

# Weißbuch

DER GEMEINSCHAFTSMARKE ALU-FENSTER

---

EINE ENTSCHEIDUNGSHILFE FÜR PLANER,  
ARCHITEKTEN UND BAUHERREN.



Aluminium-Fenster-Institut

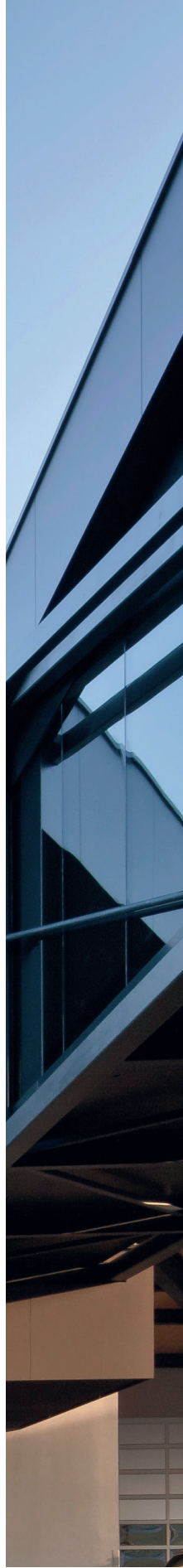
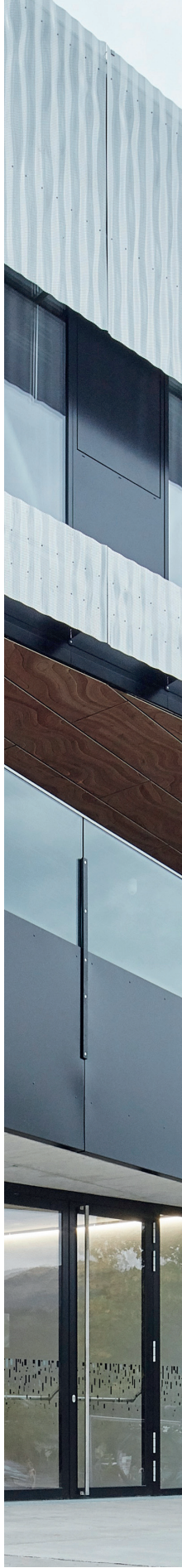
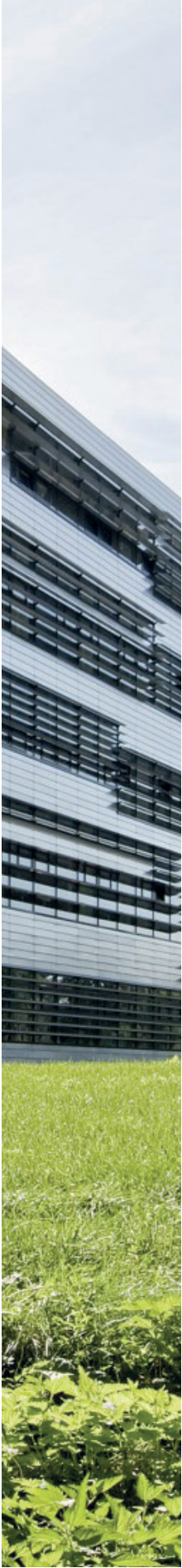


# Weißbuch

DER GEMEINSCHAFTSMARKE ALU-FENSTER

---

EINE ENTSCHEIDUNGSHILFE FÜR PLANER,  
ARCHITEKTEN UND BAUHERREN.



© Fotos von links nach rechts: Rupert Steiner, Hertha Hurnaus, Lukas Schaller, David Schreyer, Hueck Aluminium GmbH

1	Vorwort	5
2	Expertensicht	7
3	Branchensicht	8
4	Argumentarium	9
4.1	Funktion & Design	10
4.2	Wirtschaftlichkeit	12
4.3	Technologie	14
4.4	Ökologie	16
5	FAQ	19
6	Literatur & Impressum	20

---

## **STUDIENTEIL**

---

### **RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK**

#### **Fensterwerkstoffe im Vergleich: Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau**

Eine Potenzialanalyse aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht

#### **Positionspapier ALU-FENSTER**

Betrachtungen am Beispiel des kommunalen Wohnbaus

## **HERAUSGEBER**

### **AFI . Aluminium-Fenster-Institut**

#### **Verein zur Hebung der Information über Aluminiumfenster und -fassaden**

Wir als Aluminium-Fenster-Institut (AFI) haben zum Ziel, Architekten und Bauherren größte Sicherheit bei Aluminiumkonstruktionen zu geben. Als Eigentümer der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER vergeben wir die Berechtigung zur Nutzung der Marke in Form einer Lizenz an führende österreichische Aluminium-Profilsystem-Anbieter. Deren High-Tech-Profilsysteme werden von ebenfalls lizenzierten und zu höchsten Qualitätsstandards verpflichteten ALU-FENSTER-Fachbetrieben weiterverarbeitet und montiert. Die Oberflächenveredelung der Systemkomponenten obliegt ausgewählten Partnerbetrieben. Durch dieses Zusammenspiel entsteht ein verbindlicher Ablauf aus Kompetenz und Zuverlässigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette.



Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER  
für Architekten- und BauherrenSicherheit



Sehr geehrte Leserin!  
Sehr geehrter Leser!

Das Weißbuch der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER ist durch technische, wirtschaftliche und ökologische Studien über den Einsatz von Aluminium für hochwertige Fenster, Türen, Portale, Glasanbauten und Fassaden breit fundiert. Allen voran: die Untersuchungen des Instituts für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement der Technischen Universität Wien in Zusammenarbeit mit der MA 39, Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien, die dem „Positionspapier ALU-FENSTER“ zugrunde liegen, sowie die Potenzialanalyse „Fensterwerkstoffe im Vergleich: Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau“, die von bauXund und M.O.O.CON durchgeführt wurde. Sie bestätigen, dass Fenster- und Profilsysteme aus Aluminium im Vergleich zu anderen Materialien dank ihrer ausgeprägten Haltbarkeit über den gesamten Lebenszyklus weniger Kosten verursachen und die Umwelt in geringerem Ausmaß als andere Fensterwerkstoffe belasten. Zudem ist Aluminium geradezu DER Recyclingwerkstoff.

Wir wünschen Ihnen viele neue Erkenntnisse und erfolgreiche Projekte mit der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER.



Dipl.-Ing. Thomas Sattler  
AFI-Obmann



Mag. Harald Greger  
AFI-Geschäftsführer



© Andreas Buchberger



© Aluminium-Fenster-Institut



© pieremet



© Hertha Humaus



© Matthias Raiger



## 2 Expertensicht



**Dr. Barbara Feller**, Geschäftsführerin Architekturstiftung Österreich

*In Zeiten des Klimawandels ist es mehr denn je erforderlich, alle Baumaterialien einer intensiven Analyse zu unterziehen. Dabei ist es entscheidend über den Zeitpunkt der Errichtung hinaus zu blicken und eine Lebenszyklusbetrachtung – sowohl im Hinblick auf die Kosten als auch die Umweltbelastungen – zu erstellen. Dabei schneiden Aluminiumfenster überraschend gut ab und bieten mit ihren Materialeigenschaften zudem die Möglichkeit für schlanke und elegante Konstruktionen.*



**KommR Mag. Michael Gehbauer**, Geschäftsführer WBV-GPA  
Wohnbauvereinigung für Privatangestellte

*Alufenster bestechen durch ihre Eleganz und Langlebigkeit. Viele architektonische Entwürfe wären ohne Alufensterkonstruktionen nicht realisierbar. Ich denke z.B. an die Loggien unseres Wohnturmes in Wien 10., Kundratstraße 6, für die es diese ideale technische Lösung gab. Gerade die Leichtigkeit und Standfestigkeit des Materials führen zu einem Mehrwert wie bei keinem anderen Baustoff und das in hochwertigem Design.*



**Gerda Maria Gerner**, Founder CFO  
GERNER GERNER PLUS. architekten gerner und partner zt gmbh

*Für GERNER GERNER PLUS. sind Materialien wie Aluminium fantastisch. Besonders die Langlebigkeit sehen wir als eines der wesentlichen Kriterien, die Recyclebarkeit ist wichtiger denn je. Der Variantenreichtum der Farb- und Formgebung und die ästhetischen Kombinationsmöglichkeiten mit Holz und Glas sind ausschlaggebend für unsere Planungen.*



**Dipl.-Ing. Dr. Ida Pirstinger**, Vorstandsvorsitzende IG Architektur

*An Aluminium schätze ich die vielseitigen, individuellen Gestaltungs- und Anwendungsmöglichkeiten, seine Stabilität und Langlebigkeit und die technische Zuverlässigkeit. Durch die Steigerung der Recyclingraten sieht auch die Ökobilanz immer besser aus – in Zeiten des Klimawandels ein unverzichtbarer Faktor.*



**Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Schranz**, M.Sc., TU Wien  
Leiter Zentrum Digitaler Bauprozess & EDV-Labor Bauingenieurwesen

*Das Weißbuch der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER zeigt in kompakter, übersichtlicher Form die Vorteile von Alufenstern auf. Die Haltbarkeit und die äußerste Langlebigkeit von Alufenstern führen zu wirtschaftlichen Vorteilen. Zusätzlich glänzen sie durch Wartungsarmut. Studien zeigen, dass auch bei geringster Wartung mit einer langen Lebensdauer gerechnet werden darf. Alufenster sind somit eine gute Investition am Beginn eines langen Gebäudelebenszyklus.*



## ALUKÖNIGSTAHL

**Philip König**, MBA, CEO ALUKÖNIGSTAHL GmbH

*ALUKÖNIGSTAHL ist als Gründungsmitglied im AFI engagiert, um die Interessen seiner Kunden und Partner aus dem Metallbau und der Architektur in diesem Netzwerk zu vertreten. Mit unserem Partner Schüco, Weltmarktführer für innovative Fenster-, Türen- und Fassadensysteme aus Aluminium ist ALUKÖNIGSTAHL jederzeit in der Lage, einfache sowie komplexe Aufträge effizient und zufriedenstellend für den Bauherren durchzuführen. Parallel dazu testen wir gemeinsam mit Schüco stets neue Produkte und Dienstleistungen rund um die Gebäudehülle und berücksichtigen dabei aktuelle Markttrends und Normen, um auch in Zukunft Technologie- und Serviceführer der Branche zu bleiben. Mit diesem Weißbuch möchten wir Planer, Architekten und Bauherren über die speziellen Werkstoffeigenschaften von Aluminium informieren und anhand von technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Nachweisen bei der Entscheidungshilfe unterstützen.*



## ALUMINIUM SYSTEMS @ HUECK

GERMAN ENGINEERING SINCE 1814

**Wolfgang Thür**, Geschäftsführer HUECK ALUMINIUM GmbH

*Die Firma HUECK ALUMINIUM ist im Aluminium-Fenster-Institut seit dessen Gründung aktiv. Ich freue mich als HUECK-Geschäftsführer über die Publikation des Weißbuches der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER. In gemeinsamer Projektarbeit ist diese Entscheidungshilfe für Bauherren, Architekten und Planer auf Basis wissenschaftlich erhobener Zahlen, Daten und Fakten entstanden. Es zeigt die Vielfalt des Werkstoffs Aluminium im Hochbau und die technischen, ökologischen und ökonomischen Eigenschaften von Aluminiumkonstruktionen. Entsprechend der HUECK-Strategie der gelebten Partnerschaft ist es ein konkretes Beispiel wie Wissensvorsprung wirkt – für unsere Bauherren sowie Partner in der Planung und im Metallbau.*



## Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden

**AMFT**

**Anton Resch**, Geschäftsführer AMFT

*Wir leben in einer Zeit der Veränderung. Ökologische Aspekte und die nachhaltige Verwendung von Ressourcen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Cradle to Cradle, also das Prinzip von der Wiege zur Wiege und Kreislaufwirtschaft sind neue Wege für nachhaltige Produkte und Aluminium als Fensterrahmenwerkstoff punktet mit diesen korrekten ökologischen Ansätzen immer mehr. Die hervorragenden Eigenschaften von Aluminiumfenstern, mit ihren vielfältigen Möglichkeiten und Oberflächenveredelungen, werden im vorliegenden Weißbuch von verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und die wesentlichen Informationen daraus kompakt und aktuell zusammengefasst.*



**Die Anforderungen** an die Funktionalität, an die Lebenszykluskosten und nicht zuletzt an den ökologischen Fußabdruck von Fenstern, Türen und Fassaden nehmen laufend zu. Dabei spielt das eingesetzte Material und seine fachgerechte Verarbeitung – vom Rohstoff bis zur Wiederverwertung – eine Schlüsselrolle. Hochwertige Aluminium-Profilsysteme nützen die speziellen Werkstoffeigenschaften für Anwendungen, die höchste Sicherheit für viele Jahrzehnte bieten. Ein Anspruch, hinter dem ein breites Spektrum gestalterischer, technologischer, ökonomischer und ökologischer Argumente mit Mehrwert für alle Baubeteiligten steht.

**Im Argumentarium dieses Weißbuches** finden Sie auf den Punkt gebrachte Erkenntnisse wissenschaftlicher Arbeiten zu Fensterwerkstoffen. Um nachvollziehbare Vergleichbarkeit sicherzustellen, werden die in allen vorliegenden Untersuchungen behandelten Basiswerkstoffe Aluminium, Holz und Kunststoff – also der kleinste gemeinsame Nenner – dargestellt. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass keine vollständige Durchgängigkeit in den Fensteranalysen und -berechnungen hinsichtlich aller möglichen Werkstoffkombinationen gegeben ist. Die beiden umfangreichen Studien „Positionspapier ALU-FENSTER“ und „Fensterwerkstoffe im Vergleich“ sind zur Gänze im Weißbuch enthalten.

## **SICHERHEIT für Architekten und Bauherren**

- lizenzierte Partnerunternehmen
- bedarfsgerechte Stufenprogramme für mehr Sicherheit bei
  - Wärme- und Schallschutz
  - Brand- und Einbruchsschutz
  - Durchschusshemmung
- Qualitätskontrollen aller einzelnen Komponenten
- RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK
- Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER

## 4.1 FUNKTION & DESIGN

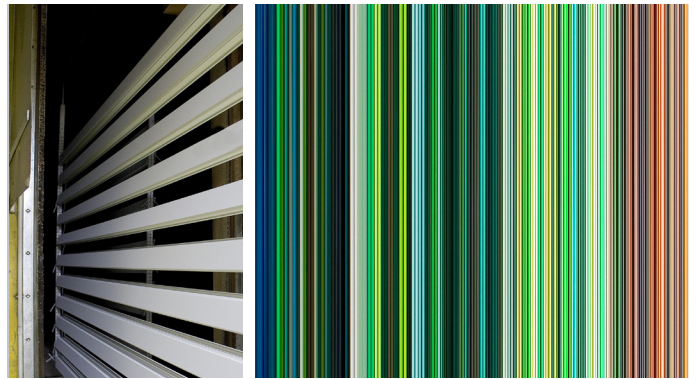
**Aluminium-Profilssysteme** werden seit vielen Jahrzehnten sowohl beim Neubau als auch bei der Sanierung für Fenster, Türen, Portale, Glasanbauten und Fassaden eingesetzt. Sie sind technisch ausgereift, in nahezu allen Größen, Ausführungen und veredelten Oberflächen erhältlich. Von anderen Rahmenwerkstoffen unterscheiden sie sich durch die besonderen Eigenschaften von Aluminium. Das Leichtmetall zeichnet sich durch natürliche Eigenstabilität, Formbarkeit und Langlebigkeit aus, verwindet sich nicht und weist eine hervorragende Tragfähigkeit und Druckfestigkeit auf. Sein geringes Eigengewicht bietet zudem konstruktive Vorteile für leichtgängige Öffnungs- und Schließfunktionen. Eigenschaften, die die Umsetzung individueller Designs erleichtern, hochwertige Lösungen für alle bautechnischen Anforderungen ermöglichen und Spielraum für Kreativität und stilgerechte Erneuerung schaffen. Nachhaltige Gebäudekonzepte bis hin zu Niedrigenergie- und Passivhäusern werden bedarfsgerecht umgesetzt.



Passivhaus ALU MINI UM in Rekawinkel, ATOS Architekten © Vera Vsetecka

**Die Oberfläche von Aluminiumbauteilen** weist von Natur aus kaum Haftungspunkte für Staub und Schmutz auf. Aluminium eignet sich daher besonders gut für die Oberflächenveredelung durch Pulverbeschichten und Eloxieren.

