Schnittholz Kiefer (12% Feuchte / 10,7% H2O)		Masse	2,31111	kg	X						
Strom [Elektrische Energie]		Energie (u)	34,4615	MJ	X						
Zweischeiben-Isolierglas [Bauwesen]		Fläche	0,728205	qm	X						

Tabelle 6: Runderneuertes Holzkastenfenster:

Inputs						Outputs					
Parameter	Fluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertst	Parameter	Fluss	Grösse	Menge	Einheit	Wertst
Zweischeiben-Isolierglas [Bauwesen]		Fläche	0,410256	qm	X	Kastenfenster [Bauwesen]	Fläche	1	qm	X	
Feuerverzinkter Baustahl [Metalle]		Masse	2,22427	kg	X						
PVC Fenster-Flügelrahmen [Materielle Systeme]		Masse	23,788	kg	X						
PP/EPDM Granulat [Kunststoffe]		Masse	0,504615	kg	X						

Tabelle 7: PVC-Fenster neu (2-fach Verglasung / 4-flügelig)

Zur Erläuterung ist das Bilanzierungsmodell für die Herstellung von Blendrahmen und Flügelrahmen in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

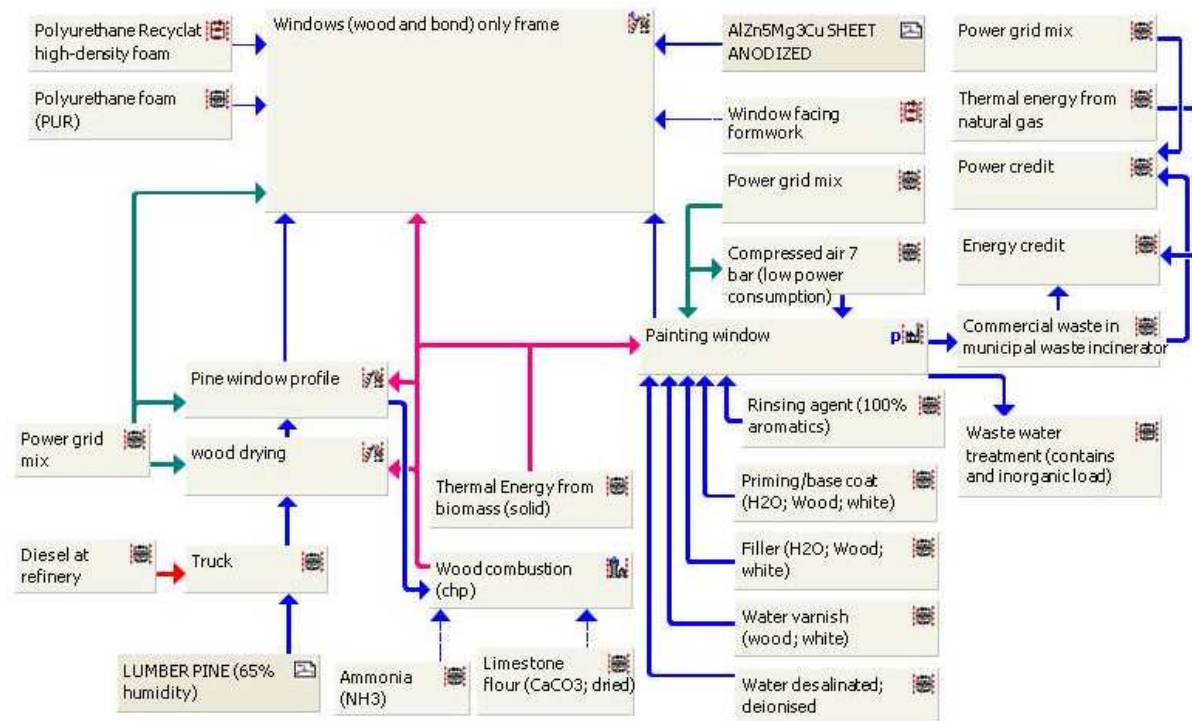


Abbildung 3: Bilanzierungsmodell Blendrahmen und Flügelrahmen Holz (thinkstep)

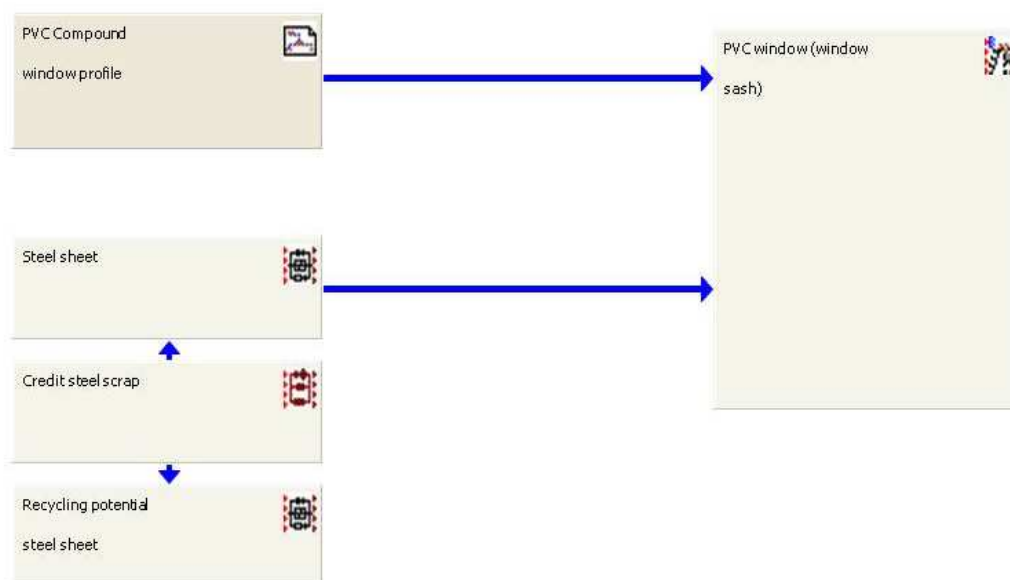


Abbildung 4: Bilanzierungsmodell Blendrahmen und Flügelrahmen Kunststoff (thinkstep)

4.2 Generische Daten

Siehe Kapitel 3.2.3

Es wird keine Haftung für die Aktualität der Datengrundlage und für die auf dieser Grundlage erstellten Ökobilanz übernommen.

4.3 Datenqualität und Datenlücken

Die spezifischen Daten stammen ausschließlich aus dem Geschäftsjahr 2015. Diese wurden im Werk 12277 Berlin durch Datenerhebung erfasst und stammen von der Firma Hans Timm Fensterbau GmbH & Co. KG und teilweise aus direkt abgelesenen Messwerten. Die Daten wurden durch das **ift** auf Validität geprüft.

Datenlücken wurden entweder durch vergleichbare, konservative Daten ersetzt oder durch Verringerung der Systemgrenze abgeschnitten.

4.4 Allokation von Co-Produkten

Bei der Produktherstellung treten keine Allokationen auf.

