

Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden

im Rahmen des Verbundprojekts:
Ganzheitliche Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden

Verfasser: Martin Baitz, Johannes Kreißig
[Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde \(IKP\)](#)

Inhalt

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Motivation und Aufgabenstellung.....	1
3	Methode.....	2
4	Bilanzierungsobjekte	2
5	Ergebnisse der Berechnungen	4
5.1	Ergebnisse Fenster	4
5.2	Ergebnisse Fassade	6
6	Resümee	6

1 Einleitung

Der vorliegende Kurzbericht stellt eine Zusammenfassung einer seitens des IKP initiierten Studie dar, welche unter Beteiligung des Verbands der Fenster und Fassadenhersteller durchgeführt wurde. Das Projekt wurde vom verbandsinternen Arbeitskreis Ökologie begleitet, der sich aus Vertretern von Mitgliedsfirmen (Finstral, Gartner, Götz, Hartmann, Hueck, Menck, Schindler, Schneider, Schüco, Weru, Wicona, Zenker) zusammensetzt.

2 Motivation und Aufgabenstellung

Ziel war es, die mit Fenster und Fassaden in Zusammenhang stehenden Einwirkungen auf die Umwelt über den gesamten Lebenszyklus vom Rohstoffabbau bis zum Recycling der Fenster zu erfassen, um einen Ist-Stand gängiger Konstruktionen zu erhalten und Optimierungsmöglichkeiten zu identifizieren.

Dies erfolgte für vier Fenster-Rahmenmaterialien (Holz, Holz-Aluminium, Aluminium, PVC) und zwei Fassaden-Konstruktionen (Stahl-Aluminium, Aluminium). Da die Untersuchungen praxisnahe, repräsentative und gängige Verhältnisse von Konstruktionen und Verfahren der untersuchten Objekte abbilden sollen, wurde der Kontakt zu Firmen aufgebaut, so dass direkter Informationsfluss möglich war. Dies garantierte zudem die Aktualität der Daten (Bezugsjahr 1995).

Im Dialog mit den beteiligten Firmen wurden die Konstruktionen festgelegt, die für das jeweilige Rahmenmaterial firmenspezifisch charakteristisch sind. So wurden in jedem Betrieb Datensätze zu deren gängigsten Produkten erhoben. Es resultierten so mehrere umweltliche Datensätze pro Rahmenmaterial, die dann zu vier Durchschnittsfenstern der jeweiligen Rahmenart verrechnet wurden. Die betrachteten Rahmenmaterialien decken über 97% des deutschen Fenstermarktes

ab. Die umweltrelevanten Beeinflussungen vor der Produktion (z.B. Energiebereitstellung, Rohstoffgewinnung, Halbzeugherstellung) und danach (z.B. Nutzung, Recycling, Entsorgung) wurden auf die für die Branche typischen Verhältnisse abgestimmt und so das Gesamtsystem "Lebenszyklus" anhand der heutigen Situation simuliert. Um hypothetische Aussagen über die mögliche Entwicklung machen zu können, wurde ein Zukunftsszenario gerechnet. Die untersuchten Konstruktionen wurden in einzelne Baugruppen unterteilt, so dass die Anteile der Umweltrelevanz dieser Funktionsgruppen deutlich wird. Anhand der Ergebnisse der Studie können Aussagen über die umweltliche Relevanz der betrachteten Konstruktionen getroffen werden und so günstige und sinnvolle Punkte für Optimierungsansätze identifiziert werden.

3 Methode

Als Werkzeug zur Modellierung eines gesamten Lebenszyklus mit Berechnung und Darstellung der Wirkpotentiale wurde die Ganzheitliche Bilanzierung herangezogen, wobei auf den umweltlichen Teil (entspricht der Ökobilanz) fokussiert wurde. Die Vorgehensweise orientiert sich an den in DIN-ISO 14040 ff. beschriebenen Grundsätzen.

4 Bilanzierungsobjekte

Bei den betrachteten Fenster-Konstruktionen handelt es sich um einflügelige Fenster mit Dreh-/Kipp-Beschlag, Wärmeschutzverglasung ($k_F < 1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$) und den Rahmenmaterialien: Holz, Holz- Aluminium, Aluminium und PVC.