**Bei der Pulverbeschichtung** wird ein spezielles, pigmentiertes Beschichtungspulver mittels elektrostatischer Sprüheinrichtung auf die je nach Korrosionsschutzanforderung vorbehandelten Aluminiumbauteile aufgetragen. In einem nachfolgenden Einbrennprozess bei Temperaturen von 180 bis 210 °C wird es geschmolzen und chemisch vernetzt.

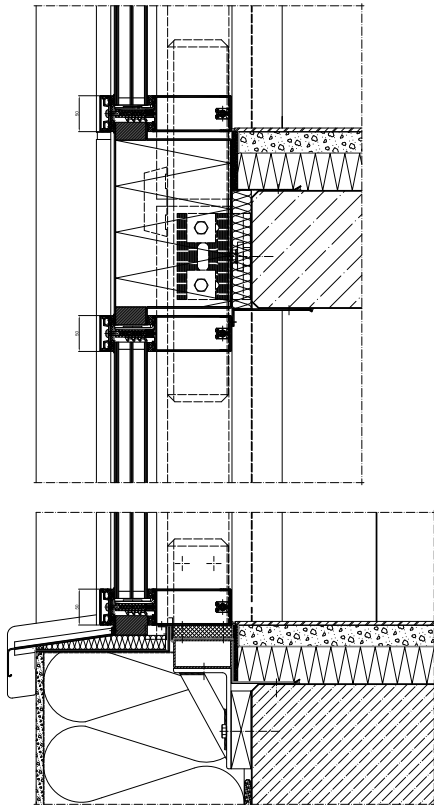


Hochwertige Oberflächenveredelung mit breitem Farbspektrum © Aluminium-Fenster-Institut

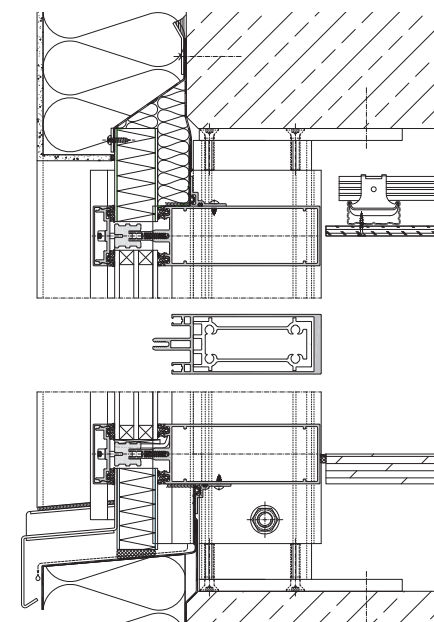
Zur Wahl stehen standardisierte RAL- oder NCS-Farbsysteme in verschiedenen Glanzgraden und mit einer Vielzahl von Oberflächen. Selbst Oberflächenstrukturen und Metallic-, Eisenglimmer-, Hammerschlag- oder Kipp-Effekte bis hin zu Holzdekoren sind realisierbar. Hochwetterfeste (HWF) Beschichtungspulver stehen für noch bessere Werterhaltung sowie für verlängerte Garanzzeiten bei der Farbtonstabilität und der Restglanzhaltung.

**Eloxieren** ist ein elektrolytisches Verfahren, durch das die Aluminiumoberfläche in ein Oxid umgewandelt wird, welches das darunter liegende Metall vor Korrosion schützt. Die so erzeugte Oxidschicht ist um mehr als das Hundertfache stärker als die natürliche und sorgt für dauerhafte Widerstandsfähigkeit gegenüber Witterungseinflüssen und chemischen Belastungen. Als Vorbehandlung können mechanische und chemische Verfahren angewandt werden, um bestimmte Oberflächenstrukturen zu erzeugen. Diese sind nach dem Eloxieren und dem optionalen Einfärben sichtbar und unterstreichen den metallischen Charakter. Somit wird die dekorative Oberfläche konserviert und braucht lediglich eine jährliche, schonende Reinigung, um die Schutzwirkung und Optik über lange Zeit zu erhalten.

**Die Umsetzung individueller Konstruktionen und Designs** wird somit durch die nahezu unbegrenzte Gestaltungsvielfalt von Aluminiumbauteilen in Farbe, Form und Größe erleichtert.



Vertikalschnitt Fassadensystem Schüco FWS 50.SI © Alukönigstahl GmbH



Vertikalschnitt Fassadensystem Hueck Trigon FS © Hueck Aluminium GmbH

## OBERFLÄCHE . Qualitätsmerkmale

### Pulverbeschichtung

- genormte Oberfläche nach ÖNORM EN 12206-1
- geeignete Vorbehandlungen für die unterschiedlichen Korrosionsklassen möglich
- gesicherte Qualität durch die Gütezeichen von der GSB-International, der QUALICOAT bzw. des OFI - Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik
- verschiedenste Farben wie RAL und NCS, von matt bis glänzend, sowie Oberflächenstrukturen und Effekte

### Eloxieren (anodische Oxidation)

- genormte Oberfläche nach ÖNORM C 2531
- entspricht generell höchsten Korrosionsschutzanforderungen
- gesicherte Qualität durch QUALANOD-Gütezeichen
- unterschiedliche Strukturvorbehandlungen, die nach dem Anodisieren sichtbar erhalten bleiben, sind möglich
- Einfärben der Eloxalschicht

## FACTBOX

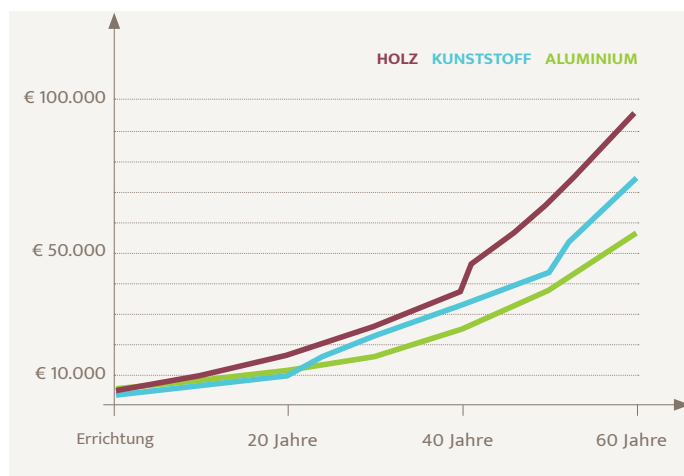
### FUNKTION & DESIGN form follows function



- technisch ausgereift
- natürliche Eigenstabilität
- gute Formbarkeit
- hervorragende Tragfähigkeit und Druckfestigkeit
- leichtgängige Öffnungs- und Schließfunktionen
- nahezu alle Größen, Farben und Ausführungen
- Spielraum für alle bautechnischen Anforderungen

## 4.2 WIRTSCHAFTLICHKEIT

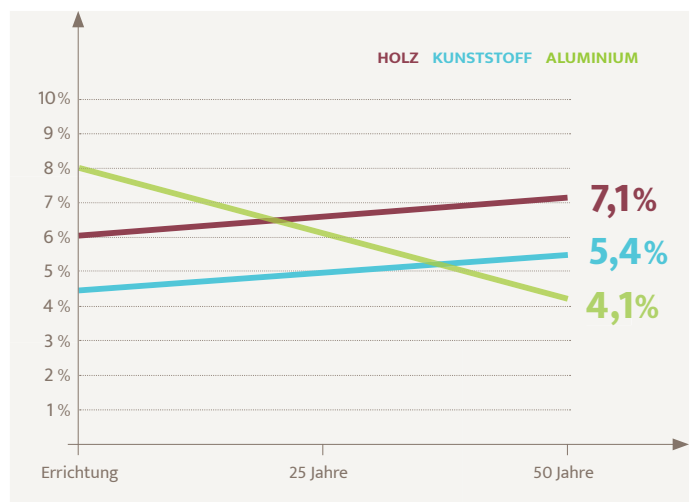
Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit alternativer baulicher Investitionen setzt sich mehr und mehr der Vergleich der prognostizierten Lebenszykluskosten durch.<sup>1</sup> Dabei werden die jeweiligen Gebäudekosten von der Planung und Errichtung über die jahrzehntelange Nutzungsphase bis zum Rückbau und zur Entsorgung als Zeitreihe erfasst und anschließend durch Abzinsung auf den Barwert untereinander vergleichbar dargestellt. Der alleinige Fokus auf die Anfangsinvestitionen gibt keinen Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit von Werkstoffalternativen. Erst die Mitberücksichtigung der technisch möglichen Lebensdauer, der erwarteten Reparatur- und Wartungskosten und schließlich der Aufwände für Demontage, Entsorgung oder Recycling bringt die wirtschaftlichste Lösung ans Tageslicht - oft ist sie daher auch gleichzeitig die umweltfreundlichste.



Fensterkosten nach Werkstoffen über 60 Jahre, Quelle: Positionspapier ALU-FENSTER, siehe Studienteil

Die **technische Lebensdauer** von Aluminiumfenstern wird in einschlägigen Studien, je nach Einsatzgebiet und Nutzungsintensität, mit 40 bis 60 Jahren angegeben.<sup>2</sup> Sie entspricht damit der in Österreich steuerrechtlich normierten Nutzungsdauer sowohl für Betriebsgebäude (40 Jahre), als auch für Gebäude, die zu Wohnzwecken vermietet werden (66,6 Jahre). Die Haltbarkeit anderer Fenstertypen aus Kunststoff, Holz, Holz-Alu oder Kunststoff-Alu liegt – teils deutlich – darunter.

Über den gesamten Nutzungszeitraum betrachtet bedeutet das für den Bauherren, dass die vergleichsweise höheren Anfangsinvestitionen in Aluminiumfenster nur einmalig anfallen, während alle anderen Fenstertypen im Zeitablauf der Gebäudenutzung mindestens einmal aus technischen Gründen auszutauschen sind und die Investitionen vervielfachen.<sup>3</sup>



Prozentualer Anteil der Fenster an den Lebenszykluskosten eines Gebäudes, Quelle: Fensterwerkstoffe im Vergleich, siehe Studienteil

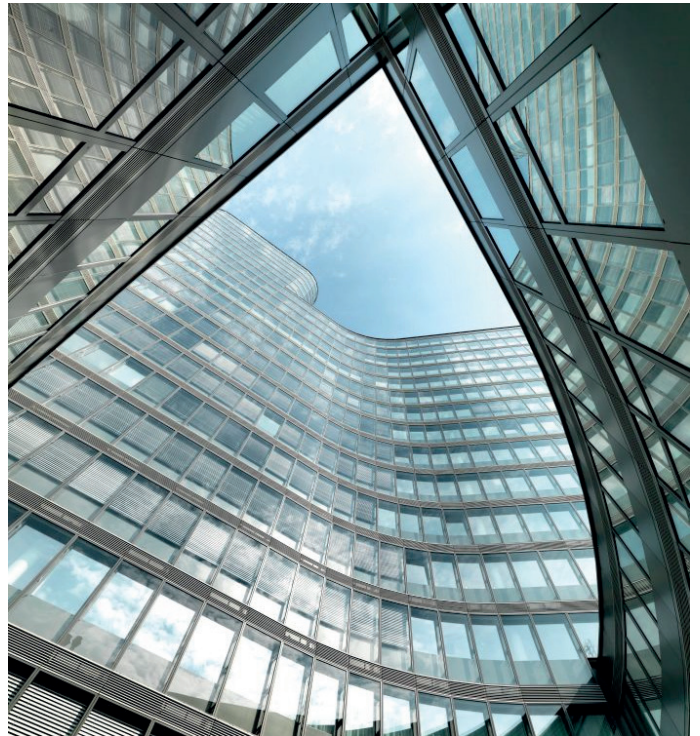
**Während der Nutzungsdauer** können Aluminiumfenster im Vergleich zu anderen Fenstertypen mit erheblich niedrigeren Wartungskosten punkten. Sie brauchen dank des robusten Werkstoffs und der Oberflächenveredelung kaum Wartung. Weder Instandhaltungsarbeiten an den Profilen noch Neuanstriche sind erforderlich. Zur Erhaltung der Schutzwirkung und der Optik reicht die jährliche Reinigung mit einem weichen Lappen und warmem Wasser mit Zusatz eines nichtalkalischen Haushaltsreinigers. Werden die beweglichen Teile regelmäßig gewartet, gepflegt und geölt, bleibt die Funktionsfähigkeit von Aluminiumkonstruktionen über viele Jahrzehnte erhalten.

# 4 Argumentarium

Die **hohe Werthaltigkeit** von Aluminiumfenstern ist Folge ihres hohen Sach- und Nutzwertes und ein mitbestimmender Faktor für die Werterhaltung eines Gebäudes, der bei der Generalsanierung und beim Verkauf einer Immobilie zu Buche schlägt. Außerdem werden Aluminiumprofile bei Abbruch, Generalsanierung oder reinem Fenstertausch dem Recycling zugeführt.



Bundesschule Aspern in der Seestadt Wien, fasch&fuchs.architekten © Hertha Hurnaus



ÖBB-Zentrale Wien, Zechner & Zechner © Image Industry

Die **Lebenszykluskosten** von Aluminiumfenstern erweisen sich, gemessen am Barwert der Zahlungsströme, gegenüber allen anderen Fenstertypen als die langfristig günstigsten. Je länger der Betrachtungszeitraum, desto größer ist der Kostenvorteil.<sup>4</sup>

## FACTBOX

### WIRTSCHAFTLICHKEIT kurz und bündig



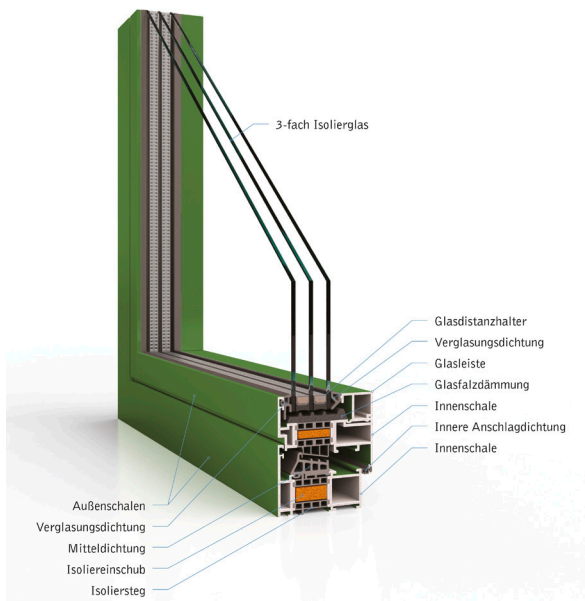
- längste Lebensdauer
- minimale Wartung
- stabiler Wert
- günstigere Lebenszykluskosten



Hotel Kahlenberg Wien, SBC Bauconsulting © Thomas Schauer

### 4.3 TECHNOLOGIE

Das **technologische Kernstück** von Aluminiumfenstern und -türen sind speziell konstruierte Hohlkammerprofile aus Aluminium, die im Strangpressverfahren hergestellt werden. Gemeinsam mit Verbindungs- und Dämmelementen, Beschlägen und Funktionszubehör, sowie Verglasungen für unterschiedliche Bedarfssituationen bilden sie die Aluminium-Profilsysteme. Diese Systeme erfüllen alle bautechnischen Anforderungen vom Fensterrahmen bis zum perfekten Wandanschluss. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass ihre Anwendungen selbst bei hohen Glasgewichten und Windbelastungen stabil bleiben. Eine Vielzahl leichtgängiger Öffnungsvarianten mit manueller, elektrischer bzw. sensorgesteuerter Bedienung sorgt für ausgeprägte Nutzerfreundlichkeit.



Stilisierte Fensterprofilquerschnitt der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER  
© Aluminium-Fenster-Institut

**Hochwertige Aluminium-Profilsysteme** und deren Komponenten vereinfachen dank ihrer ausgereiften Technik mit einem hohen Anteil an Gleichteilen und Vorkonfektionierungen im Baukastensystem das friktionsfreie und kostensparende Zusammenspiel von Planung, Verarbeitung und Montage. Sie dienen der Realisierung zeitgemäßer, energieeffizienter Architektur.

**Der Werkstoff Aluminium bietet von Natur aus ein Mehr an Sicherheit**, unter anderem weil Aluminium nicht brennen kann. Es schmilzt erst bei 660 °C und erfüllt damit die hohen Anforderungen an den Brandschutz im Hochhausbau, für die Holz und Kunststoff auf Grund ihres Brandverhaltens vollkommen anders zu bewerten sind. Dank der Robustheit gegenüber Druck und Schlag wirkt Aluminium einbruchshemmend und eignet sich selbst für Konstruktionen, die im Ernstfall bei Beschuss schützen. Für spezielle Bedarfssituationen, bei denen es um größtmögliche Sicherheit geht, führen die Aluminium-Profilsystem-Hersteller eigene Stufenprogramme mit Profilen, Beschlägen und Verglasungen im Sortiment.