5 Wirkungsabschätzung

5.1 Verfahren der Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung wird für die folgenden Wirkungskategorien durchgeführt. Die Modelle für die Wirkungsabschätzung wurden angewendet, wie in EN 15804-A1 beschrieben. Folgende Wirkungskategorien werden in diesem Bericht dargestellt:

- Treibhauspotenzial (GWP 100)
- Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)
- Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)
- Eutrophierungspotenzial (EP)
- Potenzial für die Bildung von troposphärischem Ozon (POCP)
- Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe)
- Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - fossile Brennstoffe. (ADP – fossile Energieträger.)

Weitere Parameter zu Umweltinformationen und Ressourceneinsatz werden entsprechend EN 15804 in Kapitel 6 beschrieben.

5.2 Verhältnis der Wirkungsabschätzung zur Sachbilanz

Eine Normierung der Ergebnisse wird nicht durchgeführt, da dies zu missverständlichen Aussagen führen kann.

5.3 Charakterisierungsmodelle, Faktoren und Methoden

Die Charakterisierungsfaktoren werden zwar über die GaBi-Software berechnet. Dennoch wird im Folgenden dargestellt, wie diese Faktoren gewählt und berechnet werden. Bei den Umweltwirkungen wird Bezug auf Fachliteratur [4] genommen.

5.3.1 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 die Atmosphäre nicht wieder. 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 können.

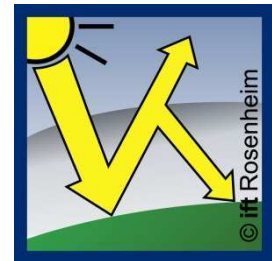


Abbildung 5: Treibhauspotenzial

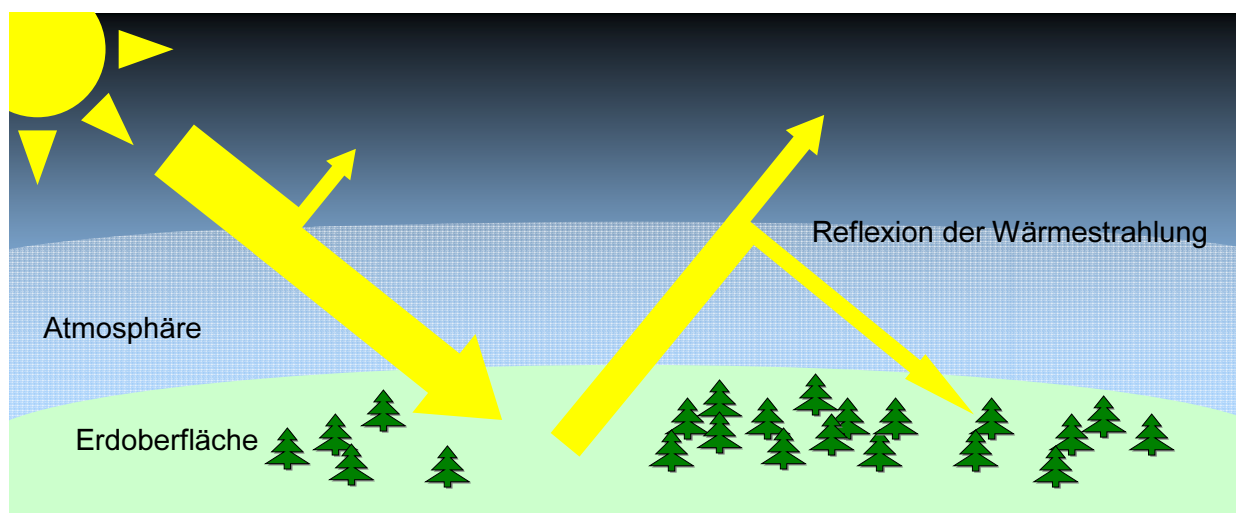


Abbildung 6: Treibhauseffekt

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 unterschiedlichster 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 zum 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. Dementsprechend kann Methan bis zu 12 Jahren 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:

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

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

5.3.2 Abiotischer Ressourcenverbrauch

Bei abiotischen Ressourcen handelt es sich um Ressourcen, die nicht organisch sind; also beispielsweise Wasser, Luft, verschiedene mineralische Rohstoffe und Erze oder auch fossile Brennstoffe.

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.

Beim abiotischen Ressourcenverbrauch (ADP) wird unterschieden in ADP fossil Abbildung 7 und ADP elements Abbildung 8. Fossile Stoffe sind beispielsweise Kohle, Erdöl oder Erdgas. Abiotische Elemente sind beispielsweise Silizium, Calcium oder Kupfer.

Charakterisierung:

Die Verknappung abiotischer Ressourcen ist die Summe des Verbrauchs bezogen auf die funktionelle Einheit dividiert durch die statis-

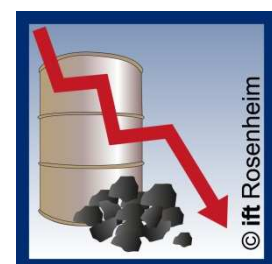


Abbildung 7: ADP fossil

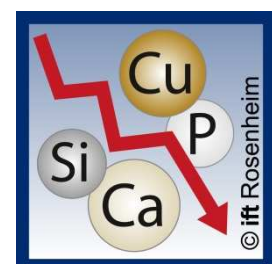


Abbildung 8: ADP elements

tische Reichweite der einzelnen Ressourcen.

Die statistische Reichweite berechnet sich dabei folgendermaßen:

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

Hierbei werden die zahlreichen statistischen Werte verwendet, wie beispielsweise von BP oder dem USGS. 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:

$$\text{Verknappung abiotischer Ressourcen}_i = \frac{\sum_i \text{Verbrauch}_i}{\text{statistische Reichweite}_i} \text{ in } \frac{\text{kg}}{\text{Jahr}}$$

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

Zusätzlich zum Abiotischen Ressourcenverbrauch wird die Ressourcenschonung, wie unter 5.3.7 Ressourcenschonung biogener Rohstoffe erläutert, ausgewiesen.

5.3.3 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.

Abbildung 9: Versauerungspotenzial

Charakterisierung:

Berechnet wird das Versauerungspotenzial anhand folgender Gleichung:

$$\text{Versauerungspotenzial} = \sum_i (m_i \times \text{AP}_i) \text{ in kg SO}_2 \text{ Äquivalent}$$

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

5.3.4 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. Diese treten vor allem in der Antarktisregion der Südhalbkugel auf.

Die meisten dieser Verbindungen sind heutzutage jedoch verboten. Dennoch werden sie in der Ökobilanz berücksichtigt, da sie zum Teil eine sehr hohe Lebensdauer besitzen. Meist entstehen ozonschichtzerstörende Stoffe in Vorketten, wie beispielsweise bei der Rohölgewinnung.