Für die Außenmaße wurden die Größe nach DIN 52210 festgelegt (1,23m - 1,48m), sowie dem jeweiligen Einsatzspektrum entsprechend zusätzlich eine Variante gerechnet (Holz- und PVC: 1,00m - 1,20m, Aluminium und Holz-Aluminium: 1,50m - 2,00m).

Die Betrachtungen der Holzfenster umfassen alle Schritte von der Holzernte bis zu "End-of-Life"-Verfahren (z.B. Recycling, Entsorgung...).

Der Lebenszyklus von Aluminiumfenstern wird vom Bauxitabbau, der von PVC-Fenstern vom Rohöl als Grundstoff der Polymerherstellung bis zum "End-of-Life"-Verfahren bilanziert. Als Isolierglasverbund wurde für alle Konstruktionen ein 4-16-4-Glasverbund mit Butylverklebung, Argonfüllung und Polysulfidabdichtung angesetzt.

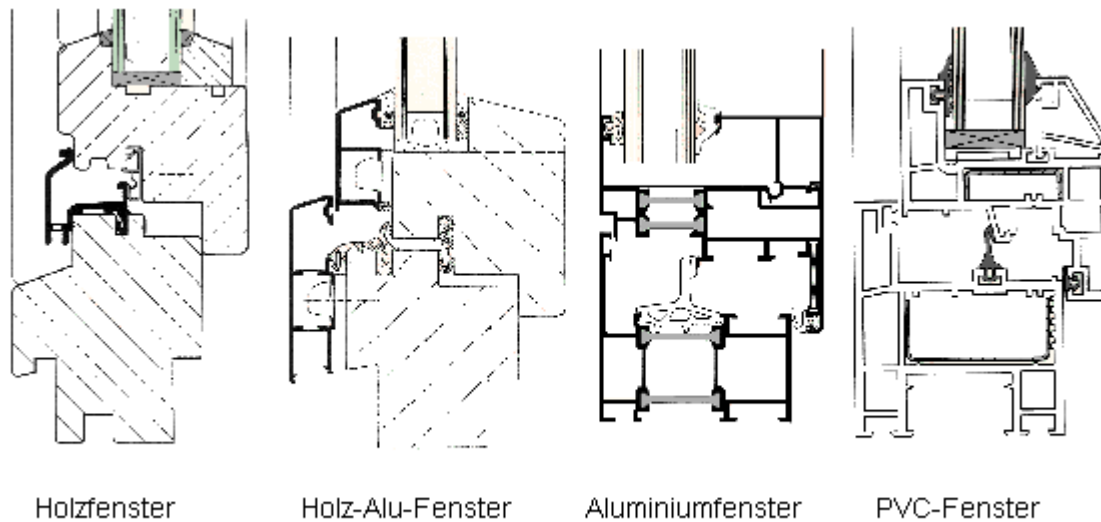


Bild 1: Beispielhafte Darstellung der untersuchten Konstruktionstypen

Bei den vier Konstruktionen, wie auch bei den Fassaden sind alle verwendeten Materialien bilanziert worden. Die Nutzungsphase der Fenster wurde exemplarisch gerechnet (Wärmeschutzverordnung und Berechnung der energetischen Potentiale der durch das Bauteil gelangenden Energieströme). Der Nutzungs- und Unterhaltszeitraum wurde mit 40 Jahren für alle Fenster gleich angesetzt.