**Spezieller Lärm- und Sonnenschutz, Belüftungssysteme** sowie bewegliche Fassadenmodule nehmen die Gesundheit und den Komfort der Nutzer in den Fokus. Die Hersteller von Aluminium-Profilsystemen halten auch für diese Funktionen eigens entwickelte innovative Bauteile bereit. Dabei sind akustisch optimierte Lösungen mit schallhemmender Wirkung ebenso von Bedeutung, wie aktive Energiefassadenelemente für die Lichtlenkung, Sonnenenergienutzung und Wärmerückgewinnung. Dazu kommen Apps für die Fernsteuerung verschiedenster Funktionen, ein autonomer Einklemmschutz zur Öffnungs- und Schließüberwachung, sowie nutzungsabhängige Wartungsintervalle, die durch Sensoren in den Bauteilen gemeldet werden. Sie sind Beispiele für die fortschreitende Automatisierung und Digitalisierung auf dem Weg zu „Smart Living“.



Präzise Planung ist eine der wichtigsten Aufgaben des Metallbautechnikers © Andreas Scheiblecker



**Die Planung und Arbeitsvorbereitung** für die Realisierung am Bau sind herausfordernde Meilensteine, die sowohl für den kosten- und zeitsparenden Baufortschritt als auch für das tadellose Ergebnis, das den Anforderungen des Bauherren entspricht, entscheidend sind. Anbieter von Aluminium-Profilsystemen, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER führen, geben Planern und ausführenden Metallbaubetrieben neben Profilen, Verglasungen, Beschlägen und sonstigem Zubehör analoge und digitale Tools an die Hand, die sie bei der fachgerechten Planung und Arbeitsvorbereitung unterstützen. Diese Tools, die laufend durch innovative Features ergänzt werden, erleichtern die Einbindung der Systembauteile in moderne Planungs-, Bestell- und Fertigungsprozesse bis zum Building Information Modeling (BIM).



Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER für professionelle Fertigung und Montage © Andreas Scheiblecker

**Die professionelle Verarbeitung und Montage** von Aluminium-Profilsystemen liegt in den Händen von Metallbauunternehmen, den ALU-FENSTER-Fachbetrieben. Sie sind durch Lizenzverträge zur Einhaltung von hohen Qualitätsauflagen der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER verpflichtet. Zusätzlich zu den relevanten ÖNORMEN hat die Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden (AMFT) die für die Branche speziellen RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK<sup>5</sup> entwickelt. Diesen Anforderungen entsprechend, schreiben ALU-FENSTER-Fachbetriebe die Aus- und Fortbildung ihrer Fachkräfte groß. Sie werden dabei durch die Systemhäuser, die AMFT und das AFI mit Seminaren, Workshops, modernen Lehrbehelfen und Wissensdatenbanken unterstützt.

## FACTBOX

### TECHNOLOGIE sicher und geprüft



- Schutz vor Lärm, Einbruch, Beschuss und Brand
- bedarfsgerechte Stufenprogramme mit speziellen Profilen, Beschlägen und Verglasungen
- Qualitätskontrollen aller einzelnen Komponenten inklusive Bauteil- bzw. Systemprüfung
- professionell verarbeitet und montiert:
  - = ALU-FENSTER-Fachbetriebe mit Lizenzverträgen, die hohe Qualitätsauflagen vorschreiben
  - = RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK der Arbeitsgemeinschaft Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden

## 4.4 ÖKOLOGIE

**Aluminium** ist das in der Erdkruste am häufigsten vorkommende Metall und – nach Sauerstoff und Silicium – das dritthäufigste chemische Element. Bei der Primärgewinnung wird zunächst aus Bauxit-Erz Aluminiumoxid gewonnen, aus dem anschließend im sogenannten Hall-Héroult-Prozess mittels Schmelzflusselektrolyse reines Aluminium erzeugt wird. Die Herstellung ist energieintensiv und daher häufig neben Wasserkraftwerken angesiedelt.

Die **entscheidenden ökologischen Vorzüge** von Aluminium liegen in der langen Haltbarkeit und im nahezu unbegrenzt wiederholbaren, umweltschonenden Recycling. 75 Prozent des jemals weltweit produzierten Aluminiums sind noch heute im produktiven Einsatz. Ein großer Anteil davon ist mehrfach recycelt und wird immer wieder am Bau eingesetzt.

© Aluminium-Fenster-Institut

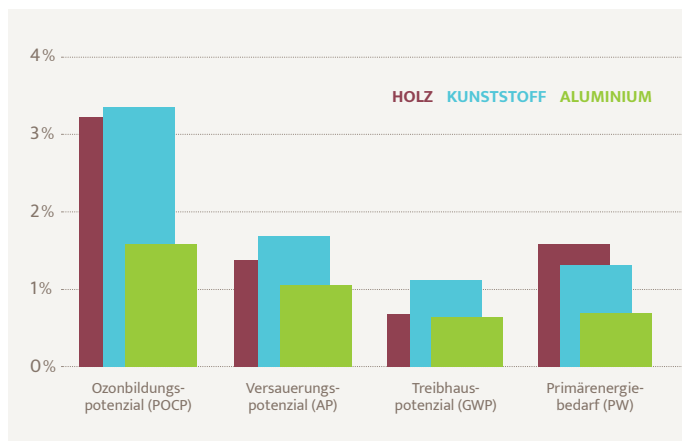


**Aluminium ist DER Recycling-Werkstoff.** Er ist ohne Downcycling immer wieder verwertbar - und das bei vergleichsweise niedrigem Energiebedarf. Bei der Herstellung von Umschmelzaluminium wird nämlich nur etwa 5 Prozent der Energie benötigt, die für die Primärgewinnung eingesetzt wird und entsprechend weniger CO<sub>2</sub> freigesetzt. Mittlerweile werden im Bauwesen rund 98 Prozent des verwendeten Materials recycelt.

**Kontinuierliche Materialkreisläufe nach dem Cradle-to-Cradle-Konzept** – kurz C2C – sind das Gebot der Stunde. Materialien werden hier als Nährstoffe in geschlossenen Kreisläufen verstanden. Rohstoffe gehen im Rahmen der C2C-Philosophie nach der Nutzung nicht verloren und können potenziell unendlich oft wiederverwertet werden. Die Hersteller von Aluminium-Profilsystemen legen daher größtes Augenmerk auf einen geschlossenen Werkstoffkreislauf. Am Beginn steht eine umfassende vorausschauende Planung: von der Herstellung über die Nutzungsphase bis hin zur Demontage, Aufbereitung und erneutem Einsatz. Das geht weit über den Recyclinggedanken hinaus, da die stoffliche Güte des Werkstoffes Aluminium erhalten bleibt und kein Abfall entsteht.

**Auch das Thema Urban Mining** – „Stadt als ewige Rohstoffquelle“ – hat in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Dabei werden bestehende Gebäude und andere bereits existente Infrastrukturen in den Städten den steigenden Bedarf an Rohstoffen decken. Wenn früher der Abfallvermeidung besondere Aufmerksamkeit gewidmet wurde, geht es mittlerweile um einen systematischen Umgang mit Sekundärrohstoffen, die uns umgeben und für deren Gewinnung wir bereits bezahlt haben. Hier spielt Aluminium aufgrund seiner hohen Recyclingfähigkeit eine bedeutende Rolle und trägt auch diesbezüglich zu einer nachhaltigen Rohstoffversorgung bei.

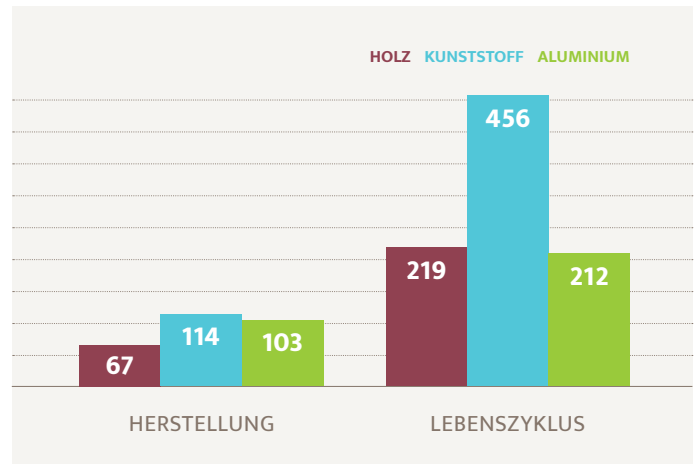
**Die gute ökologische Bewertung** von Aluminiumfenstern hängt auch eng mit ihrer Langlebigkeit zusammen: Laut OI3-Index – einem Leitindikator für die ökologische Bewertung von Baustoffen, Bauteilen und Konstruktionen – schlagen Aluminiumfenster bei der Betrachtung ihrer ökologischen Auswirkungen alternative Fensterwerkstoffe um Längen. Die entscheidenden Vorteile liegen in der langen Nutzungsdauer, dem geringen Wartungsaufwand und im fast vollständigen Recycling der Aluminiumkomponenten.



Anteil von Umweltauswirkungen der Fensterelemente im gesamten Gebäudelebenszyklus, Quelle: Fensterwerkstoffe im Vergleich, siehe Studienteil

**Die dauerhafte Dämmung** durch hochwertige Aluminiumfenster ist gleichbedeutend mit höchster Energieeffizienz und einem über den gesamten Lebenszyklus niedrigeren Energiebedarf für Heizen und Kühlen.

Die hohe Stabilität des Fensterrahmens aus Aluminium sorgt dafür, dass die geforderten Dämmwerte nicht nur im Neuzustand von Niedrigenergie- und Passivhäusern messbar sind, sondern bei entsprechender Pflege und Wartung über Jahrzehnte erhalten bleiben. Sie sind mehrschalig aufgebaut, wobei die einzelnen Schalen durch Isolationskerne vor direktem Kontakt mit dem Aluminium geschützt sind. So werden sehr gute Dämmwerte erreicht. Je nach Bedarf, kommen spezielle Verglasungen zum Einsatz, die die beste Wärme- und/oder Schalldämmung ermöglichen und darüber hinaus den Einbruchschutz verbessern. Die eingesparten Heiz- und Klimatisierungskosten kommen dem Klimaschutz nachhaltig zugute.



Fensterwerkstoffe im Ökologievergleich: Herstellung und Lebenszyklus nach OI3-Berechnung, Quelle: IBO, Ökoindex 3<sup>6</sup>

**Wohnkomfort und Sicherheitsempfinden** der Nutzer sind bei Aluminiumfenstern über den gesamten Gebäudelebenszyklus hinweg gegeben.

## FACTBOX

### ÖKOLOGIE

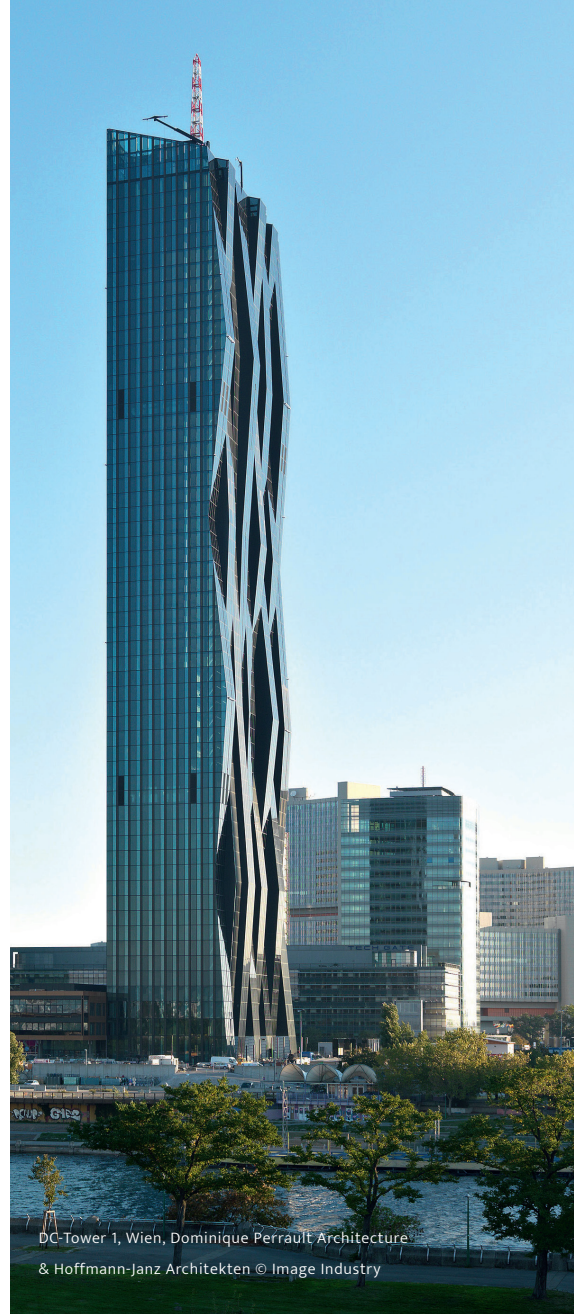
#### Alu – Synonym für Recycling



- 98 % des Altaluminiums im Bauwesen werden recycelt
- 75 % des jemals produzierten Aluminiums sind noch heute im Einsatz
- 5 % des Energieeinsatzes für Umschmelzaluminium im Vergleich zur Gewinnung von Primäraluminium
- Cradle-to-Cradle und Urban Mining in progress
- ohne Downcycling wiederverwertbar
- nahezu unbegrenzt wiederholbares, umweltschonendes Recycling



Headquarter Püspök Group . Parndorf, ad2 architekten © Hertha Hurnaus



DC-Tower 1, Wien, Dominique Perrault Architecture  
& Hoffmann-Janz Architekten © Image Industry



HBLA für Tourismus, St. Johann/Tirol, wiesflecker-architekten © David Schreyer



Adlerlounge, Kais Tirol, Wohnbau Schultz GmbH & Co KG © Wolfgang Rötter

## ANTWORTEN AUF HÄUFIG GESTELLTE FRAGEN

### *Wie entsteht ein Aluminiumfenster?*

Aluminiumfenster, -türen und -fassaden werden von speziell qualifizierten Metallbaubetrieben aus hochwertigen, oberflächenveredelten Aluminiumprofilen und einem bedarfsgerechten Glas gefertigt. Zur thermischen Trennung wird das Aluminiumprofil zunächst mit Polyamidstegen verbunden und später gegebenenfalls in den Hohlkammern zusätzlich gedämmt. Nach dem Zuschnitt werden die Ausnehmungen für die Beschläge gefräst, der Fensterahmen gepresst und die Beschläge montiert.

### *In welchen Farben sind Aluminiumfenster bestellbar?*

Die Oberflächen von Aluminiumfensterprofilen werden im Eloxal-Verfahren oder durch Pulverbeschichtung hochwertig veredelt. Die Farben können aus standardisierten Farbsystemen wie RAL und NCS in einer Vielzahl von Oberflächenstrukturen und Glanzgraden ausgewählt werden. Realisierbar sind zudem kundenspezifisch gewünschte optische Effekte und Farbrezepturen. Bei der Pulverbeschichtung ist besonders die hochwetterfeste (HWF) Beschichtung erwähnenswert, die durch extreme Widerstandsfähigkeit und Farbbeständigkeit überzeugt.

### *In welchen Abständen müssen Aluminiumfenster gestrichen werden?*

Aluminiumfenster benötigen keinen neuerlichen Anstrich. Sie werden aus eloxierten oder pulverbeschichteten Profilen hergestellt, deren unbeschädigte Oberfläche bei regelmäßiger Reinigung über Jahrzehnte keine Erneuerung benötigt.

### *Warum ist die Stabilität von Fensterwerkstoffen wichtig?*

Große Konstruktionen stellen hohe Anforderungen an die statischen Leistungswerte. Aluminium bietet dafür von Natur aus mehr Stabilität als andere Fensterwerkstoffe. Die relativ leichten Rahmenkonstruktionen schonen die beweglichen Teile, vor allem die Fensterbänder. Der Wartungsumfang ist geringer als bei anderen Rahmenwerkstoffen.