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:

$$ODP = \sum_i (m_i \times ODP_i) \text{ in kg CFC -11 \u00c4quivalent}$$

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

5.3.5 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



Abbildung 10: Ozonabbaupotenzial



Abbildung 11: Eutrophierungspotenzial

Schwefelwasserstoff, Ammoniak oder Methan gebildet. Somit kommt es zum Umkippen der Seen und als Folge zum Sterben der Lebewesen in diesen [6].

Der Eintrag in Gewässer kann sowohl über Wasser (Grundwasser), als auch über Luftwege erfolgen. In landwirtschaftlichen Gebieten, in denen stark gedüngt wird, gelangen Düngemittel in Grundwasser und damit auch in Seen und Flüssen. 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 [1] 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:

$$EP = \sum_i (m_i \times EP_i) \text{ in kg PO}_4^{3-} \text{ Äquivalent pro kg}$$

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

5.3.6 Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial

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

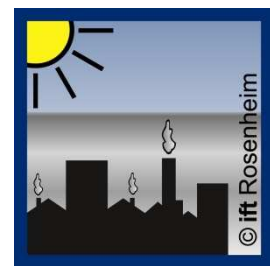


Abbildung 12: Photochem. Oxidantienbildungspot.

Als Wirkungsindikator gilt die Bildung von Photosmog. Dies bezieht sich auf die Bildung von Ozon. Als Referenz wird das photochemische Oxidantienbildungspotenzial angenommen. Ethen ist der Referenzstoff und hat damit den Wert 1. 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 EPD irrelevant sind.

Charakterisierung:

Anhand der folgenden Gleichung wird das photochemische Oxidantienbildungspotenzial berechnet:

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

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

Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung stellen relative Aussagen dar. Sie sind keine Voraussagen von Auswirkungen auf Wirkungsendpunkte, die zu Überschreitungen von Grenzwerten führen, und ermöglichen keine Aussage zu Sicherheitsabständen oder Risiken.

5.3.7 Ressourcenschonung biogener Rohstoffe

Als zusätzliches Kriterium wird durch den Auftraggeber gewünscht, die Ressourcenschonung als weiterer Indikator mit anzugeben. Hierfür würden folgende Faktoren in Betracht kommen.

- Ressourcenschonung: mineralische und metallische Rohstoffe (Natursteine, Phosphat und Rohmetalle), energetische Ressourcen (fossile Brennstoffe) und biogene Rohstoffe (Holz)

Da die Darstellung der Ressourcenschonung noch nicht hinreichend formuliert und mit Hintergrunddaten belegt ist, wurde folgende Annahme getroffen:

Für die Schonung von Holz wird die substituierbare Holzmenge entsprechend den nachfolgenden Empfehlungen unter Angabe der Holzart, Rohdichte und Holzfeuchte ausgewiesen. Randbedingung hierfür ist

Laut VFF-Merkblatt HO.02 2015-09 für die Auswahl der Holzqualität für Holzfenster und –haustüren als auch dem VFF-Merkblatt HO.09 2014-10 für die Runderneuerung von Kastenfenstern aus Holz gilt die Mindestempfehlungen für die Merkmale und Eigenschaften für Elemente in Fenstern und Außentüren

Rohdichte bei Nadelhölzern $\geq 0,35 \text{ g/cm}^3$ bei $13 \pm 2 \%$ Holzfeuchte

Rohdichte bei Laubhölzern $\geq 0,45 \text{ g/cm}^3$ bei $13 \pm 2 \%$ Holzfeuchte

Aus dem VFF-Merkblatt HO.06-1 2013-09 für Holzarten für den Fensterbau - Teil 1: Eigenschaften, Holzartentabelle entnehmen wir, wie in folgender Tabelle dargestellt, für Fichte und Kiefer einen Rohdichtebereich von $0,40 - 0,60 \text{ g/cm}^3$ und somit eine mittlere Rohdichte von $0,50 \text{ g/cm}^3$.

4 Holzarten zur Herstellung maßhaltiger Bauteile (Fenster, Außentüren u.ä.)

4.1 Nadelhölzer (Gymnospermen)

Holzart botanischer Name Handelsname(n)	Kurz- zeichen EN 13556	Wuchsgebiet	Farbe	Holzarttypische Eigenschaft	Dimensions- stabilität	Feuchtean- gleichge- schwindig- keit	Dauer- haftigkeit EN 350-2	Rohdichte- bereich (g/cm ³) bei 12-15% Holzfeuchte
<i>Abies alba</i> Tanne (Weißtanne)	ABAL	Mittel-Süd- Europa	weiß bis weiß- grau, im Alter rötlich bis rötlich violett		gut	Mittel	4	0,45 0,40--0,50
<i>Larix</i> spp. Lärche (Sibirische, Euro- päische bzw. Kana- dische Lärche)	LAER LADC LAXX	Mittel- und Osteuropa Nordamerika Nordostasien	Kern rotbraun, stark nachdun- kelnd Splint gelblich	harzhaltig, etwas spröde	mittel bis gut Laminat gut	Kern: gering Splint: groß	3-(4)	0,57 0,47--0,65
<i>Picea abies</i> Fichte (Rottanne)	PCAB	Europa	gelblich bis röt- lich weiß Splint und Kern gleich	Harzgallen	gut	Mittel	4-(5)	0,46 0,40--0,50
<i>Picea glauca</i> Western White Spruce (Weißfichte)	PCGL	westliches Nordamerika	weiß bis blass gelb-braun		gut	Mittel	4	0,48 0,42--0,54
<i>Picea sitchensis</i> Sitka Spruce (Sitkafichte)	PCST	westliches Nordamerika	Kern hellrosa Splint gelblich- weiß		gut	Mittel	4-5	0,46 0,43--0,52
<i>Pinus contorta</i> Lodgepole Pine (Drehkiefer)	PNCN	Westen USA	hell- bis dunkel gelbbraun	harzhaltig	mittel bis gut Laminat gut	Kern: gering Splint: groß	3-4	0,46 0,42-0,50
<i>Pinus sylvestris</i> Kiefer (Föhre)	PNSY	Europa	Kern gelb- bis rotbraun Splint hellgelb	harzhaltig	mittel bis gut Laminat gut	Kern: mittel Splint: groß	3-4	0,52 0,44--0,60

Die Auswertung des Indikators für die „Ressourcenschonung biogene Rohstoffe (Holz)“ erfolgt unter der Annahme einer mittleren Rohdichte von 0,50 g/cm³ bei einer Holzfeuchte von 12-15%.

6 Ökobilanzinterpretation

6.1 Lebenszyklusszenarien für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern

Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase							Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau/Einbau	Nutzung	Inspektion, Wartung, Reinigung	Reparatur	Austausch / Ersatz	Verbesserung / Modernisierung	betrieblicher Energieeinsatz	betrieblicher Wassereinsatz	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Deponierung	Wiederverwendungs- Rückgewinnungs- Recyclingpotenzial
✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	■	✓	✓	✓

Hinweis: Die jeweilig gewählten und üblichen Szenarien sind fett markiert. Diese wurden zur Berechnung der Indikatoren in der in der Gesamttabelle herangezogen.