Für den Teilbereich "Technische Fassade" wurden vorgehängte Stahl-Aluminium- und Aluminiumkonstruktionen verschiedener Hersteller in Pfosten-Riegel-Bauweise betrachtet. Für die Bilanzierung wurde eine ebene, wärmegeämmte Pfosten-Riegel-Konstruktion mit einer statischen Auslegung für eine Einbauhöhe von 20m bis 100m zugrunde gelegt. Das betrachtete Fassadenelement mit den Abmaßen 6,00m-3,60m beinhaltet:

- 4 Pfosten mit je 50 mm Breite
- 8 Riegel mit je 50 mm Breite
- 1 Dreh-Kipp-Fenster
- 7 Felder mit Festverglasung

Das Fenstereinsatzelement ist bei der Aluminium- Fassade in Aluminium ausgeführt. Bei Stahl-Aluminium-Fassaden kommen sowohl Stahl als auch Alu-Fenster zum Einsatz, so dass hier mit einem Durchschnitt eines Stahl- und eines Aluminiumfensters gerechnet wurde.

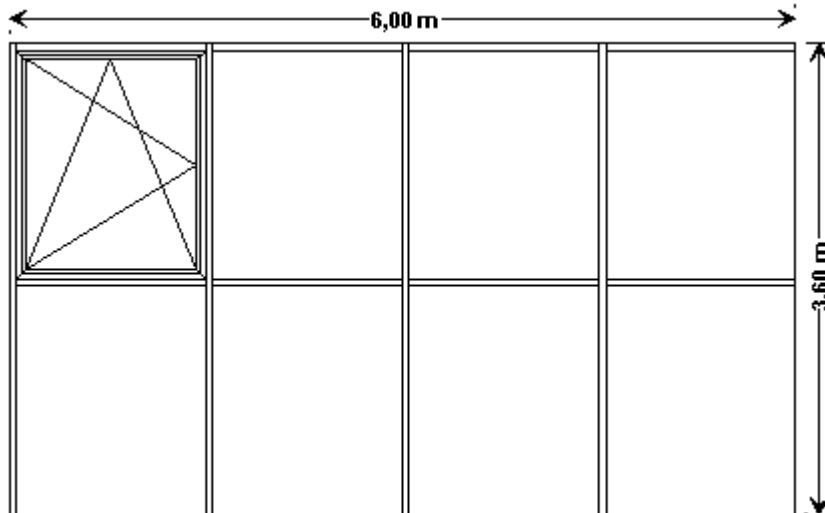


Bild2: Pfosten-Riegel Fassaden-Element

Als Oberflächenbehandlung kommt die Voranodisierung und Pulverbeschichtung zum Einsatz. Es wird bei allen Konstruktionen ein Isolierglasverbund verwendet. Aufgrund der Feldgröße von 1,80m-1,50m und der Einbausituation werden zwei Floatglasscheiben von 6mm mit 14mm Zwischenraum benötigt.

5 Ergebnisse der Berechnungen

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt auf Wirkbilanzebene, d.h. den umweltrelevanten Massen- und Energieströme sind potentielle Umweltwirkungen zugeordnet. Die Beiträge zu den Wirkkategorien sind nach Konstruktionen und deren Bauteil-Komponenten unterteilt, um detailliertere Aussagen ableiten zu können. Für die Fenster wurde zusätzlich ein Zukunftsszenario gerechnet. Dieses geht von einer unveränderten Konstruktion aus, die umweltlich insofern optimiert ist, dass das beste heute praktizierte Herstellungsverfahren der Materialien, Bauteile sowie der Energiebereitstellung verrechnet und die Recyclingquoten bis auf heute technisch mögliche Maße ausgeschöpft werden. Somit werden die Optimierungsmöglichkeiten (nur) für die gegebene Konstruktion aufgezeigt, d.h. bei zusätzlicher Konstruktionsoptimierung ergibt sich eine Überlagerung der Effekte.

5.1 Ergebnisse Fenster

Bei den Fenstern fällt allgemein der bei allen Konstruktionen recht hohe Anteil der Isolierverglasung an den Wirkkategorien auf, was auch mit dessen großem Massenanteil an der Konstruktion zusammenhängt. Das Recycling von Metallen und PVC trägt (entsprechend der Quoten) zu einer Verringerung der Beiträge durch stoffliches Recycling bei. Bei Holzeinsatz nach Nutzung beschränkt sich die Verringerung auf den Primärenergieeinsatz, da das Holz in dieser Studie nicht stofflich sondern thermisch verwertet wird.