### *Wie verträgt sich Aluminium mit potenziell schädlichen Umwelteinflüssen?*

Aluminiumprofile können nicht rosten und sind dank der hochwertigen Oberflächenveredelung gegenüber schädlichen Umwelteinflüssen besonders widerstandsfähig. Bei der Montage ist darauf zu achten, dass der direkte Oberflächenkontakt von Aluminium mit anderen Metallen wie Kupfer oder Stahl vermieden wird, um einer möglichen Kontaktkorrosion vorzubeugen.

### *Welche Vorteile bieten Aluminiumfenster gegenüber Holz- und Kunststofffenstern?*

Aluminiumfenster zeichnen sich gegenüber Holz- und Kunststofffenstern durch ihre ausgeprägte Haltbarkeit aus, brauchen weniger Wartung und keinen neuen Anstrich. Für die Erhaltung von Funktion und Optik genügt die jährliche Reinigung und die regelmäßige Wartung und Pflege der beweglichen Teile. Am Ende der Nutzungsdauer werden sie bei sortenreiner Abfalltrennung fast vollkommen wiederverwertet. Ihre Lebenszykluskosten sind daher erheblich niedriger als die anderer Fenstertypen, die – auf das Gebäudeleben bezogen – in der Regel mindestens einmal ausgetauscht werden.

### *Wie ist der Preisunterschied zwischen Aluminium-, Holz- und Kunststofffenstern?*

Aluminiumfenster liegen bei der Erstinvestition preislich über jenen von Holz- und Kunststofffenstern. Die Mehrinvestition macht sich jedoch, über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, durch die längere Lebensdauer, die niedrigeren Instandhaltungskosten, das Wegfallen von Neuanstrichen und den Wiederverkaufswert bei der Verwertung bezahlt.

### *Wo kann man Aluminiumfenster entsorgen?*

Nach Entfernen des Fensterglases sind Metallfenster in die bestehenden Sammelsysteme für Altmetalle einzubringen und werden im Sinne eines nachhaltigen Ressourcenmanagements dem Recycling zugeführt.<sup>7</sup>

**Das Weißbuch online:**  
[www.weissbuch-alufenster.at](http://www.weissbuch-alufenster.at)

**LITERATURVERWEISE**

- <sup>1</sup> Vgl.: IG Lebenszyklus Bau (2016): Lebenszykluskostenrechnung in der Vergabe – Leitfaden für die Paketvergabe von Planungsleistungen, Wien 2016, S. 4
- <sup>2</sup> Vgl.: Asif, M., Davidson, A., Muneer, T. (2002): Life cycle of window materials – a comparative assessment, Edinburgh 2002, S. 10; Jodl, H., Pommer, G. (2010): Positionspapier ALU-FENSTER – Betrachtungen am Beispiel des kommunalen Wohnbaus. Eine Entscheidungshilfe für Bauherren, Architekten und Investoren, Wien 2010, S. 33
- <sup>3</sup> Popp, M., Waltenberger, L. (2015): Fensterwerkstoffe im Vergleich: Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau – Eine Potenzialanalyse aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht, Wien 2015, S. 27
- <sup>4</sup> Popp, M., Waltenberger, L. (2015), S. 27
- <sup>5</sup> Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden – AMFT (2021): RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK, Wien 2021
- <sup>6</sup> IBO Ökoindex 3, Anhang 2016
- <sup>7</sup> Grech, H | Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Abt V/3, Präsentation beim Fenster-Türen-Treff 2019 in Villach: Wohin mit dem Wertstoff? Verwertung/Entsorgung von Altfenstern, Wien 2019

**Impressum****HERAUSGEBER & MEDIENINHABER**

ALUMINIUM-FENSTER-INSTITUT

Verein zur Hebung der Information über Aluminiumfenster und -fassaden  
1150 Wien, Johnstraße 4  
www.alufenster.at | www.weissbuch-alufenster.at

Gegenwärtige Grundlage des rechtlichen Bestandes:

Bescheid der Sicherheitsdirektion für Wien vom 7.12.1987, Zl.: I-SD 1578/BVP/87, Zentraler Vereinsregister: ZVR-Zahl 625508312

© 2021 Alle Rechte vorbehalten . Aluminium-Fenster-Institut

Sämtliche Texte und Inhalte des Weißbuches der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER sind urheberrechtlich geschützt und dürfen nicht ohne Genehmigung des Herausgebers – unabhängig in welchen Medien – verwendet werden.

**Texte** (ausgenommen Studienteile): Rudolf Fric und Harald Greger, Lektorat: Andrea Müllner**Gestaltung, Layout & Infografiken:** Alexander Stock**Druck und Buchbindung:** Druckerei Hans Jentzsch & Co GmbH, 1210 Wien

Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“  
des Österreichischen Umweltzeichens,  
Druckerei Hans Jentzsch & Co GmbH, UW-Nr. 790

**HAFTUNGSAUSSCHLUSS**

Die Inhalte des Weißbuches der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER wurden unter größter Sorgfalt erarbeitet bzw. redaktionell zusammengestellt. Für Druckfehler und Irrtümer wird keine Haftung übernommen.

**GENDERKLAUSEL**

Zum Zweck der besseren Lesbarkeit wurde auf die geschlechtsspezifische Schreibweise verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen im Buch und in allen eingebundenen Dokumenten sind jedenfalls geschlechtsneutral zu verstehen.

## **STUDIENTEIL**

---

### **RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK**

**Fensterwerkstoffe im Vergleich:  
Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau**  
Eine Potenzialanalyse aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht

**Positionspapier ALU-FENSTER**  
Betrachtungen am Beispiel des kommunalen Wohnbaus





## **STUDIENTEIL**

---

### **RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK**

Die RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK unterstützen Architekten, Bauherren und Auftraggeber bei der Erstellung von Ausschreibungen und Leistungsverzeichnissen. Sie stellen die einwandfreie Funktion und Güte von Aluminiumkonstruktionen sicher. Die Anforderungen an Aluminium-Profilsysteme reichen vom Werkstoff über die Konstruktion, Bauphysik, Oberfläche sowie Verglasung bis hin zur Ausführung und Montage. Angaben zur Dauerhaftigkeit und Wartung sind ebenso enthalten wie Forderungen bezüglich Nachweisen und Prüfberichten.

**Verfasser:**

AMFT - Arbeitsgemeinschaft der Hersteller  
von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden



# **RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK**

Stand: Februar 2021



# Vorwort

Die vorliegende Broschüre versteht sich als Leitfaden, der den Auftraggebern/Bauherren helfen soll, Ihre Qualitätsanforderungen an Metallkonstruktionen entsprechend zu verankern, um so eine hochqualitative Abwicklung ihrer Projekte zu gewährleisten.

Die nachfolgend angeführten Kriterien wurden aus den relevanten Regelwerken zusammengetragen und sollen sowohl dem Interesse der Auftraggeber als auch jenem der Bieter gerecht werden.

In diesem Sinne wurden Anforderungen entwickelt, die den Stand der Technik in unterschiedlichen Bereichen (Anforderungen an Werkstoffe, die Konstruktion, die Oberflächen, die Verglasung, der hinterlüftete Bekleidungen, die Ausführung und Montage ...) darstellen.

Qualitätsanforderungen an ausführende Unternehmen werden im Rahmen der RICHTLINIEN METALLBAUBETRIEB definiert.

Weitere Informationen unter [www.amft.at/service/richtlinien-metallbau](http://www.amft.at/service/richtlinien-metallbau).

Herausgeber:



**Arbeitsgemeinschaft der Hersteller der  
Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden (AMFT)**

Wiedner Hauptstraße 63, 1045 Wien

Tel.: +43 (0)5 90 900-3412

Fax: +43 (0)1 505 10 20

E-Mail: [amft@fnti.at](mailto:amft@fnti.at)

Homepage: [www.amft.at](http://www.amft.at)

Die Angaben und Empfehlungen dieser Information beruhen auf dem Kenntnisstand bei Drucklegung. Eine Rechtsverbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden. Eine Haftung für die Vollständigkeit und/oder Richtigkeit der im gegenständlichen Dokument enthaltenen Information wird ausgeschlossen.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 Allgemeines</b>	<b>Seite</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Art und Umfang der Leistung</b>	<b>Seite</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Hierarchie</b>	<b>Seite</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Formale Gestaltung (optisch-architektonisches Erscheinungsbild)</b>	<b>Seite</b>	<b>1</b>
<b>1.4 Maße</b>	<b>Seite</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Vorkehrungen des Auftraggebers</b>	<b>Seite</b>	<b>2</b>
<b>2 Anforderungen an das Profilsystem</b>	<b>Seite</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Angebotenes Aluminium-Profilsystem</b>	<b>Seite</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Stand der Technik: Anforderungen an Werkstoffe</b>	<b>Seite</b>	<b>3</b>
2.2.1 Aluminium	Seite	3
2.2.2 Stahl	Seite	3
2.2.3 Sonstige Werkstoffe	Seite	3
<b>2.3 Stand der Technik: Anforderungen an die Konstruktion</b>	<b>Seite</b>	<b>3</b>
2.3.1 Profilauswahl	Seite	3
2.3.2 Entwässerung und Druckentspannung (Belüftung)	Seite	4
2.3.3 Elementgrößen	Seite	4
2.3.4 Sohlbänke	Seite	4
2.3.5 Statische Anforderungen	Seite	4
2.3.6 Verbindung und Befestigung	Seite	5
2.3.7 Profilverbindungen	Seite	5
2.3.8 Dichtungsprofile	Seite	5
2.3.9 Beschläge	Seite	5
<b>2.4 Stand der Technik: Bauphysikalische Anforderungen</b>	<b>Seite</b>	<b>6</b>
2.4.1 Dehnungen	Seite	6
2.4.2 Anschluss zum Baukörper	Seite	6
2.4.3 Dichtfolien (Dampfbremsen)	Seite	6
2.4.4 Dämmstoffe	Seite	6
2.4.5 Wärmeschutz	Seite	7
2.4.6 Luftdurchlässigkeit und Schlagregendichtheit	Seite	7
2.4.7 Schallschutz	Seite	7
2.4.8 Regen- und Kondensationsschutz	Seite	7
2.4.9 Feuerschutz	Seite	8
<b>2.5 Stand der Technik: Anforderungen an die Oberflächen</b>	<b>Seite</b>	<b>8</b>
2.5.1 Aluminium	Seite	8
2.5.1.1 Anodische Oxidation (Eloxal)	Seite	8
2.5.1.2 Pulverbeschichtung	Seite	8
2.5.1.3 Einbrennlackierung	Seite	8
2.5.1.4 Temporärer Oberflächenschutz	Seite	9
2.5.2 Stahl	Seite	9
<b>2.6 Stand der Technik: Anforderungen an Verglasung, Ausfachung</b>	<b>Seite</b>	<b>9</b>
<b>2.7 Stand der Technik: Anforderungen an hinterlüftete Bekleidungen</b>	<b>Seite</b>	<b>9</b>
<b>2.8 Stand der Technik: Anforderungen an Ausführung und Montage</b>	<b>Seite</b>	<b>10</b>
2.8.1 Freigabe von Planungsunterlagen	Seite	10
2.8.2 Produktionsfreigabe	Seite	10
2.8.3 Verarbeitung	Seite	10
2.8.4 Blecharbeiten	Seite	10
2.8.5 Blindstöcke	Seite	10
2.8.6 Einbau der Elemente	Seite	11
2.8.7 Blitzschutz	Seite	11
2.8.8 Schutz der Elemente	Seite	12
2.8.9 Qualitätssicherung	Seite	12
<b>2.9 Stand der Technik: Anforderungen an Dauerhaftigkeit und Wartung</b>	<b>Seite</b>	<b>12</b>
<b>2.10 Nachweise und Prüfberichte</b>	<b>Seite</b>	<b>12</b>

# 1 Allgemeines

Den RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK liegen die zum Zeitpunkt der Angebotsabgabe gültigen fachspezifischen Normen zugrunde. Daneben sind die Verarbeitungsrichtlinien der jeweiligen Systemhersteller sowie die Verglasungsvorschriften und -richtlinien der Isolierglasproduzenten zu berücksichtigen.

## 1.1 Art und Umfang der Leistung

Gegenstand der Leistungsbeschreibung sind Metallbauarbeiten. Die Leistung umfasst die Herstellung, Lieferung und Montage von Aluminiumkonstruktionen und Stahlteilen und, wenn in den Positionen des Leistungsverzeichnisses verlangt, Gläsern, Paneelen und sonstigen Ausfachungen sowie Anschlusskonstruktionen.

Die Angaben der Positionen des Leistungsverzeichnisses sind auf fachspezifische Vollständigkeit und konstruktive Eignung auf Basis der vorgegebenen Randbedingungen im Fachbereich des Auftragnehmers zu überprüfen.

Unklarheiten über die anzubietende Leistung sind vor Abgabe des Angebotes mit der ausschreibenden Stelle zu klären, soweit diese für den Bieter aufgrund der ihm zumutbaren Fachkenntnis bei Anwendung pflichtgemäßer Sorgfalt erkennbar sind.

*Anmerkung:*

*Hinweise zur Abrechnung der ausgeführten Leistungen finden sich z. B. in der LBHB LG 67 bzw. in der ÖNORM B2225.*

Planungsunterlagen des Auftraggebers (Ausführungsplanung):

Der Auftraggeber stellt als Unterlagen zum Leistungsverzeichnis eine Ausführungsplanung unter Berücksichtigung der Vorgaben der Behörden (z.B. Feuerschutz) und der bauphysikalischen Gutachten zur Verfügung.

Die Ausführungsplanung enthält:

- eine maßstäbliche und bemaßte Darstellung der Ansichten
- eine maßstäbliche und bemaßte Darstellung der (Haupt) Schnitte
- eine maßstäbliche und bemaßte Darstellung der Baukörperanschlüsse
- Angaben zu Glastyp und Glasaufbau bzw. zur Art der Fassadenbekleidung
- Angaben zur Beschlagsausführung für Fenster und Türen
- Angaben zur Oberflächenausführung

## 1.2 Hierarchie

Ergeben sich aus den nachstehend angeführten Unterlagen Widersprüche, gilt diese Reihenfolge:

1. Leistungsverzeichnis
2. diese Technischen Richtlinien
3. Detailzeichnungen

## 1.3 Formale Gestaltung (optisch-architektonisches Erscheinungsbild)

Die zur Verfügung gestellten Ausschreibungsunterlagen für die Aluminiumkonstruktionen gelten in Abstimmung mit den konstruktiven Erfordernissen für das angebotene System hinsichtlich der formalen Gestaltung (optisch-architektonisches Erscheinungsbild) als verbindlich.

## 1.4 Maße

Die im Leistungsverzeichnis angegebenen Maße der Positionen von Metallkonstruktionen sind Planmaße. Die zulässigen Ist-Maßabweichungen sind als Toleranzen in der DIN 18202 bzw. ÖNORM DIN 18202:2013-12-15 - je nach vertraglicher Vereinbarung - festgelegt. Maßänderungen innerhalb dieser Toleranzen bedingen keine Änderung der Einheitspreise.

Das Aufmaß ist vom Auftragnehmer am Bau zu nehmen.  
Grundlagen dazu sind folgende Leistungen des Auftraggebers:

Sofern nicht anders angegeben, wird davon ausgegangen, dass die vorhandenen Toleranzen zumindest den geltenden Normen entsprechen.

Mindestens ein Meterriss in jedem Geschoss mit Angabe der Achse(n).

Bei gesondert angegebener Gewerkstrennung, z. B. Aluminiumfenster und Steinfassade, wird die Vermessung als Bestellung des Auftraggebers durch einen Geometer vorgenommen.

Für den Fall, dass Konstruktionen vor einer möglichen Aufmaßnahme zur Montage bereitstehen müssen, sind die Fertigungsmaße mit dem Auftraggeber schriftlich zu vereinbaren.

## 1.5 Vorkehrungen des Auftraggebers

Zusätzliche Vereinbarungen zu den geltenden Gesetzen, Normen und Vorschriften sind in der Leistungsbeschreibung ausgewiesen (z. B.: Brandschutz, Arbeitsrecht, Raumnutzung, Baustellenzufahrt, Lagerflächen, Regieleistungen, Gerüstung, Stromanschluss, Wasseranschluss und Sanitäreinrichtungen, Baustellenreinigung, Schutz vor Verschmutzung und Beschädigung, Terminverschiebungen und Arbeitszeitregelungen usw.).