- ✓ Teil der Betrachtung
- Nicht Teil der Betrachtung

Bei der Betrachtung des Lebenszyklus wurde darauf verzichtet, die Nutzungsphase (B1-B7) zu analysieren, da die Einbausituation im Gebäude nicht bekannt ist. Es gibt Hilfsmodelle hierzu, für diese Studie wurde darauf nicht weiter eingegangen. Für weitere Informationen hierzu siehe ift Kurzbericht „Orientierende Ökobilanz (Screening) als Voruntersuchung zur Runderneuerung von Kastenfenstern im Vergleich mit der Herstellung von Kunststofffenstern und Kastenfenstern im Bestand“ vom Mai 2016.

Das Modul C1 wurde nicht näher betrachtet, da sich die Einbausituation im Gebäude stark unterscheiden kann. Das Modul C2 kann bei beiden Prozessen als vergleichbar angesehen werden, daher würde die Betrachtung keine neuen Erkenntnisse mit sich bringen.

C3 Abfallbewirtschaftung -

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C3	Entsorgung	95% Rückbau (C1) und 90 % Demontage, davon bei Kunststoff: 60% thermische Verwertung 40% werkstofflich verwertet Rest in MVA

Nr.	Material	HKF neu	HKF runderneuert	HKF runderneuert
1	Glas / Kunststoff zum Recycling	17,95	17,95	7,01 / 8,3
2	Glas / inerter Abfall	3,04	3,04	1,189
3	Holz bzw. PVC in MVA	35,6	2,31	15,64
4	Abfall unspezifisch	2,39	3,04	0,32
5	Restfraktion in MVA	0,51	0,51	0,33

Tabelle 8: Bilanzierung der Abfallbewirtschaftung:

C4 Deponierung -

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
C4	Deponierung	Die nicht erfassbaren Mengen und Verluste in der Verwertungs-/Recyclingkette (C1 und C3) werden als „deponiert“ modelliert.

D Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen

Nr.	Nutzungsszenario	Beschreibung
D	Recyclingpotenzial	

6.2 Ergebnisse

Die folgende Tabelle zeigt das Ökobilanzergebnis über den betrachteten Lebenszyklus (cradle to grave). Die entsprechenden GaBi-Modelle zur Berechnung der Umweltwirkungen sind im Anhang dargestellt.

die Runderneuerung von Holzkastenfenstern sowie der Gegenüberstellung mit der Herstellung eines neuen Kastenfensters

Ergebnisse pro m ² Holzkastenfenster	Einheit	Runderneuerung von Holzkastenfenstern				Herstellung eines neuen Kastenfensters			
		A1 – A3	C3	C4	D	A1 – A3	C3	C4	D
Umweltwirkungen									
Treibhauspotenzial (GWP 100)	kg CO ₂ -Äqv.	38,56	0,07	4,55	-21,90	75,81	0,19	60,15	-43,60
Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP)	kg R11-Äqv.	1,31E-08	5,27E-11	6,75E-09	-2,15E-09	2,11E-08	1,34E-10	1,04E-07	-8,28E-09
Versauerungspotenzial von Boden und Wasser (AP)	kg SO ₂ -Äqv.	0,17	2,06E-04	2,00E-03	-0,17	0,36	5,25E-04	0,02	-0,20
Eutrophierungspotenzial (EP)	kg PO ₄ ³⁻ -Äqv.	0,02	1,85E-05	4,18E-04	-0,02	0,05	4,70E-05	5,20E-03	-0,02
Potenzial für die Bildung von troposphärischem Ozon	kg C ₂ H ₄ -Äqv.	1,68E-03	1,42E-05	1,39E-04	0,02	0,14	3,62E-05	1,52E-03	0,01
Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - nicht fossile Ressourcen (ADP - Stoffe)	kg Sb-Äqv.	6,08E-04	2,40E-08	-7,11E-08	-5,32E-05	1,51E-03	6,11E-08	-1,73E-06	-5,65E-05
Potenzial für die Verknappung von abiotischen Ressourcen - fossile Brennstoffe (ADP – fossile Energieträger)	MJ	584,54	0,80	2,12	-260,89	1611,29	2,04	20,21	-566,78
Ressourceneinsatz	Einheit	A1 – A3	C3	C4	D	A1 – A3	C3	C4	D
Einsatz erneuerbarer Primärenergie – ohne die erneuerbaren Primärenergieträger, die als Rohstoffe verwendet werden	MJ	154,08	-	-	-	3624,60	0,92	0,75	-58,16
Einsatz der als Rohstoff verwendeten, erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung)	MJ	0	-	-	-	0	-	-	-
Gesamteinsatz erneuerbarer Primärenergie (Primärenergie und die als Rohstoff verwendeten erneuerbaren Primärenergieträger) (energetische + stoffliche Nutzung)	MJ	154,08	0,36	0,15	-15,99	3624,60	0,92	0,75	-58,16
Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie ohne die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger	MJ	650,35	-	-	-	1885,80	3,29	24,86	-644,22
Einsatz der als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung)	MJ	0	-	-	-	0	-	-	-
Gesamteinsatz nicht erneuerbarer Primärenergie (Primärenergie und die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger) (energetische + stoffliche Nutzung)	MJ	650,35	1,29	2,48	-281,38	1885,80	3,29	24,86	-644,22
Einsatz von Sekundärstoffen	kg	35,56	0	0	0	0	0	0	0
Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen	MJ	0	0	0	0	4,68E-04	0	0	0
Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen	MJ	0	0	0	0	4,57E-03	0	0	0
Nettoeinsatz von Süßwasserressourcen	m ³	0,17	5,58E-04	7,97E-03	-0,04	0,54	1,42E-03	0,09	-0,11
Abfallkategorien		A1 – A3	C3	C4	D	A1 – A3	C3	C4	D
Gefährlicher Abfall zur Deponierung	kg	1,15E-04	8,21E-10	1,75E-08	-4,72E-07	9,64E-04	2,09E-09	2,93E-08	-6,00E-07
Entsorgter nicht gefährlicher Abfall	kg	3,43	7,80E-04	3,13	-1,47	8,11	1,98E-03	5,53	-1,59
Entsorgter radioaktiver Abfall	kg	0,03	1,95E-04	1,09E-04	-8,16E-03	0,11	4,96E-04	1,33E-03	-0,03
Output-Stoffflüsse		A1 – A3	C3	C4	D	A1 – A3	C3	C4	D
Komponenten für die Weiterverwendung	kg	0	0	0	-	0	0	0	-
Stoffe zum Recycling	kg	0	0	0	-	0	0	0	-
Stoffe für die Energierückgewinnung	kg	0	0	0	-	0	0	0	-
Exportierte Energie (Strom)	MJ	0	0	0	-	0	0	0	-
Exportierte Energie (thermische Energie)	MJ	0	0	0	-	0	0	0	-

Tabelle 9: Umweltwirkungen

6.3 Interpretation und Zusammenfassung

Die Umweltwirkungen von runderneuertem und neuen Holzkastenfenstern sowie von Kunststofffenstern weichen erheblich voneinander ab. Die erheblichen Unterschiede liegen in der zusätzlichen Verwendung von neuen Ressourcen (Holz, Stahl und PVC) bei der Herstellung eines neuen Fensters. Der Energie- und Ressourceneinsatz bei der Runderneuerung wirkt sich wesentlich geringer aus als bei der Herstellung von neuen, vergleichbaren Produkten. Durch den geringeren Ressourceneinsatz bei der Runderneuerung ergeben sich stark ausgeprägte Vorteile im Hinblick auf die Umweltwirkungen. Dies spiegelt sich in allen ausgewerteten Umweltwirkungen wieder. Grafisch wird dies in Kapitel 6.4 erläutert.