Ausschnitte aus den im Bericht ausführlicher diskutierten Ergebnissen der heutigen Situation sind für die jeweiligen Fenster schlagwortartig dargestellt.

- Holz-Fenster: Nachwachsender Rohstoff Holz bedingt geringstes Treibhauspotential, wenig Verbrauch nicht erneuerbarer Energieträger, geringe Abfallmenge, überdurchschnittliches Photooxidantienpotential und Ökotoxizitätspotential (Oberflächenbehandlung)

- Aluminium-Fenster: Gut rezyklierbares Rahmenmaterial hoher Steifigkeit, geringes Ökotoxizitätspotential und Sondermüllaufkommen (Voranodisierung/Pulverlack), hoher Primärenergieverbrauch, wenn kein Recyclingmaterial eingesetzt wird, überdurchschnittliches Abfall- und Abraumaufkommen (Primäraluminiumgewinnung)
- Holz-Aluminium-Fenster: Ein Teil des Holzschutzes entfällt durch die Werkstoffkombination Holz-Aluminium => kein Streichen während der Nutzungsphase, nachwachsender Rohstoff Holz stellt den Großteil der Masse, getrenntes Recycling möglich, aufwendige Konstruktion bietet Optimierungsmöglichkeiten, Photooxidantienpotential und Ökotoxizitätspotential sind durch Oberflächenbehandlung des Holzes relativ hoch.
- PVC-Fenster: Geringes Potential von Photooxidantienbildung und Versauerung, Einsatz von PVC-Recyclat ist nur begrenzt möglich (optische Anforderungen), überdurchschnittliches ökotoxizitätspotential (PVC-Profil).

Auch die Größe der Fenster spiegelt sich in Veränderungen der ökologischen Potentiale wieder.

Die kleineren Fenster zeigen pro m² Fensterfläche höhere Wirkpotentiale als die größeren Fenster. Dies bedeutet explizit, daß der Rahmen spezifisch wirkungsrelevanter ist als der Glasverbund. Aus ökologischer Sicht ist so die Verwendung größerer Fenster bei gleicher Fensterkonstruktion und gleichbleibender Gesamtfensterfläche des Gebäudes vorteilhaft.

Die Frage der Fenstergröße stellt ein gestalterisches Element dar, welches bei einer Entscheidung auch berücksichtigt werden muss.

In Bezug auf die Nutzungsphase ist der Bauteilnachweis nach der Wärmeschutzverordnung für ein spezielles Fenster erbracht worden, indem die prozentualen Verteilungen der Fensterflächen zu den jeweiligen Himmelsrichtungen errechnet wurden, bei denen der in der Verordnung für kleine Wohngebäude geforderte Wert erfüllt oder überfüllt wurde. Innerhalb dieser prozentualen Verteilungen kann beliebig variiert werden, so dass ein großer Planungsfreiraum verbleibt.

Über die Wärmeschutzverordnung hinaus wurden die energetischen Potentiale bei Veränderung verschiedenster Parameter (Fensterfläche, Rahmenanteil k-Wert, Orientierung) errechnet und deren Auswirkungen auf die durch das Bauteil beeinflussten Energieströme dargestellt. Der Bezug zum Gesamtsystem "Haus" und die Auswirkung auf die umweltlichen Potentiale der Nutzungsphase sind durch verschiedene Heizenergiesysteme aufgezeigt.

Auch Nutzereinflüsse werden diskutiert (u.a. Einfluss von k-Wert und gewählter Raumtemperatur auf das Ergebnis).

Des Weiteren wurden die Wirkkategorien der drei Lebensphasen Herstellung-Nutzung-Recycling gegenübergestellt, was in Bild 3 exemplarisch am Primärenergieverbrauch nicht erneuerbarer Ressourcen bezüglich eines Nord- und eines Südfensters verdeutlicht wird. Der potentielle Primärenergieverbrauch wird nahezu vollständig von den Transmissionswärmeverlusten im negativen und den solaren Gewinnen im positiven dominiert. Die Nutzungszeit von 40 Jahren summiert den Energieverbrauch auf. Die Aufwendungen zur Herstellung der Fenster spielen daher in diesem Zusammenhang eine untergeordnete Rolle. Die Bedeutung der solaren Gewinne wird deutlich.