# 2 Anforderungen an das Aluminium-Profilsystem

## 2.1 Angebotenes Aluminium-Profilsystem

Anzubieten ist das Aluminium-Profilsystem des nachstehend genannten Systemherstellers oder ein gleichwertiges Aluminium-Profilsystem:

Systemhersteller: \_\_\_\_\_

Serie: \_\_\_\_\_

Im Fall des Angebots eines gleichwertigen Aluminium-Profilsystems hat der Bieter dieses gleichwertige Aluminium-Profilsystem in nachstehender Bieterlücke zu nennen. Falls in dieser Bieterlücke kein Aluminium-Profilsystem genannt ist oder das genannte Aluminium-Profilsystem nicht gleichwertig ist, gilt das Aluminium-Profilsystem des oben genannten Systemherstellers als angeboten.

Systemhersteller (gleichwertig): \_\_\_\_\_

Serie (gleichwertig): \_\_\_\_\_

Gleichwertig sind alle Aluminium-Profilsysteme, welche den nachstehend in den Punkten 2.2 bis 2.10 näher beschriebenen Stand der Technik erfüllen. Den Nachweis der Gleichwertigkeit hat der Bieter zu führen. Der Auftraggeber ist auf Kosten des Bieters berechtigt, die Einhaltung des Standes der Technik insbesondere durch Anforderung von Prüfnachweisen anerkannter Prüf- und Zertifizierungsstellen zu prüfen.



Im Fall des Angebots eines gleichwertigen Profilsystems müssen die Angaben der formalen Profilabmessungen (Bautiefen und Ansichtsbreiten) und der Konstruktionsmerkmale in den einzelnen Positionen eingehalten werden.

## **2.2 Stand der Technik: Anforderungen an Werkstoffe**

### **2.2.1 Aluminium**

Falls im Leistungsverzeichnis nichts anderes vorgeschrieben ist:

#### Strangpressprofile

Profile aus der Legierung EN AW-6060 T66 (AlMgSi 0,5 F22) nach ÖNORM EN 573-3 und ÖNORM EN 755-2 hergestellt.

Technische Lieferbedingungen und Maßtoleranzen gemäß ÖNORM EN 12020-1 bzw. ÖNORM EN 12020-2.

#### Bleche

Bleche für Farbbeschichtung und zum Anodisieren aus der Legierung EN AW-5005A H24 (AlMg1 F15)

oder

Bleche für Farbbeschichtung aus der Legierung EN AW-1050A H24 (Al99,5 F11 oder AlMg3 F20), jeweils nach ÖNORM EN 573-3 und ÖNORM EN 485-2 hergestellt.

Technische Lieferbedingungen und Maßtoleranzen jeweils gemäß ÖNORM EN 485-1 bzw. ÖNORM EN 485-3,4.

Das Erscheinungsbild ist gegebenenfalls durch Grenzmuster zu vereinbaren (Anmerkung: Bei zu anodisierenden Blechen sind jedenfalls Grenzmuster zu vereinbaren). Bei Blechen bzw. Bändern ist der Einfluss der Walzrichtung zu berücksichtigen.

### **2.2.2 Stahl**

Stahlteile sind abhängig von der im Leistungsverzeichnis angegebenen Korrosivitätsklasse aus Chromnickelstahl oder in feuerverzinkter Ausführung vorzusehen.

Nachträgliche Bearbeitungen von feuerverzinkten Stahlteilen sind zu vermeiden. Beschädigte Zinkoberflächen – auch nach eventuellen Schweißarbeiten – sind zu reinigen, zu entfetten und mit einem adäquaten Schutzanstrich deckend zu streichen.

### **2.2.3 Sonstige Werkstoffe**

Für die Herstellung der Aluminiumkonstruktionen (Rahmenwerk) sind ausschließlich vom Systemhersteller vorgesehene qualitativ hochwertige Werkstoffe einzusetzen.

## **2.3 Stand der Technik: Anforderungen an die Konstruktion**

### **2.3.1 Profilauswahl**

Metallprofile mit thermischer Trennung müssen zwischen inneren und äußeren Profilteilen mit durchgehenden Isolierstegen aus hochwertigem Kunststoff (z. B. Polyamid glasfaserverstärkt) über ihre ganze Länge kraft- und formschlüssig miteinander verbunden sein.

Der Nachweis über die Verbundqualität nach ÖNORM EN 14024 muss für das Profil vorhanden sein und ist auf Verlangen vorzulegen.

Die Profile müssen die Lasten sicher abtragen. Zwischen Innen- und Außenteil auftretende Schubkräfte müssen vom Verbund zuverlässig übertragen werden. Bei Pfosten-Riegel-Fassaden und Dachkonstruktionen sind Innen- und Außenprofile kraftschlüssig miteinander zu verbinden.

Die vom Profilverhersteller angegebenen wirksamen statischen Werte sind bei der Profilauswahl zu berücksichtigen. Profile aus Aluminium werden gemäß ÖNORM EN 12020 Teil 1 und Teil 2 und mit einer Mindestdicke von 1,6 mm (+/- 0,2 mm Maßtoleranz) hergestellt. Davon ausgenommen sind nur Profilstege ohne besondere statische Funktion.

Das Prinzip der thermischen Trennung ist für die gesamte Konstruktion einzuhalten.

Der Nachweis der wärmedämmenden Eigenschaften des Profils muss nach Berechnung ÖNORM EN ISO 10077 Teil 1 oder nach ÖNORM EN ISO 10077 Teil 2 bzw. durch Messung nach ÖNORM EN ISO 12567 vorhanden sein und ist auf Verlangen vorzulegen.

Für die Aufnahme von klemmbaren Anschlussprofilen und Dichtungsbahnen sind die entsprechenden Systemprofile zu verwenden.

### **2.3.2 Entwässerung und Druckentspannung (Belüftung)**

Die Entwässerung des Falzes und der Vorkammer sowie deren Belüftung muss so ausgebildet sein, dass anfallende Feuchtigkeit nach außen abgeleitet wird. Die Entwässerung der Vorkammer erfolgt an der tiefsten Stelle des Falzes. Sichtbare Schlitze sind abzudecken. Die Druckentspannung des Glasfalzes muss nach den Richtlinien der Isolierglasproduzenten bzw. des Systemherstellers erfolgen.

### **2.3.3 Elementgrößen**

Die vom Systemhersteller angegebenen minimalen und maximalen Flügelgrößen sind einzuhalten.

Die Füllungsgewichte sind so zu wählen, dass die vom Systemhersteller angegebenen maximalen Belastungen sowohl für öffnenbare Flügel als auch für Fixelemente bei Fenster-, Tür- und Fassadenkonstruktionen nicht überschritten werden.

### **2.3.4 Sohlbänke**

Falls im Leistungsverzeichnis nichts anderes vorgeschrieben ist, sind Sohlbänke, mindestens 5° geneigt, aus Strangpressprofilen zu verwenden. Die Sohlbänke sind durch Haltetaschen statisch ausreichend mit entsprechenden Dilatationen zu befestigen. Endpunkte und Dehnstöße sind mit entsprechenden Abschlüssen und Futterstücken auszuführen. Sie bilden mit den jeweiligen Sohlbänken ein System. Auf die Dichtigkeit dieser Punkte ist zu achten.

### **2.3.5 Statische Anforderungen**

Die Konstruktion muss den statischen Anforderungen gerecht werden. Dimensionen und Materialdicken sind, soweit nicht vorgegeben, vom Bieter selbst zu wählen und auf Anforderung nachzuweisen. Einwirkende Lasten müssen sicher auf das Bauwerk übertragen werden. Für die Lastannahmen gelten, sofern nicht anders angegeben, die einschlägigen ÖNORMEN, insbesondere ÖNORM B 1991-1-3 und ÖNORM EN 1991-1-3 für Schneelasten sowie ÖNORM EN 1991-1-4 und ÖNORM B 1991-1-4 für Windlasten sowie gegebenenfalls im Leistungsverzeichnis gesondert angegebene Lasten.

Die rechnerisch ermittelte Durchbiegung von Fassadenkonstruktionen (Pfosten-, Riegel- und Rahmenkonstruktionen) beträgt gemäß Norm (EN 13830: 2015) mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG)

höchstens  $L/200$  (wenn Stützweite  $\leq 3\ 000$  mm)

höchstens  $5\text{ mm} + L/300$  (wenn  $3\ 000 \leq$  Stützweite  $\leq 7\ 500$  mm)

höchstens  $L/250$  (wenn Stützweite  $\geq 7\ 500$  mm)

Die rechnerisch ermittelte Durchbiegung von Fensterkonstruktionen (Pfosten-, Riegel- Rahmenkonstruktionen) beträgt gemäß Norm (ÖNORM B 5300) mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) höchstens  $L/200$ .

Anmerkung: Die Durchbiegung der längsten Glaskante beträgt höchstens 8 mm.

### **2.3.6 Verbindung und Befestigung**

Alle Verbindungen und Befestigungen müssen einen Toleranzausgleich gegenüber dem Rohbau ermöglichen.

Verbindungselemente wie Schrauben, Bolzen, Muttern usw. müssen in Verbindung mit Aluminium aus austenitischem Chromnickelstahl A2/A4 bestehen. Für alle übrigen Verbindungen und Kleinteile aus Stahl ist feuerverzinktes Material zu verwenden. Sämtliche Schraubverbindungen sind gegen unbeabsichtigtes Lösen zu sichern.

Zur Vermeidung von Kontaktkorrosionen muss beim Zusammenbau verschiedenartiger metallischer Werkstoffe eine Zwischenlage aus neutralem Material verwendet werden. Eine Ausnahme bildet der Einsatz von nichtrostendem Stahl im Trockenbereich.

### **2.3.7 Profilverbindungen**

Eckverbinder müssen im Querschnitt den Profilkammerkonturen entsprechen. Stoß- und Eckverbindungen müssen dicht geklebt und mechanisch verbunden sein. Bei den Gehrungen ist auf eine einwandfreie Verklebung der Eckwinkel und Gehrungsflächen zu achten. Auch an T- und Kreuz-Stößen ist das Einsickern von Wasser in die Konstruktion zu verhindern. Aussteifungswinkel sind entsprechend den Verarbeitungsrichtlinien des jeweiligen Profilsystems einzusetzen.

Als Klebstoff ist ein Zweikomponenten-Metallkleber zu verwenden. Die Verbindungen müssen ihre Festigkeit und Dichtigkeit im gesamten Profilquerschnitt dauerhaft erfüllen.

### **2.3.8 Dichtungsprofile**

Werkstoff für Dichtungsprofile: zumindest EPDM oder vergleichbare Qualität.

Härte, Abmessung und Profilierung müssen den jeweiligen Verwendungszwecken entsprechen. Die Grundlagen sind der DIN 7863 zu entnehmen.

Es müssen Dichtungen des jeweiligen Profilsystems verwendet werden.

Für Dreh-, Drehkipp-, Kipp- und Klappflügel-Fenster sind Mitteldichtungen vorzusehen. Die Befestigung im Rahmen erfolgt im Bereich der Isolierstege. Die Dichtungen müssen austauschbar sein und mindestens vulkanisierte Eckstücke aufweisen.

Für Flügel mit Überschlügen sind zusätzlich zur Mitteldichtung innere Anschlagdichtungen zu verwenden. Stulpflügel-Fenster erhalten im Stoßbereich der Mitteldichtungen Stulpformteile.

### **2.3.9 Beschläge**

Es müssen Systembeschläge des jeweiligen Profilsystems verwendet werden.

Die Beschläge sind so zu wählen, dass die vom Systemhersteller angegebenen maximalen Belastungen nicht überschritten werden.

Die im Falz angeordneten Beschläge sind form- und kraftschlüssig mit den Profilen zu verbinden. Bei Schraubverbindungen in Profilwandungen sind Einnietmuttern oder Hinterlegstücke zu verwenden.

Drehkippschläge sind mit Fehlbedienungssicherungen auszustatten.

Die Schläge müssen justierbar sein und den Einbau von im Leistungsverzeichnis beschriebenen Zusatzeilen zulassen: z. B. Mittelverriegelungen, Öffnungsbegrenzer mit Bremse, Drehsperren, Zusatzsicherungen, Zuschlagsicherungen usw.

## **2.4 Stand der Technik: Bauphysikalische Anforderungen**

### **2.4.1 Dehnungen**

Bewegungs- und temperaturbedingte Bauteilverformungen sind konstruktiv zu bemessen; daraus abgeleitete Bewegungs- und Anschlussfugen sind der Beanspruchung entsprechend luft- und waserdicht zu schließen.

Im Bereich konstruktiv bedingter Fugen ist für Bewegungs- und Gleitmöglichkeit zu sorgen.

Die Konstruktion einschließlich der Verbindungselemente muss alle auf sie einwirkenden Kräfte aufnehmen und an den Baukörper übertragen. Fenster-, Tür- und Fassadenelemente sind nicht zur Aufnahme von Lasten aus dem Baukörper geeignet.

### **2.4.2 Anschluss zum Baukörper**

Der Anschluss zwischen Blindstock und Baukörper sowie zwischen Aluminiumrahmen und Blindstock oder zwischen Aluminiumrahmen und Baukörper muss den bauphysikalischen Beanspruchungen gerecht werden.

Der raumseitige Anschluss ist luftdicht herzustellen. Auf der Außenseite ist die schlagregendichte Ebene des Fensters umlaufend an die Wand anzuschließen.

Anforderungen aus Wärmeschutz, Feuchtigkeitsschutz, Schallschutz und Fugenbewegungen bzw. Materialverträglichkeit sind bei der Wahl der Anschlussmaterialien zu berücksichtigen. Bei Ausführung der Anschlussfugen mittels dauerelastischen Dichtstoffen müssen die Vorschriften der Hersteller berücksichtigt werden. Die Arbeiten dürfen nur bei geeigneter Witterung erfolgen. Bei der Festlegung der Fugenbreite ist die thermisch bedingte Elementausdehnung sowie die zulässige Verformung des Dichtstoffes zu beachten.

### **2.4.3 Dichtfolien (Dampfbremsen)**

Baukörperanschlüsse sind mittels einer dafür geeigneten, ausreichend dimensionierten beständigen Dichtfolie fachgerecht anzuschließen.

Stöße der Dichtfolien und Anordnungen in verschiedenen Ebenen sind mit ausreichenden Überlappungen auszuführen.

Das Verkleben von Dichtfolien hat auf bauseits fachgerecht vorbereitetem Untergrund (z. B. Glattstrich) zu erfolgen. Vor dem Verkleben ist der ebene Untergrund zu säubern, erforderlichenfalls ein Primer aufzubringen und die Folie mit einem systemverträglichen Kleber dicht aufzubringen und, falls im Leistungsverzeichnis gefordert, mechanisch zu fixieren oder zu klemmen.

Die Arbeiten dürfen nur bei geeigneter Witterung erfolgen. Die Folien sind gemäß den vom Hersteller vorgegebenen Vorgaben zu verarbeiten.

### **2.4.4 Dämmstoffe**

Es dürfen nur geeignete Wärmedämmstoffe in temperatur- und witterungsbeständiger, fäulnis- und schimmelfester Qualität verwendet werden. Zur Sicherstellung der Wärmedämmung muss eine Feuchtigkeitsaufnahme verhindert werden.

Werden für die Dämmung der Montagefuge werkmäßig hergestellte Dämmstoffe eingesetzt, müssen diese der ÖNORM B 6000 entsprechen. Der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_r$  aller eingesetzten Dämmstoffe muss  $\lambda_r \leq 0,05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  betragen.

#### 2.4.5 Wärmeschutz

Die dampfdiffusionstechnische Trennung zwischen Raum- und Außenklima muss grundsätzlich auf der Warmseite erfolgen. Beim Einbau der Konstruktionen dürfen keine thermischen Brücken entstehen. Deshalb sind, um Kondensat zu vermeiden, die Kalt- und Warmzonen aller Detailpunkte der Aluminiumbauelemente und ihrer Anschlüsse exakt zu trennen.

Der Wärmedurchgangskoeffizient  $U_w$  eines Fensterelementes (Prüfelement 1230x1480 mm) bzw. die Wärmedurchgangskoeffizienten  $U_D$  und  $U_{cW}$  sind auf Anforderung gemäß Prüfung, Berechnung oder nach den Angaben im ON-Bauteilkatalog nachzuweisen.

#### 2.4.6 Luftdurchlässigkeit und Schlagregendichtheit

Luftdurchlässigkeit und Schlagregendichtheit für Fenster, Türen und Vorhangfassaden sind in den jeweiligen Produktnormen geregelt und müssen durch ein Prüfzeugnis einer anerkannten Prüfanstalt nachgewiesen werden.