Die enthaltenen Materialien sind nachfolgend prozentual für die Herstellung eines neuen Kastenfensters und die Runderneuerung von Holzkastenfenstern dargestellt:

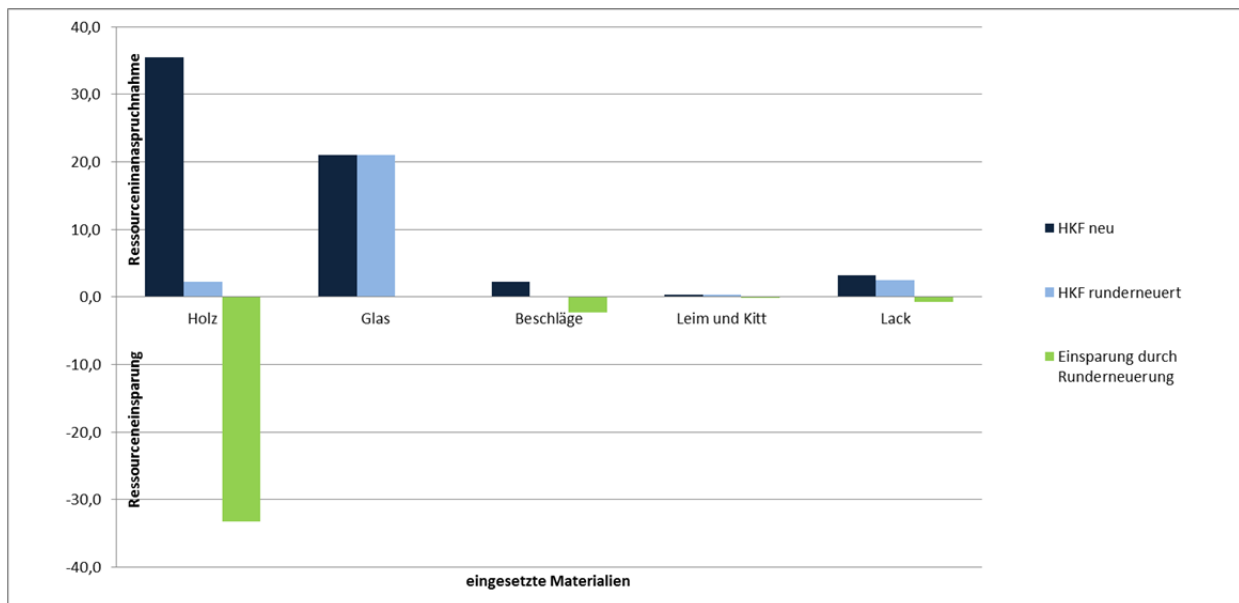


Abbildung 13: Darstellung der Einzelmaterialien pro 1 m² bei der Herstellung eines Holzkastenfensters (links) und für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern (mitte) und die damit verbundene Einsparungen (rechts)

Nr.	Material	Masse in kg / m ²	
		HKF neu	HKF runderneuert
1	Holz	35,6	2,3
2	Glas	21,0	21,0
3	Beschläge	2,2	0,0
4	Leim und Kitt	0,4	0,3
5	Lack	3,2	2,5
Gesamt		62,4	26,1

Tabelle 10: Tabellarische Darstellung Massen

Erweiterter Indikator – Ressourcenschonung:

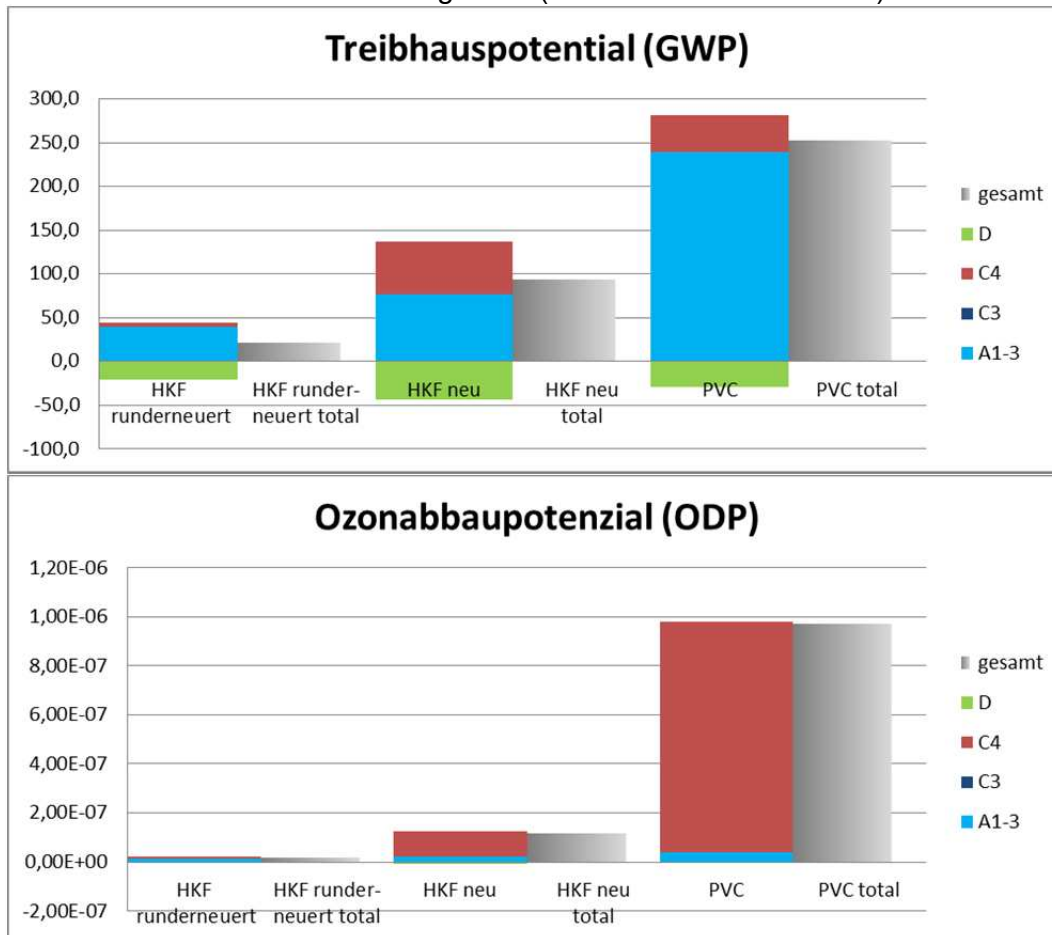
Bei der Runderneuerung von 1 m² Holzfenster ergibt sich folgende Ressourcenschonung gegenüber der Herstellung eines neuen Holzkastenfensters.