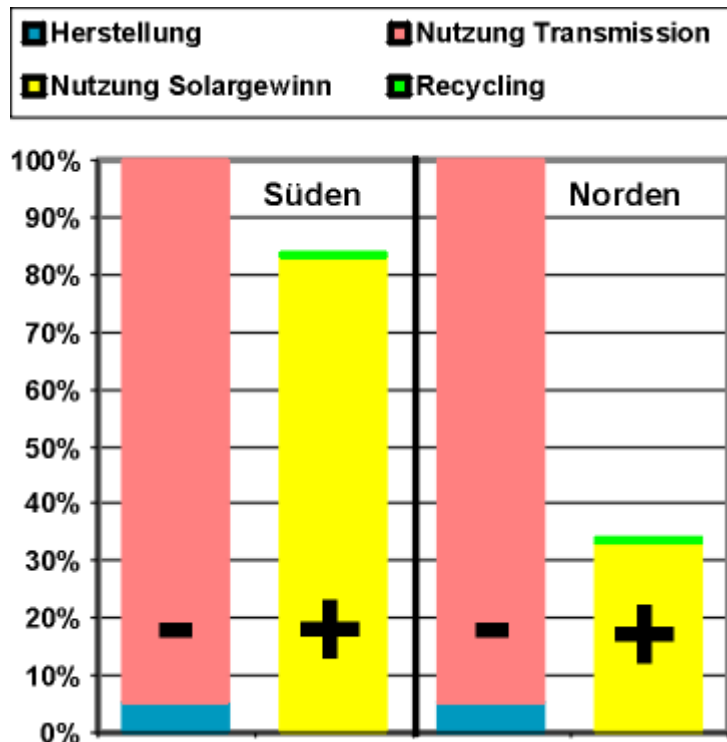


Bild 3: Primärenergiebedarf am Süd- und Nordfenster durch Herstellung und Transmissionswärmeverluste (-) und potentielle Verringerung durch solare Gewinne und Recycling (+)

5.2 Ergebnisse Fassade

Die Ergebnisse der Fassaden sind jeweils für alle Wirkkategorien und beide Konstruktionen (Stahl-Aluminium und Aluminium) in die jeweiligen Bauteil-Komponenten unterteilt. Beide Fassaden-Konstruktionen weisen innerhalb eines relativ engen Intervalls ein vergleichbares ökologisches Profil auf. Dies liegt u.a. an der massenmäßigen Dominanz der Festverglasung, die für beide Fassaden äquivalent angesetzt wurde.

6 Resümee

Die Beiträge zu den Wirkpotentialen machen deutlich, dass bei integraler Betrachtung keine Konstruktion (Fenster und Fassade) durch Vor- oder Nachteile signifikant hervortritt. Die Einflüsse von Fenstergröße und Einbausituation zeigen zudem, dass die Wahl des Rahmenmaterials nur einen relativ geringen Einfluss auf die Gesamtbilanz inkl. Nutzungsphase hat. Deshalb sind Materialverbote nach Auffassung der Verfasser nicht geeignet, ökologische Verbesserungen im Fenster- und Fassadenbereich zu erreichen.

Die beste Voraussetzung dafür, dass auch in Zukunft durch Innovationen die ökologischen Belastungen durch Herstellung, Nutzung und Recycling von Fenstern verringert werden, ist die Analyse und Verbesserung der einzelnen Schwachstellen der Konstruktionen.

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass alle untersuchten Konstruktionen für die Zukunft noch Verbesserungspotentiale besitzen, welche mit Sicherheit umsetzbar sein werden.

Die Ergebnisse der Studie folgen in hohem Maße aus dem Zusammenhang von Zieldefinition und Systemmodellierung. Das Herauslesen von Teilergebnissen aus dem Zusammenhang birgt die Gefahr, dass durch eine nicht vollständige Darstellung falsche Schlüsse aus dieser Information gezogen werden.