Fenster und Türen  
gemäß ÖNORM EN 14351-1 bzw.  
ÖNORM B 5300 und ÖNORM B 5339  
sowie den darin enthaltenen  
diesbezüglichen Normenverweisen

Vorhangfassaden  
gemäß ÖNORM EN 13830  
sowie den darin enthaltenen  
diesbezüglichen Normenverweisen

#### 2.4.7 Schallschutz

Für die Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen zum Schallschutz nach OIB-Richtlinie 5 bzw. der im Leistungsverzeichnis geforderten Schalldämmmaße sind auf Anforderung rechnerische Nachweise oder Prüfzeugnisse einer anerkannten Prüfanstalt zu erbringen.

Fenster und Türen  
gemäß ÖNORM EN 14351-1 bzw.  
ÖNORM B 5300 und ÖNORM B 5339  
sowie den darin enthaltenen  
diesbezüglichen Normenverweisen

Vorhangfassaden  
gemäß ÖNORM EN 13830  
sowie den darin enthaltenen  
diesbezüglichen Normenverweisen

Die Anschlüsse zwischen dem Abschlusselement und dem Baukörper sind auch unter Beachtung der Anforderungen an die Schalldämmung auszubilden.

#### 2.4.8 Regen- und Kondensationsschutz

Alle Anschlüsse an das Bauwerk sind innen luftdicht und so weit diffusionsdicht, dass eine zu Schaden führende Durchfeuchtung der angrenzenden Bauteile verhindert wird, außen schlagregendicht und diffusionsoffen auszuführen. Fugen und Hohlräume sind vollständig mit entsprechendem Dämmmaterial zu füllen.

Falze und Profalnuten, in die Niederschlag eindringen kann und in denen sich Kondensat bilden könnte, müssen eine kontrollierte Entwässerung über die Konstruktion nach außen aufweisen. Die diesbezüglichen Verarbeitungsrichtlinien für das jeweilige Aluminium-Profilssystem sind verbindlich einzuhalten.

Nach außen offene, sichtbare Entwässerungsschlitze sind mit Abdeckkappen zu schützen.

Für die Erfüllung des Kondensationsschutzes an Bauteiloberflächen gilt die ÖNORM B 8110-2.

### **2.4.9 Feuerschutz**

Die Anforderungen des Feuerschutzes an Bauteile sind dem Leistungsverzeichnis zu entnehmen.

Weitere gesetzliche Anforderungen wie z. B. Brandverhalten, Brandweiterleitung, Herabfallen großer Teile, usw. sind in den Teilen der OIB-Richtlinie 2 enthalten.

## **2.5 Stand der Technik: Anforderungen an die Oberflächen**

### **2.5.1 Aluminium**

#### **2.5.1.1 Anodische Oxidation (Eloxal)**

Die anodische Oxidation der Aluminiumprofile und/oder -bleche ist gemäß ÖNORM C 2531 auszuführen.

Ferner sind die entsprechenden Vorschriften für die Qualitätssicherung der QUALANOD zu beachten.

Oberflächenbehandlungen, wie z. B. Struktur A0 bis A6 (E0 bis E6), Farbe C0 (natur), C2-C4 (Goldfarbtöne), C31-C35 (leichtbronze bis schwarz) oder Edelstahloptik müssen vereinbart und festgelegt werden.

Die jeweiligen Dickenklassen der anodisch erzeugten Oxidschichten sind abhängig vom Anwendungsfall und sind in ÖNORM EN ISO 7599 bzw. ÖNORM C 2531 definiert.

Nach Auftragserteilung müssen die herstellungsmäßig bedingten Farb- und Strukturabweichungen durch Grenzfarbmuster vereinbart werden. Die Produktion erfolgt erst nach Freigabe der Grenzmuster.

#### **2.5.1.2 Pulverbeschichtung**

Pulverbeschichtungen auf Aluminium sind gemäß den Anforderungen ÖNORM EN 12206-1 auszuführen.

Ferner sind wahlweise die Gütevorschriften der GSB-International (Gütegemeinschaft für die Stückbeschichtung von Bauteilen e.V.), der QUALICOAT bzw. des ofi Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik (OFI CERT) zu beachten.

Betreffend die Art der Vorbehandlung und die Schichtdicken sind die einschlägigen Bestimmungen der Gütevorschriften der GSB bzw. QUALICOAT einzuhalten.

Als Kalkulationsgrundlage gilt der im Leistungsverzeichnis angegebene Oberflächenanspruch: Farbton, Glanz, Effekt, Struktur, Anforderung an den Korrosionsschutz (Korrosivitätsklasse) und Pulverqualität (standard, hochwetterfest).

Bei Vereinbarung werden nach Auftragserteilung die herstellungsmäßig bedingten Farb- und Strukturabweichungen durch Sichtmuster belegt. Die Produktion erfolgt in diesem Fall erst nach Freigabe der Muster.

#### **2.5.1.3 Einbrennlackierung**

Für Aluminiumoberflächen sind die Gütevorschriften der Gütegemeinschaft für die Stückbeschichtung von Bauteilen e.V. bzw. des OFI CERT zu beachten.

Betreffend die Schichtdicken sind die einschlägigen Bestimmungen der Gütevorschriften GSB bzw. ofi Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik einzuhalten.

Als Kalkulationsgrundlage gilt der im Leistungsverzeichnis angegebene Oberflächenanspruch: Farbton, Glanz, Effekt, Struktur und Anforderung an den Korrosionsschutz (Korrosivitätsklasse).

Bei Vereinbarung werden nach Auftragserteilung die herstellungsmäßig bedingten Farb- und Strukturabweichungen durch Grenzfarbmuster belegt. Die Produktion erfolgt erst nach Freigabe der Grenzmuster.

#### **2.5.1.4 Temporärer Oberflächenschutz**

Soweit im nachfolgenden Leistungsverzeichnis Schutzfolien oder -lacke vorgeschrieben sind, müssen diese nach der Montage rückstandslos entfernt werden. Längere Einsatzzeiten als sechs Monate sind zu vereinbaren. Schutzfolien oder -lacke für den vorübergehenden Oberflächenschutz müssen mit den angrenzenden Baustoffen verträglich sein. Es ist sicherzustellen, dass die Schutzfolien oder -lacke ausreichende Schichtdicken und UV-Beständigkeit für sechs Monate aufweisen.

#### **2.5.2 Stahl**

Feuerverzinkung: Zinküberzug 50-85 µm nach ÖNORM EN ISO 1461, sofern nicht sendzimirverzinktes Material verwendet wird.

### **2.6 Stand der Technik: Anforderungen an Verglasung, Ausfachung**

Die Glasdicken bzw. Ausfachungen sind unter Berücksichtigung der angegebenen Belastungen zu ermitteln. Einwirkungen aus anderen Bereichen sind gegebenenfalls im Leistungsverzeichnis gesondert angeführt.

Bei speziellen Anwendungen (Lichtdächer, Überkopfverglasungen, Sondergrößen usw.) sind statische Berechnungen oder Prüfnachweise vorzulegen. Dazu ist ein Hinweis in den entsprechenden Positionen vermerkt.

Die Verglasung ist gemäß den Vorgaben des jeweiligen Profilsystems durchzuführen. Weiters gelten die Vorschriften der Isolierglashersteller. Der Ausführung liegen die ÖNORM B 3722 sowie die Normen der Normenreihe ÖNORM B 3716 zugrunde.

Die Abdichtung der Gläser und Paneele erfolgt mittels auswechselbarer Elastomer-Dichtprofile aus EPDM. Die Dichtprofile müssen der DIN 7863 entsprechen. Es müssen Dichtungsprofile und gegebenenfalls vulkanisierte Dichtungsrahmen des jeweiligen Profilsystems verwendet werden. Die Abdichtung nichttransparenter Ausfachungen erfolgt sinngemäß.

### **2.7 Stand der Technik: Anforderungen an hinterlüftete Bekleidungen**

Hinterlüftete Wand-, Brüstungs- und sonstige Bekleidungen sind so auszuführen, dass eingedrungenes Wasser kontrolliert nach außen ablaufen kann bzw. Kondensat nach außen abgelüftet wird und nicht Ursache einer schädlichen Durchfeuchtung der Wärmedämmung wird.

### **2.8 Stand der Technik: Anforderungen an Ausführung und Montage**

#### **2.8.1 Freigabe von Planungsunterlagen**

Die Detailplanung ist auf Basis der Planungsunterlagen des Auftraggebers (Ausführungsplanung siehe Pkt 1.1) zur Freigabe vorzulegen sowie bei der Preisbildung zu berücksichtigen. Die Ausführungen

erfolgen gemäß ÖNORM B 5320 - Einbau von Fenstern und Türen in Wände - Planung und Ausführung des Bau- und des Fenster-/Türanschlusses als Standard-Fensteranschluss.

Bei speziellen Anwendungen (Lichtdächer, Überkopfverglasungen, Sondergrößen usw.) sind statische Berechnungen in prüffähiger Form vorzulegen.

### **2.8.2 Produktionsfreigabe**

Die Produktion erfolgt nach der schriftlichen Produktionsfreigabe.

Wenn für Sonderkonstruktionen Prüfungen verlangt werden, darf mit der Produktion erst nach positivem Abschluss aller vorgeschriebenen Versuche und Prüfungen begonnen werden. Die Nachweise sind auf Verlangen vorzulegen.

### **2.8.3 Verarbeitung**

Grundsätzlich sind die Verarbeitungsrichtlinien des jeweiligen Systemherstellers zu berücksichtigen.

Bei der Verarbeitung sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Ausschließliche Verwendung von Profilen, Dichtungen, Zubehör und Beschlägen des jeweiligen Systemherstellers
- Passgenauigkeit und Bündigkeit der Eck- und Stoßverbindungen
- Maßhaltigkeit der Kammer zwischen Blend- und Flügelrahmen
- Maßgenauer Einbau und funktionsgerechte Verklebung der Dichtungen, der Dichtungsecken und der Dichtungsstöße
- Dimensionierung, Anordnung und Anzahl der Entwässerungspunkte
- Abdichtung der Profilstöße und deren mechanischen Verbindungen
- Die Leichtgängigkeit der beweglichen Beschlagsteile ist durch Fetten und richtige Justierung der einzelnen Teile sicherzustellen

### **2.8.4 Blecharbeiten**

Es müssen alle für eine funktionsgerechte Leistung notwendigen An- und Abschlüsse, Befestigungsbügel, Unterkonstruktionen, Hilfs-, Isolations- und Fugendichtungsmaterialien sowie Trennlagen erhalten sein.

An- und Abschlüsse sind aus mindestens 2 mm dicken Aluminiumblechen anzufertigen.

Die Bearbeitung der Bleche muss vor deren Oberflächenveredelung vorgenommen werden. Wenn im Leistungsverzeichnis verlangt, ist die Rückseite der Bleche mit Antidröhnmaterial zu behandeln.

### **2.8.5 Blindstöcke**

Die Verankerungen der Blindstöcke sind so auszuführen, dass sie die Lasten auf den Baukörper übertragen, insbesondere die von den Bändern, Lagern, Riegeln und Pfosten ausgehenden Kräfte. Bewegungen des Baukörpers dürfen nicht auf die Blindstöcke übertragen werden.

Bei Blindstöcken beträgt der maximale Abstand zwischen den Befestigungspunkten 700 mm, der Abstand von den Außenecken 100 bis 200 mm. Bei Türen sind im Bereich der Bänder zusätzliche Befestigungspunkte vorzusehen.

Außerordentliche Belastungen wie z. B. durch den Baustellenverkehr werden durch Blindstöcke nicht aufgenommen.



Die Montage der Blindstöcke muss unter Einhaltung der entsprechenden Toleranzen plangemäß (z. B. flucht- und lotgerecht) nach den bauseits in jedem Geschoß und an jeder Achse angelegten Meterrissen erfolgen.

Die bauphysikalischen Anforderungen an die Konstruktion sind auch von den Blindstöcken zu erfüllen. Das heißt, Anforderungen aus Wärme-, Feuchte- und Schallschutz sind zu berücksichtigen.

### **2.8.6 Einbau der Elemente**

Bei entsprechenden Fenster- und Türelementen ist für den Einbau die ÖNORM B 5320 - Einbau von Fenstern und Türen in Wände - Planung und Ausführung des Bau- und des Fenster-/Türanschlusses heranzuziehen. Die Ausführungen erfolgen gemäß dieser Norm als Standard-Fensteranschluss.

Mit der Anlieferung und dem Einbau darf erst nach Freigabe bzw. Abruf durch die örtliche Bauaufsicht begonnen werden.

Um qualitativ hochwertige Baukörperanschlüsse bei Fenstern, Türen und Fassaden sicherzustellen, sind die Vorgaben der Systemhersteller hinsichtlich Befestigung, Bauphysik und Dilatation einzuhalten.

Fenster und Türen müssen an jeder Seite mindestens zweimal mit dem Baukörper verbunden werden - bei einer (inneren) Rahmenlichte  $\leq 450$  mm ist ein Befestigungsmittel ausreichend. Bei allseitig befestigten Fensterelementen beträgt der maximale Abstand zwischen den Befestigungspunkten 700 mm, der Abstand von den Rahmeninnenecken und bei Pfosten und Riegeln von der Innenseite des Profils 100 bis 200 mm. Bei Türen sind im Bereich der Bänder zusätzliche Befestigungspunkte vorzusehen.

Bei Fassaden sind die Befestigungsabstände objekt- bzw. systemkonform auszuführen. Die erforderlichen Befestigungsbohrungen müssen der Qualität und Dauerhaftigkeit der Konstruktion entsprechen.

Temperaturbedingte Größenänderungen der Bauelemente sowie Formänderungen der anschließenden Bauteile müssen durch konstruktive Fugen mit entsprechenden Dehnungsausgleichselementen aufgenommen werden. Die Ausbildung dieser Fugen hat zumindest den Beanspruchungen der Gesamtkonstruktion in Bezug auf Schall-, Luftdichtheit und Schlagregendichtigkeit sowie Wärmeschutz zu entsprechen.

Die Montage der Aluminiumbauelemente muss unter Einhaltung der entsprechenden Toleranzen plangemäß (z. B. flucht- und lotgerecht) nach den bauseits in jedem Geschoß und an jeder Achse angelegten Meterrissen erfolgen.

Die Anschlüsse müssen den Anforderungen hinsichtlich Festigkeit, Bauphysik und Funktion gerecht werden.

### **2.8.7 Blitzschutz**

Die dem Österreichischen Verband für Elektrotechnik (ÖVE) entsprechenden Vorschriften zur Erreichung des geforderten Blitzschutzes sind durch Einhaltung der ÖVE/ÖNORM E 8049-1 zu erfüllen. Bei Fassaden ist der Potenzialausgleich entsprechend ÖNORM EN 13830 sicherzustellen.

### **2.8.8 Schutz der Elemente**

Soweit Schutzfolien oder -lacke eingesetzt werden, müssen diese unmittelbar nach der Montage rückstandslos entfernt werden. Ein darüber hinausgehender Schutz der Elemente ist zu vereinbaren und in einer eigenen auszuweisenden Position auszuweisen.

### **2.8.9 Qualitätssicherung**

Auf Verlangen des Auftraggebers ist eine ISO-9001-Zertifizierung des Systemherstellers bzw. des Systemanbieters vorzulegen.

Als Basis für die Fertigung müssen systemspezifische Dokumentationen in Form von Verarbeitungsrichtlinien vorliegen. Die Verarbeitung muss entsprechend den spezifischen Anforderungen und diesen Dokumentationen durchgeführt werden und prüfbar sein.

Als Basis für die Montage sind die geprüften und freigegebenen Ausführungspläne zu verwenden, die Qualitätskontrolle erfolgt durch die örtliche Bauaufsicht.

### **2.9 Stand der Technik: Anforderungen an Dauerhaftigkeit und Wartung**

Es gelten die EN-Produktnormen und die einschlägigen ÖNORMEN sowie die Wartungs- und Pflegeanleitungen des jeweiligen Systemherstellers.

Soweit im nachfolgenden Leistungsverzeichnis ein Wartungsvertrag vorgeschrieben ist, sind die Wartungs- und Pflegeanleitungen des jeweiligen Systemherstellers beizulegen.

### **2.10 Prüfberichte und Nachweise**

Für die angewendeten Fenster- und Tür-Konstruktionen ist auf Anfrage eine Systemprüfung nachzuweisen.

Auf Verlangen sind zusätzlich Prüfberichte und/oder rechnerische Nachweise über die bauphysikalischen und statischen Eigenschaften des verwendeten Profilsystems vorzulegen.