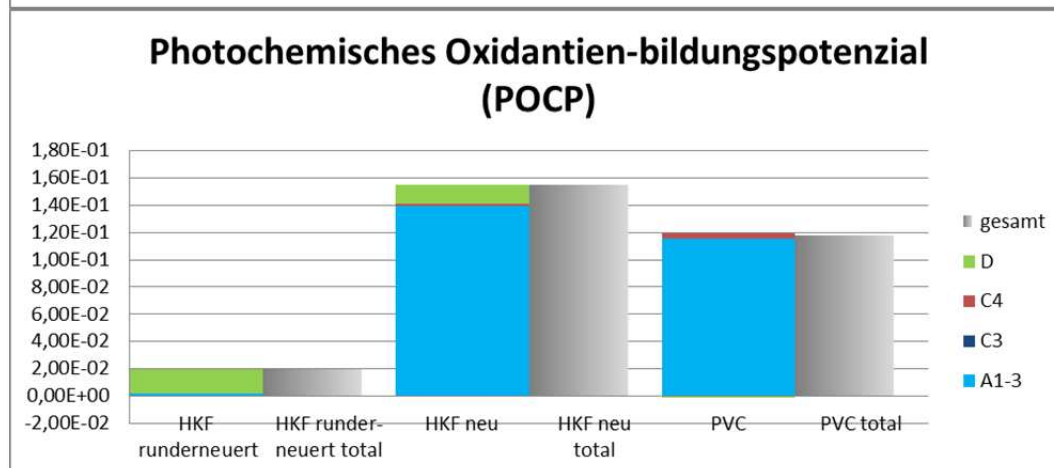
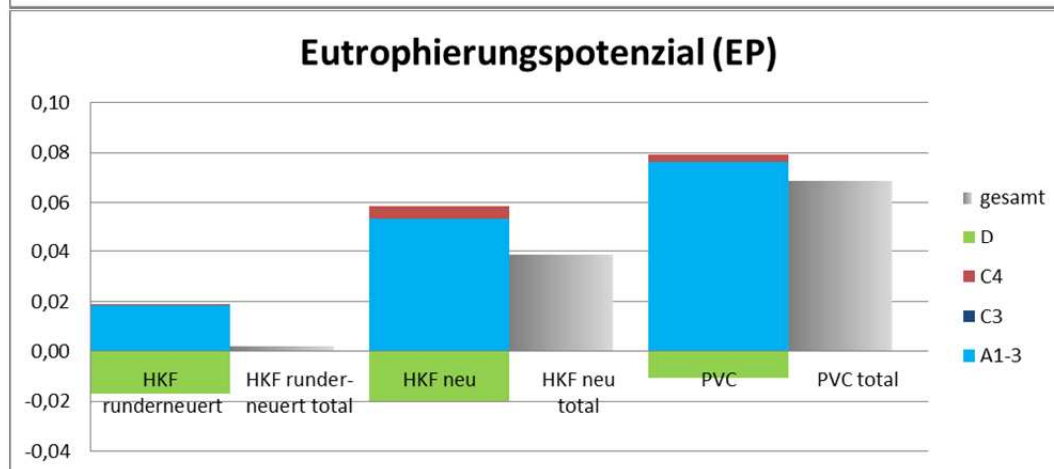
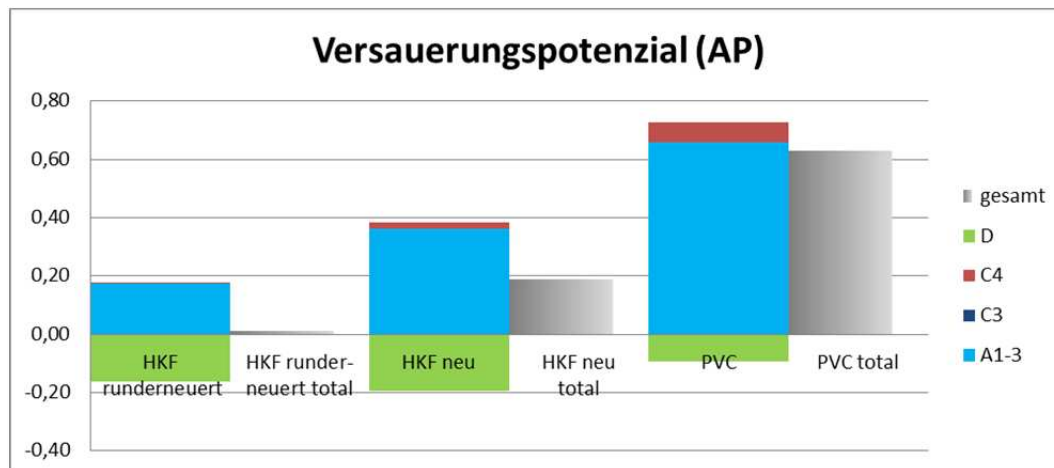
Ressourcenschonung biogener Rohstoff: ca. 67 cm³ / 33,2 kg

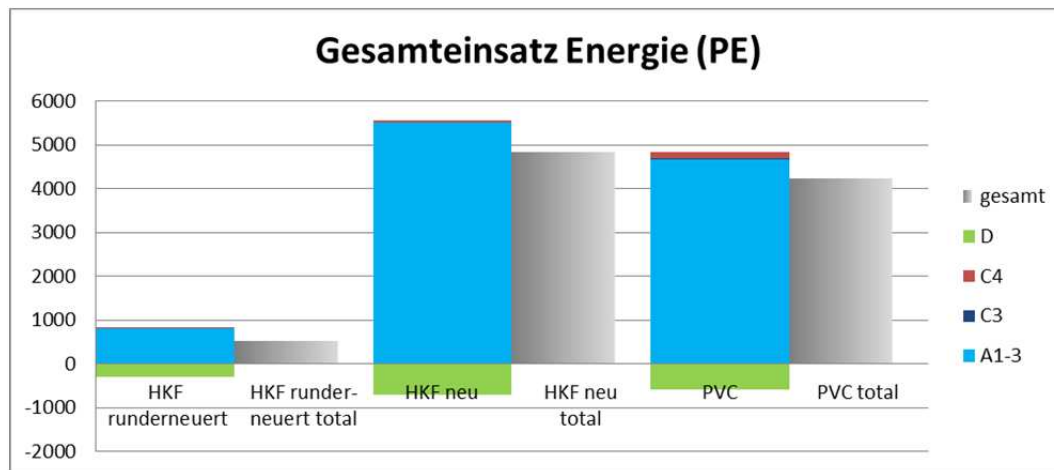
Die Auswertung des Indikators für die „Ressourcenschonung biogene Rohstoffe (Holz)“ erfolgt unter der Annahme einer mittleren Rohdichte von 0,50 g/cm³ bei einer Holzfeuchte von 12-15%. und der Einsparung von 33,2 kg Holz/m².

6.4 Weitere Diagramme zur Interpretation

In den folgenden Diagrammen sind das Treibhauspotential, Ozonabbaupotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Photochemisches Oxidantienbildungspotenzial und der Gesamteinsatz von Energie als ausgewählte Umweltwirkungen für die verschiedenen Produktionsarten der Fenster dargestellt (HKF = Holzkastenfenster):







Besonders klar wird hierbei, dass der geringere Ressourceneinsatz bei der Runderneuerung stark ausgeprägte Vorteile im Hinblick auf die Umweltwirkungen hat. Dies spiegelt sich in allen ausgewerteten Umweltwirkungen über die verglichenen Produkte wieder.

In der Herstellungsphase sind bei der Runderneuerung über alle dargestellten Umweltwirkungen wesentlich geringere Werte ermittelt worden.

Zu beachten hierbei ist zusätzlich: Zusatzmaßnahmen(zum Beispiel Calciumsilikatsplatten oder Isothermenfutter) im Baukörperanschluss innen zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung im Bereich von Wärmebrücken wurden nicht berücksichtigt.

6.5 Verwendung und Kommunikation

Die Ökobilanzergebnisse können sowohl für die Kommunikation mit interessierten Kreisen verwendet werden. Die Ergebnisse sollen primär für die Entscheidung im Rahmen der umweltfreundlichen, öffentlichen Beschaffung verwendet werden. Weitere Nutzergruppen, wie beispielsweise Bewohner, Architekten, Planer oder auch Konsumenten können über die Ergebnisse dieser Studie informiert werden.

Da dieser Bericht vertrauliche Informationen enthält, sollte von einer vollständigen Veröffentlichung abgesehen werden.

6.6 Zusätzliche Informationen

Durch die Ökobilanz konnte aufgezeigt werden, wie sich die Runderneuerung von Holzkastenfenstern auf die Umwelt auswirken. Dabei wurden verschiedene Umweltwirkungen, wie beispielsweise das Treibhauspotenzial, das Eutrophierungspotenzial oder das Versauerungspotenzial berechnet und dargestellt. Die erhobenen Daten lagen in einer guten Qualität vor. Diese könnten künftig jedoch zusätzlich durch eine Vor-Ort-Aufnahme validiert werden. Eine kontinuierliche Datenaufnahme zur Optimierung der Datenqualität und Durchschnittsbildung wird empfohlen.

Bei der Ökobilanzberechnung wurde der Lebenszyklus von der Wiege bis zum Werkstor mit Optionen abgebildet.

Das Ziel zur Darstellung der relevanten Umweltwirkungen gemäß DIN ISO 14025 und EN 15804 konnte mit der berechneten Ökobilanz nach ISO 14040 und ISO 14044 für die Runderneuerung von Holzkastenfenstern erreicht werden. Nach Prüfung der Machbarkeit können weitere Umweltwirkungen ausgewertet werden.

7 Literaturverzeichnis

- [1] VFF-Leitfaden HO.09 - Runderneuerung von Kastenfenstern aus Holz
Hrsg.: Verband Fenster + Fassade,
Frankfurt, November 2014
- [2] Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden – Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung.
Hrsg.: Eyerer, P.; Reinhardt, H.-W.
Birkhäuser Verlag, Basel, 2000
- [3] Leitfaden Nachhaltiges Bauen.
Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
Berlin, 2013
- [4] GaBi 6: Software und Datenbank zur Ganzheitlichen Bilanzierung.
Hrsg.: IKP Universität Stuttgart und PE Europe GmbH
Leinfelden-Echterdingen, 1992 – 2014
- [5] „Ökobilanzen (LCA)“.
Klöpper, W.; Grahl, B.
Wiley-VCH-Verlag, Weinheim, 2009
- [6] EN 15804:2012+A1:2013
Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Regeln für Produktkategorien.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [7] EN 15942:2011
Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Kommunikationsformate zwischen
Unternehmen
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [8] ISO 21930:2007-10
Hochbau – Nachhaltiges Bauen – Umweltproduktdeklarationen von Bauprodukten
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [9] EN ISO 14025:2011-10
Umweltkennzeichnungen und -deklarationen Typ III Umweltdeklarationen –
Grundsätze und Verfahren.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [10] EN ISO 16000-9:2006-08
Innenraumluftverunreinigungen – Teil 9: Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen
Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen – Emissionsprüfkammer-Verfahren.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [11] EN ISO 16000-11:2006-06
Innenraumluftverunreinigungen – Teil 11: Bestimmung der Emissionen von flüchtigen organischen
Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen – Probenahme, Lagerung der Proben
und Vorbereitung der Prüfstücke.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [12] 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 Gaschromatografie mit MS/FID.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [13] DIN EN ISO 14040:2009-11
Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [14] DIN EN ISO 14044:2006-10
Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen.
Beuth Verlag GmbH, Berlin

- [15] prEN 14351-2:2009-05
Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 2: Innentüren ohne Feuerschutz- und/oder Rauchdichtheitseigenschaften.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [16] prEN 16034:2010-01
Fenster, Türen und Tore – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Feuer- und/oder Rauchschutzeigenschaften.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [17] 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).
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [18] 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).
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [19] DIN EN 12457-3:2003-01
Charakterisierung von Abfällen – Auslaugung; Übereinstimmungsuntersuchung 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).
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [20] 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).
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [21] DIN EN 13501-1:2010-01
Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [22] DIN EN 14351-1:2010-08
Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [23] DIN 4102-1:1998-05
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [24] OENORM S 5200:2009-04-01
Radioaktivität in Baumaterialien.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [25] DIN/CEN TS 14405:2004-09
Charakterisierung von Abfällen – Auslaugungsverhalten – Perkolationsprüfung im Aufwärtsstrom (unter festgelegten Bedingungen).
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [26] VDI 2243:2002-07
Recyclingorientierte Produktentwicklung.
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [27] Richtlinie 2009/2/EG der Kommission
zur 31. Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und