Rückbau und Recycling:

Bei Alukonstruktionen handelt es sich um hochwertige Werkstoffe. Ist zur Erstellung der Neufassade der Abbau einer bestehenden Alukonstruktion erforderlich, so sind die enthaltenen wertvollen Rohstoffe nachweislich einem Recycling zuzuführen.

Zertifikate als Nachweis:

Bei Lieferung von Stahl- und Aluminiumtragwerken:

Zertifizierung nach ÖNORM EN 1090-1 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“, wobei neben dem Nachweis für die Zertifizierung auch der Nachweis für eine normgerechte Fremdüberwachung beizubringen ist.

Bei Lieferung von Feuerschutzkonstruktionen:

Klassifizierung nach ÖNORM EN 13501-2 bzw. - wenn zutreffend - Nachweise gemäß relevanter Normen (ÖNORM EN 16034, ÖNORM B 3850, ÖNORM B 3851, ÖNORM EN 357)

Bei Lieferung von Paniktüren:

Zertifizierung nach ÖNORM EN 14351-1, wobei neben dem Nachweis für die Zertifizierung auch der Nachweis für eine normgerechte Fremdüberwachung beizubringen ist.

Bei Lieferung von natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten:  
Zertifizierung nach ÖNORM EN 12101-2, wobei neben dem Nachweis für die Zertifizierung auch der Nachweis für eine normgerechte Fremdüberwachung beizubringen ist.

Alle Nachweise sind in deutscher Sprache beizubringen. Bei fremdsprachigen Nachweisen ist eine notariell beglaubigte Übersetzung beizubringen, widrigenfalls der Nachweis nicht anerkannt werden kann.



## STUDIENTEIL

---

### **Fensterwerkstoffe im Vergleich: Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau**

Eine Potenzialanalyse aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht

Die zur Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER zählenden Fenster- und Profilsysteme verursachen im Vergleich zu anderen Fenstern weniger Kosten und belasten die Umwelt in einem geringeren Ausmaß. In der vorliegenden Potenzialanalyse wurde eine lebenszyklische Sichtweise gewählt, bei der die gesamten finanziellen und ökobilanzbezogenen Auswirkungen verschiedener Fenstermaterialien betrachtet werden.

**Verfasser:**

bauXund forschung und beratung gmbh  
M.O.O.CON GmbH  
unter Anwendung des LZK-Tools



# **Fensterwerkstoffe im Vergleich: Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau**

Eine Potenzialanalyse aus wirtschaftlicher  
und ökologischer Sicht

Wien, September 2015

DIE STUDIE  
ZUM DOWNLOAD UND  
ALS ONLINE-BLÄTTERKATALOG  
UNTER

[WWW.ALUFENSTER.AT/FENSTERSTUDIE2015](http://WWW.ALUFENSTER.AT/FENSTERSTUDIE2015)





## **Fensterwerkstoffe im Vergleich:**

### **Lebenszykluskosten und Ökobilanz im Wohnbau**

Eine Potenzialanalyse aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht

ISBN 978-3-200-04440-1

Wien, September 2015

Verfasser:

#### **DI Maria Popp**

bauXund forschung und beratung gmbh

Ungargasse 64-66/Stg.4/2.Stock

1030 Wien

[office@bauxund.at](mailto:office@bauxund.at)

[www.bauxund.at](http://www.bauxund.at)

#### **DI Linus Waltenberger**

M.O.O.CON GmbH

Wipplingerstraße 12/2

1010 Wien

[office@moo-con.com](mailto:office@moo-con.com)

[www.moo-con.com](http://www.moo-con.com)

Auftraggeber:

#### **Aluminium-Fenster-Institut**

Johnstraße 4

1150 Wien

[office@alufenster.at](mailto:office@alufenster.at)

[www.alufenster.at](http://www.alufenster.at)

In Kooperation mit:

#### **Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden**

Wiedner Hauptstraße 63

1045 Wien

[amft@fmfi.at](mailto:amft@fmfi.at)

[www.amft.at](http://www.amft.at)



## Inhaltsübersicht

1	Einleitung.....	7
1.1	Kurzfassung.....	7
1.2	Problemstellung.....	8
1.3	Stand der Technik.....	9
1.3.1	Positionspapier ALU-FENSTER.....	9
1.3.2	Weitere Studien.....	10
1.3.3	Normen und Richtlinien.....	13
1.4	Lebensdauerdiskussion.....	14
1.5	Methodik.....	15
1.5.1	LZK Tool <sup>ÖKO</sup> .....	15
1.5.2	Methodik zur Betrachtung der Auswirkungen auf die Kosten.....	16
1.5.3	Methodik zur Betrachtung der Auswirkungen auf die Umwelt.....	17
1.6	Untersuchung Referenzobjekt.....	21
1.7	Rahmenbedingungen und Szenarien.....	22
1.7.1	Szenario 1: Langfristige Betrachtung.....	23
1.7.2	Szenario 2: Kurzfristige Betrachtung.....	23
1.7.3	Szenario 3: Fachliteratur-Mittelwerte.....	23
1.7.4	Darstellung der untersuchten Szenarien.....	24
1.8	Daten.....	25
1.8.1	Datenquellen Kosten.....	25
2	Evaluierung und Ergebnisse der Szenarien.....	27
2.1	Ergebnisdiskussion Kosten.....	27
2.1.1	Szenario 1: Langfristige Betrachtung.....	27
2.1.2	Szenario 2: Kurzfristige Betrachtung.....	28
2.1.3	Szenario 3: Fachliteratur-Mittelwerte.....	29
2.1.4	Zusammenfassung Lebenszykluskosten.....	30
3	Lebenszyklusanalyse (LCA).....	31
3.1.1	Datenquellen Ökobilanz.....	31
3.1.2	Die gewählten Daten.....	32
3.1.3	Bewertung der einzelnen Lebenszyklusphasen bei der Erstellung der EPDs.....	33
3.1.4	Anmerkungen zur Datengrundlage der Muster-EPDs des ift Rosenheim.....	36
3.1.5	Anwendbarkeit für Österreich.....	37
3.2	Ergebnisdiskussion LCA.....	39
3.2.1	Szenario 1: Langfristige Betrachtung.....	40
3.2.2	Szenario 2: Kurzfristige Betrachtung.....	41
3.2.3	Szenario 3: Fachliteratur-Mittelwerte.....	41

3.2.4	Die Verglasung .....	42
3.2.5	Zusammenfassung Ökobilanz .....	42
3.3	Ergebnis .....	44
3.4	Glossar .....	45
3.5	Daten .....	48
3.6	Literaturverzeichnis .....	53
3.7	Abbildungsverzeichnis .....	56
3.8	Tabellenverzeichnis .....	57
3.9	Werte zu Tabellen .....	58

# 1 Einleitung

## 1.1 Kurzfassung

In der vorliegenden Potenzialanalyse werden die Auswirkungen von Aluminium-, Holz-Aluminium-, Holz-, Kunststoff- und Kunststoff-Alufenstern auf die Kosten und die Ökobilanz von Wohngebäuden evaluiert.

Dabei liegt der Fokus in der vorliegenden Arbeit aber nicht wie meist üblich auf den Investitionskosten und den bei der Herstellung der Produkte entstehenden Umweltwirkungen, sondern es werden die gesamten finanziellen und ökobilanzbezogenen Auswirkungen verschiedener Fenstermaterialien innerhalb unterschiedlicher, für Wohngebäude kalkulatorisch interessanter Anwendungszeiträume betrachtet.

Da es sich bei transparenten Fassadenelementen auch immer um integrale Teile eines Gebäudes handelt und Entscheidungen immer hinsichtlich dessen getroffen werden sollten, werden in der vorliegenden Studie alle Berechnungen in den Kontext des Gesamtgebäudes gesetzt und als solche dargestellt und bewertet.

Im Rahmen der Untersuchung zeigt sich, dass die Betrachtung über einen längeren Zeitraum zu einer gänzlich anderen Beurteilung der Kosten führt, als die reine Beurteilung der Erstinvestition. Während etwa bei den Anschaffungskosten Kunststofffenster beinahe um den halben Preis von Aluminiumfenstern erhältlich sind, zeigt sich über einen Betrachtungszeitraum von sechzig Jahren, dass sich dieses Verhältnis am Ende umkehrt und eben diese Kunststofffenster fast doppelt so hohe Kosten verursachen wie die zunächst scheinbar teureren Aluminiumfenster.

Kostenseitig haben die während der Lebensdauer vorzunehmenden Wartungsarbeiten und vor allem die insgesamt, bis zu einem notwendigen Tausch der Elemente, zu erwartende Lebensdauer einen wesentlich größeren und im Endeffekt entscheidenden Einfluss auf die Gesamtkosten.

Die Lebensdauer ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Standort- und Wartungsbedingungen bei allen Fenstertypen großen Schwankungen unterworfen und daher nicht eindeutig festzulegen. Um die Sensibilität hinsichtlich der Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen zu wecken, wurden in dieser Arbeit drei verschiedene Lebensdauerszenarien untersucht.

Letzten Endes sind bei einer längerfristigen Bewertung jene Fenster, die sich durch geringe Wartungsansprüche und eine gute Witterungsbeständigkeit auszeichnen, sowohl bei den Kosten als auch bei den hervorgerufenen Umweltwirkungen klar im Vorteil. Je länger der Betrachtungszeitraum gewählt wird, also je länger das Gebäude in Verwendung steht, desto deutlicher wird dieser Unterschied.

In Bezug auf die Ökobilanz zeigt sich, dass der Einfluss der Fensterelemente im Vergleich zum gesamten Gebäude, aufgrund des im Wohnbau eher niedrigen Flächenanteils der transparenten Fassadenelemente, nicht allzu groß ist. Die Wahl unterschiedlicher Rahmenmaterialien bewirkt hier nur Veränderungen der Auswirkungen im Zehntelprozentbereich, während die Wahl einer besseren wärmetechnischen Qualität der Fensterelemente oder einer anderen Energiequelle zur Abdeckung der Nutzenergie mehrere Prozentpunkte verändern kann.

Dennoch zeigen sich durch die Betrachtung der Ökobilanz der Elemente über ihren gesamten Lebenszyklus, also über die Phasen der Herstellung, der Nutzung, des Rückbaus unter Einbeziehung der im Rahmen der Entsorgung rückgewonnenen Recyclinggutschriften teilweise überraschende neue Perspektiven. So stellen sich jene Fenster, deren Grundmaterialien nach einer langen Lebensdauer einem hochwertigen stofflichen Recycling zugeführt werden können, wie das bei Aluminiumfenstern der Fall ist, in diesem Licht wesentlich besser dar, als Rahmenmaterialien, die zwar bei ihrer Herstellung durch einen zunächst geringeren Energiebedarf weniger umweltwirksam erscheinen, an ihrem Lebensende aber einer thermischen Verwertung zugeführt werden müssen wie etwa Holzfenster, oder im schlechtesten Fall als Problemstoff entsorgt werden müssen.

## 1.2 Problemstellung

Rahmenmaterialien für transparente Fassadenelemente sind auf Seiten der unterschiedlichen Hersteller- und Nutzerverbände im Wohnbau ein vielfach und teilweise sehr kontroversiell diskutiertes Thema. Immer wieder geht es dabei in erster Linie um Kosten, zunehmend aber auch um umweltbezogene Aspekte. Viele der in dieser Diskussion vorgebrachten Argumente beruhen jedoch nur auf Annahmen und nicht näher überprüften, vorgefassten Meinungen. Ausgegangen wird im Regelfall nur von den im Moment der Erstinvestition entstehenden finanziellen und umweltrelevanten Auswirkungen.

Dass bei Bauvorhaben die Investitionskosten nur einen Teil der über den Lebenszyklus einer Immobilie aufkommenden Gesamtkosten ausmachen, ist von Bauträgern bis Handwerkern jedem geläufig. Das Bewusstsein, im Sinne einer nachhaltigen Errichtung von Gebäuden auch die Folgekosten zu betrachten, steigt. Gerade im geförderten Wohnbau, der im politischen Diskurs oft um das „leistbare Wohnen“ steht, stellt sich die Frage: Ist jenes Gebäude, welches ich heute günstig baue auch das Gebäude, welches sich über die nächsten Jahrzehnte im Betrieb dem Gebäudeeigentümer und seinen Nutzern günstig und bedarfsgerecht präsentiert? In diesem Sinne werden bei umsichtigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen die Lebenszykluskosten zur Beurteilung herangezogen.

Zunehmende Aufmerksamkeit bekommt die Thematik der Lebenszykluskostenbetrachtung im Hochbau vor allem auch dadurch, dass sie sich in allen gängigen nationalen und internationalen Zertifizierungssystemen wie ÖGNI/DGNB, ÖGNB/TQB, BREEAM oder LEED findet und dadurch Bauherren auf dem Gebiet der Vollkostenbetrachtung sensibilisiert werden. Weiters gibt es auch in der Politik Bestrebungen, Lebenszykluskostenbetrachtungen in öffentlichen Vergabeverfahren als wichtiges Kriterium einzuführen.

Es ist als sehr wahrscheinlich anzusehen, dass die Baubranche in Zukunft aufgrund von Marktdruck (steigende Nachfrage) beziehungsweise politischem Interesse (Normen, Verordnungen) eine intensive Auseinandersetzung mit Gebäudefolgekosten, und somit den Lebenszykluskosten führen wird. Baustoffe und Bauteilgruppen die bereits jetzt hinsichtlich ihres ökologischen und ökonomischen Lebenszyklus betrachtet und optimiert werden, werden einen kompetitiven Vorteil haben.

Ein vieldiskutierter Aspekt im Bereich des Wohnbaues sind die transparenten Fassadenelemente. An diese gibt es neben den engen ökonomischen Vorgaben auch hohe Anforderungen mechanischer und bauphysikalischer Natur und einen hohen Anspruch an ihre Dauerhaftigkeit.

Wie gut die unterschiedlichen im Wohnbau eingesetzten Rahmenmaterialien diesen Ansprüchen gerecht werden, wo die Vor- oder Nachteile der einzelnen Materialien sind, darüber gibt es zwar eine Menge Annahmen, aber derzeit wenig konkrete Berechnungen.

Aus Investitionskostengründen tendieren viele gemeinnützige Wohnbauträger, vor allem im sozialen Wohnbau mit einem bindenden Baukostendeckel, zu Kunststofffenstern. In anderen Bereichen des Wohnbaus kommen aber auch Holz-, Holz-Aluminium-, Aluminium- und Kunststoff-Aluminiumfenster zum Einsatz. Dabei spielen für Bauherren Überlegungen zu Wirtschaftlichkeit, Ökologie, Wartungsfreundlichkeit und Dauerhaftigkeit eine Rolle.

Jodl et al. haben mit dem „Positionspapier ALU-FENSTER“ (Jodl et al., 2010) untersucht, wie sich die unterschiedlichen Fenstermaterialien im direkten Vergleich zueinander im Lebenszyklus verhalten. In der vorliegenden Arbeit soll ebendieses Verhalten in ökonomischer und ökologischer Hinsicht im Kontext des Gesamtgebäudes untersucht werden.

Zur Bewertung der ökologischen Qualität wird auch in dieser Arbeit die Ökobilanz herangezogen, da diese im Baubereich als anerkannte, wenn auch nur einen Teilausschnitt beschreibende Methode gilt.

### 1.3 Stand der Technik

Gesamtheitliche Wirtschaftlichkeits- sowie Umweltbetrachtungen haben sich in vielen Branchen, die auf Basis von Massenfertigung arbeiten, schon seit längerem durchgesetzt. Im Hochbau sind Methoden wie Lebenszykluskostenberechnung und Ökobilanzierung zwar bekannt, werden aber noch nicht standardmäßig angewandt.

Auch in der zugehörigen Industrie und bei den Lieferanten im Baubereich sind diese Methoden noch nicht weit genug ins Bewusstsein getreten, als dass sich die einzelnen Hersteller mit Hilfe diesbezüglicher Analysen differenzieren und am Markt positionieren würden. Die Forschung beschränkt sich sehr oft auf rein technische Aspekte der Materialwissenschaften und der Produktionskosten. Nur wenige Branchen legen ihr Augenmerk auch heute schon auf die lebenszyklische Performance ihrer Produkte.

Gleichzeitig muss man sich auch den Grenzen der Aussagekraft von Lebenszykluskosten- und Ökobilanzberechnungen bewusst sein und darf diese nicht überinterpretieren. Beide hängen in hohem Maße vom Vorhandensein sowie der Transparenz und der Qualität von Daten ab. Hier, und dies zeigen auch die Literaturrecherchen zur vorliegenden Studie, ist die aktuelle Situation teilweise noch unbefriedigend. Oft sind Datengrundlagen von Ökobilanzen nicht schlüssig nachvollziehbar und die für die Beurteilung des lebenszyklischen Verhaltens von Fensterwerkstoffen extrem wichtige Nutzungsdauer wird in verschiedenen Studien mit großen Unterschieden definiert.