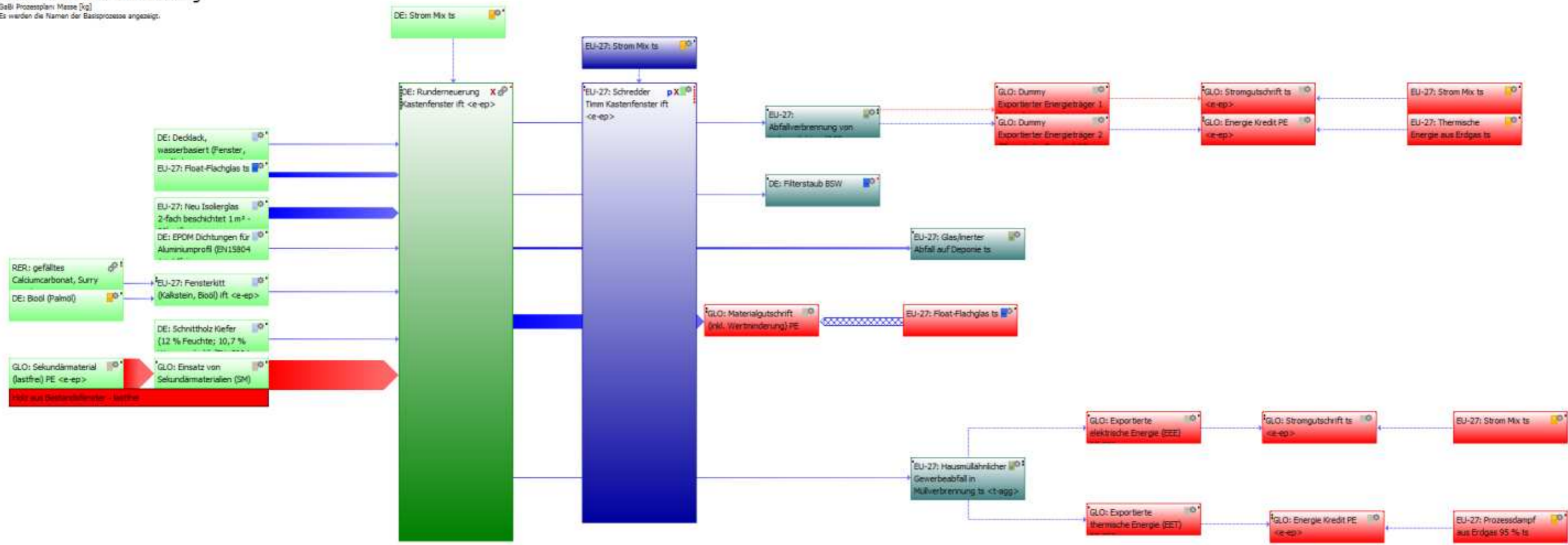
Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt
(15. Januar 2009)

- [28] ift-Richtlinie NA-01/3
Allgemeiner Leitfaden zur Erstellung von Typ III Umweltproduktdeklarationen.
ift Rosenheim, August 2014
- [29] Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG
Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit, 5. Februar 2009 (BGBl. I S. 160, 270)
- [30] Bundesimmissionsschutzgesetz – BImSchG
Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnlichen Vorgängen, 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830)
- [31] Chemikaliengesetz – ChemG
Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen
Unterteilt sich in Chemikaliengesetz und eine Reihe von Verordnungen; hier relevant: Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen, 2. Juli 2008 (BGBl. I S.1146)
- [32] Chemikalien-Verbotsverordnung – ChemVerbotsV
Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz, 21. Juli 2008 (BGBl. I S. 1328)
- [33] Gefahrstoffverordnung – GefStoffV
Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen, 23. Dezember 2004
(BGBl. I S. 3758)
- [34] Forschungsvorhaben „EPDs für transparente Bauelemente“.
ift Rosenheim, 2011

Anhang A: GaBi-Modell – Runderneuerung Holzkastenfenster

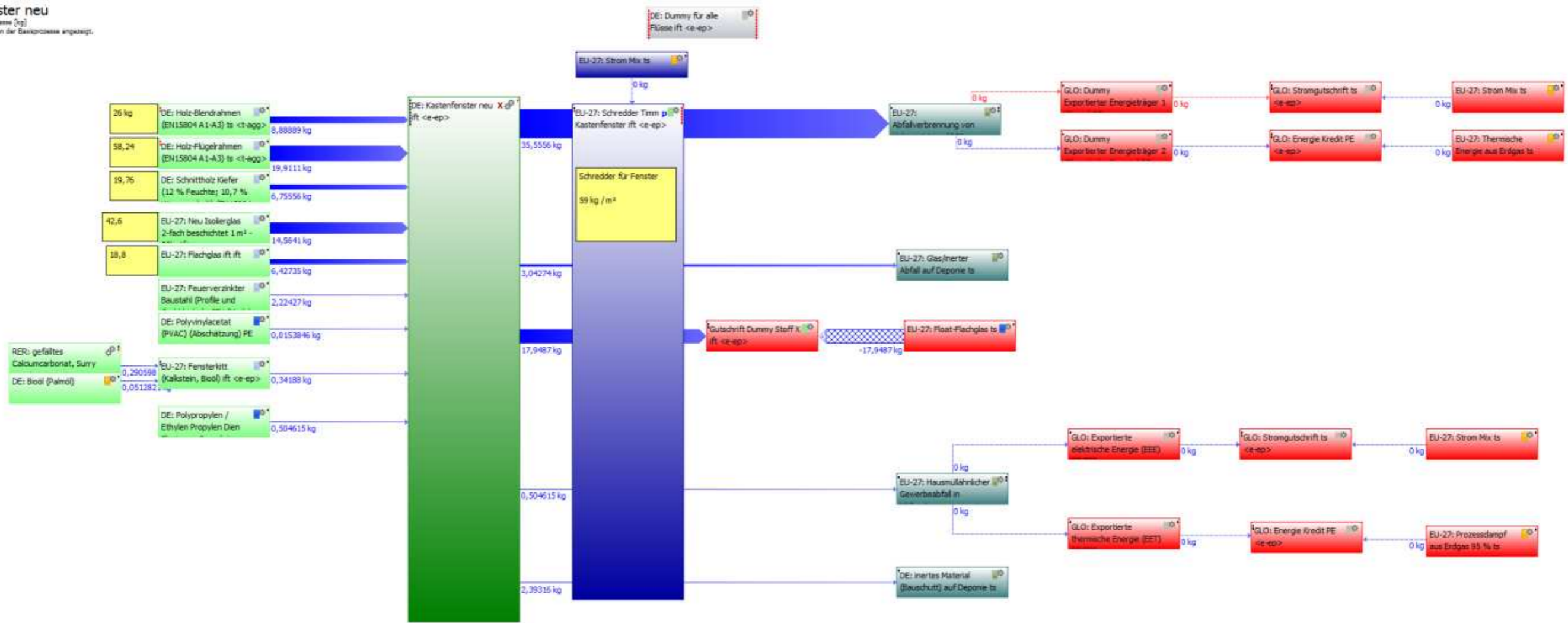
Kastenfenster-Runderneuerung

GaBi Prozessplan: Masse [kg]
Es werden die Namen der Basisprozesse angezeigt.



Anhang B: GaBi-Modell - Holzkastenfenster neu

Kastenfenster neu
 GaBi Prozessier: Masse [kg]
 Es werden die Namen der Basisprozesse angezeigt.



Anhang B: GaBi-Modell - Kunststofffenster neu

Kunststofffenster - Timm

GaBi Prozessplan: Masse [kg]
Es werden die Namen der Basisprozesse angezeigt.