Das Aluminium-Fenster-Institut hat bereits im Jahr 2010 das „Positionspapier ALU-FENSTER“ (Jodl et al., 2010) herausgegeben, das sich grundlegend mit der Thematik auseinandersetzt und Bauherren, Architekten und Investoren eine Entscheidungshilfe gibt.

#### 1.3.1 Positionspapier ALU-FENSTER

Im Jahr 2010 wurden im Rahmen einer Arbeit des Instituts für Bauprozessmanagement (IBPM) der TU Wien in Zusammenarbeit mit der MA 39, der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien die Lebenszykluskosten und die Ökobilanzauswirkungen der Fensterrahmenwerkstoffe Aluminium, Holz-Aluminium, Holz und Kunststoff untersucht. (Jodl et al., 2010)

Bezüglich der Kosten kamen die Autoren zum Schluss, dass Aluminiumfenster im Wohnbau, über einen Betrachtungszeitraum von 60 Jahren, die wirtschaftlichsten Ergebnisse liefern.

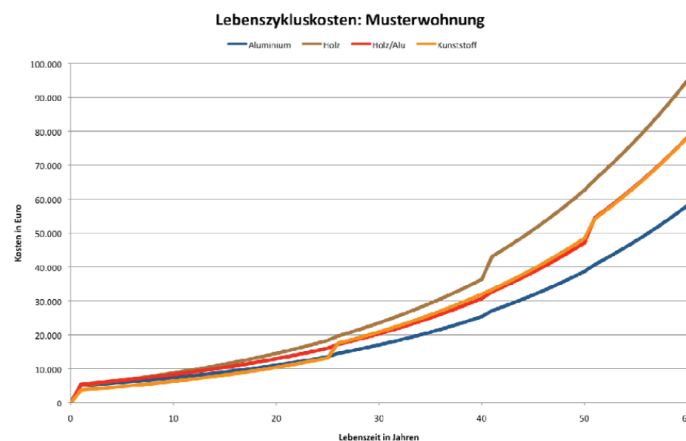


Abbildung 1: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Vergleich der Rahmenwerkstoffe (Jodl et al., 2010)

Zur Beurteilung der Ökobilanz wurde in diesem Positionspapier der OI3-Index herangezogen.

Der OI3-Index ist ein in Österreich gängiger Ökobilanzindikator. Bei diesem werden das Treibhauspotenzial, das Versauerungspotenzial und der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie, die zur Herstellung eines Produktes erforderlich sind, zu einem Einzahlwert, dem OI3-Index (Öko-Index 3) aggregiert.

Bei der Gegenüberstellung der OI3-Indizes von Fenstern mit unterschiedlichen Rahmenmaterialien anhand der Daten aus der baubook-Datenbank ergab sich, dass Aluminiumfenster in etwa gleich bzw. sogar etwas günstiger liegen als Holz-Aluminiumfenster und dass zu einem Holzrahmen, bedingt durch die Konzeption des Fensters, ein etwa 25-prozentiger Aufschlag vorliegt. Das Kunststofffenster schneidet mit Abstand am schlechtesten ab.

Rahmenwerkstoff	Uw	PEI n.e.	GWP 100	AP	OI3
	[W/m²K]	[MJ/m²]	[kg/CO₂/m²]	[kgSO₂/m²]	
Holzrahmen, geschäumt	0,898	966,6	28,5	0,34	46
Holzrahmen, natur	0,898	1040,3	4,4	0,39	51
<b>Aluminium therm. getrennt</b>	<b>0,898</b>	<b>1235,0</b>	<b>29,8</b>	<b>0,43</b>	<b>68</b>
Holz/Aluminium	0,898	1259,1	19,4	0,46	70
Kunststoff	0,898	2106,2	87,1	0,66	136

Tabelle 1: Zusammenstellung der OI3-Indizes von Fenstern verschiedener Rahmenwerkstoffe mit 3-Scheibenverglasung (Jodl et al., 2010)

Der Nachteil der Untersuchung der ökologischen Auswirkungen über den OI3-Index anderen Ökobilanzen gegenüber ist jener, dass einerseits nur die oben genannten drei, sehr Energie bezogenen, Umweltwirkungen betrachtet werden, und andererseits, wenn nur dieser angegeben ist, durch die Aggregation der Ergebnisse die Aussagen, in welcher Hinsicht sich ein Material besser oder schlechter als ein anderes verhält, nicht mehr ablesbar sind.

Weiters werden im OI3-Index, ebenso wie in den meisten anderen Ökobilanzbetrachtungen, nur die im Laufe der Herstellung bis zum Werkstor verursachten Auswirkungen beurteilt, während später entstehende Auswirkungen (positive und negative) gänzlich vernachlässigt werden.

In der vorliegenden Potenzialanalyse erfolgt keine Gewichtung der Umweltwirkungen, sondern es werden gemäß EN ISO 14044 (2006), nach der in vergleichenden Studien keine Gewichtung der Einzelkriterien erfolgen darf, Einzelbetrachtungen der Umweltwirkkategorien über alle Phasen im Lebenszyklus der Produkte durchgeführt.

### 1.3.2 Weitere Studien

Im Jahr 2002 haben Asif, Davidson und Muneer eine Vergleichsanalyse zu Fenstermaterialien publiziert. In Bezug auf Lebenszykluskosten haben die Autoren noch festgestellt:

*„There is no standard procedure to compare the capital cost of frames of different materials due to a number of factors including the quality and functionality of windows, brand names and marketing strategies such as, discounts and incentives.“*

*„Es gibt keinen standardisierten Prozess um die Lebenszykluskosten unterschiedlicher Fensterrahmenmaterialien zu vergleichen, da eine Vielzahl an Faktoren, wie Qualität, Funktionalität, Markennamen sowie Marketingmaßnahmen wie Nachlässe und Anreize zu berücksichtigen sind.“*  
(Asif et al., 2002)



Window (frame type)	Estimated service life			Characteristics
	Mean	Median	Inter- quartile range	
Aluminium	43.6	40	12.5	Low maintenance
PVC	24.1	22.5	15	Low maintenance, difficult to repair
Timber	39.6	35	16.3	High maintenance, easy to repair
Al-clad Timber	46.7	45	10	Low maintenance, easy to repair

Tabelle 2: Umfrageanalyse zu Nutzungsdauern von Fenstermaterialien, (Asif et al., 2002)

Die von Asif et al. angeführte Sekundärliteratur stammt überwiegend aus den 1990er Jahren. Dies weist auf die sehr dünne Datenverfügbarkeit hin.

Unter diesem Aspekt sind auch die Ergebnisse zur ökologischen Bewertung der Materialien zu sehen, welche vor über 10 Jahren natürlich noch ganz andere Grundlagen hatten und mittlerweile sowohl hinsichtlich der Produktionsprozesse als auch der Wiederverwertungsmöglichkeiten überholt sind.

Im Jahr 2005 haben Asif et al. in einer neuen Studie eine Nachhaltigkeitsanalyse von Fensterrahmenwerkstoffen veröffentlicht (Asif et al., 2005). Diese zeigt erneut die unterschiedlichen Umweltbelastungen verschiedener Fensterwerkstoffe auf.

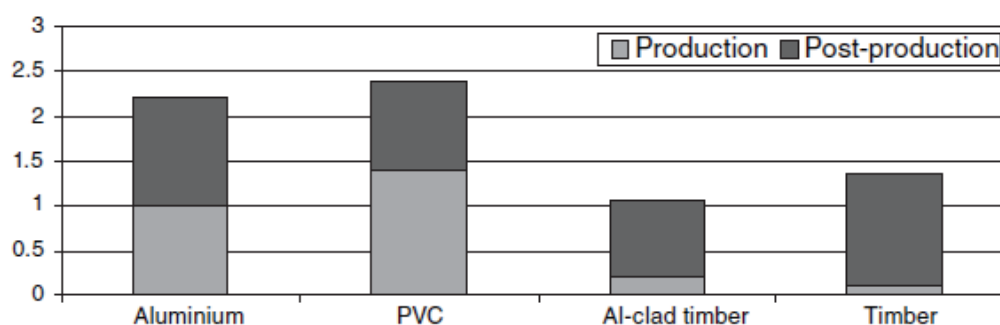


Abbildung 2: Photochemisches Ozonbildungspotenzial (POCP) für verschiedene Rahmenmaterialien [ $\text{g.C}_2\text{H}_4/\text{m}^2\text{a} \text{Äq}$ ] (Asif et al., 2005)

*„Durability and service life of windows largely depend upon the quality of materials employed, exposed conditions and the degree of care taken.“*

*„Haltbarkeit und Nutzungsdauer von Fensterrahmen hängen zu einem großen Teil von der Qualität der eingesetzten Materialien, den Umweltbedingungen und der Wartung und Pflege ab.“ (Asif et al., 2005)*

In dieser Studie wird aber auch auf andere, in einer Lebenszyklusbetrachtung nicht abbildbare Faktoren hingewiesen. Die Lebensdauer eines Fensters hängt nämlich ganz wesentlich von der Qualität der eingesetzten Materialien, der Fertigung, dem Einbau, den Nutzungsbedingungen und der Häufigkeit und Qualität der Wartungsarbeiten ab. Diese sind sehr vom Gebäudeeigentümer und den Gebäudenutzern abhängig und können in einer Studie daher nur angenommen werden.

An der TU Darmstadt beschäftigte sich Frank Ritter ebenfalls damit, die Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen zu erforschen. Dabei ging es Ritter um die Modellierung und praxisnahe Prognose von Lebensdauern. Es stellt sich auch in den Literatur- und Umfragestudien von Ritter (Ritter, 2011) heraus, dass die Varianz der Daten zu Lebensdauern sehr hoch ist, und die in Umfragen erhobenen Lebensdauern, mit Ausnahme der Werte zum Aluminiumfenster, zum Teil deutlich unter den in der Literatur angegebenen Werten liegen.

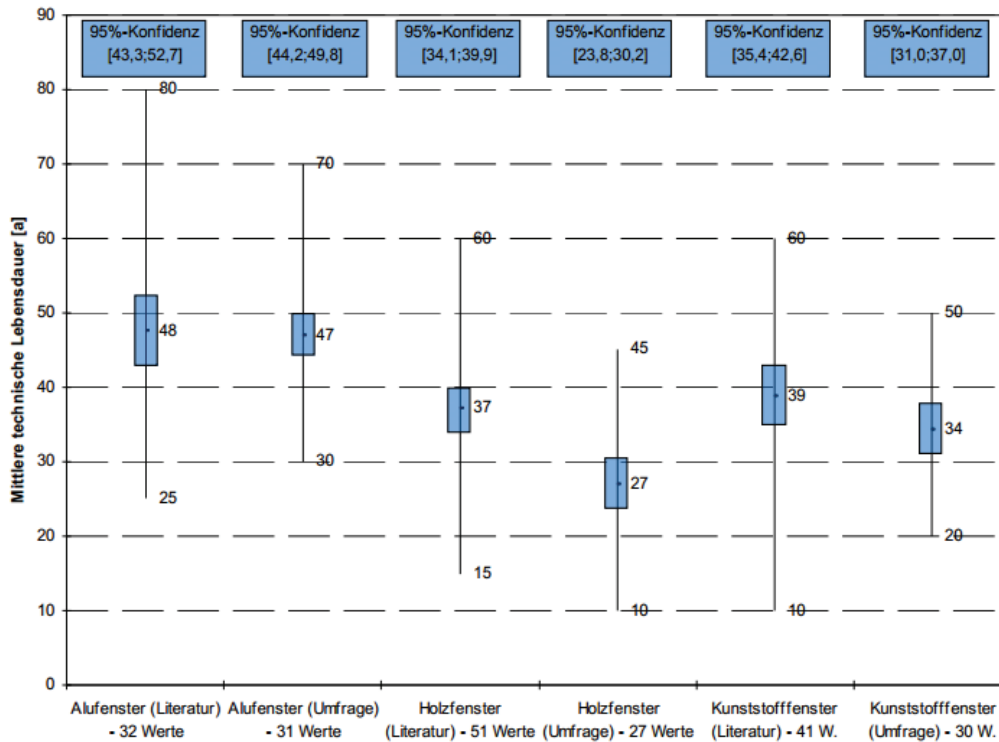


Abbildung 3: Vergleich der mittleren technischen Lebensdauer verschiedener Standardfenster laut Ritter, 2011

„Leider fehlen in der Norm sowohl definierte Referenzbedingungen als auch Angaben zu Referenzlebensdauern sowie notwendige Hilfen zur Quantifizierung der verschiedenen Einflüsse. Trotzdem wird in dieser Arbeit die Grundidee der Faktorenmethode, auf Basis von mittleren Lebensdauern eine objektspezifische Lebensdauer unter Berücksichtigung der vorhandenen Randbedingungen durch Zuschlags- und Abzugsfaktoren zu ermitteln, weiterverfolgt und als Basis des zu entwickelnden Modells verwendet.“ (Ritter, 2011)

### 1.3.3 Normen und Richtlinien

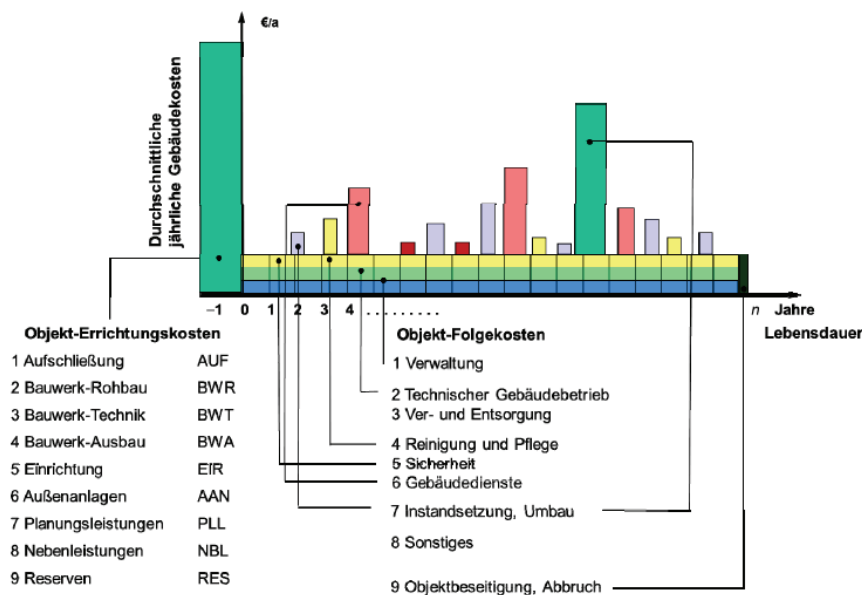


Bild 1 — Gesamtkosten der Errichtung und Folgekosten

Abbildung 4: Schematische Darstellung: Definition von Lebenszykluskosten als Summe von Objekt-Errichtungskosten und Objekt-Folgekosten (ÖNORM B 1801-2, 2011)

#### Normen Lebenszykluskosten

Bei einer Lebenszykluskostenanalyse (LCCA) werden alle anfallenden Kosten für Herstellung, Gebäudebetrieb, Abbruch und Entsorgung auf einen definierten Zeithorizont bilanziert. In Österreich gibt es seit dem Jahr 2014 die ÖNORM B 1801-4 „Berechnung von Lebenszykluskosten“. Diese stellt eine standardisierte Methodik zur Berechnung von Lebenszykluskosten vor.

In Deutschland fehlt eine standardisierte Berechnungsmethodik, wenngleich die DIN 18960 „Nutzungskosten im Hochbau“ eine Definition von Lebenszykluskosten vorgibt.

#### Normen Ökobilanz

Die europäische Norm EN ISO 14040 (2009) „Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen“ klärt die Grundsätze und Rahmenbedingungen von Ökobilanzen und beschreibt diese wie folgt: Umweltaspekte und deren potenzielle Umweltwirkung von Rohstoffgewinnung, Produktion, Anwendung, Abfallbehandlung, Recycling und Beseitigung (ÖNORM EN ISO 14040, 2009).

Die europäische Norm EN ISO 14044 (2009) „Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen“ ist eine Zusammenfassung der bisherigen ISO-Normen 14041 bis 14043 und umfasst die folgenden Elemente:

- Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen (Umfang), ISO 14040
- Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen
- Sachbilanz (ehem. ISO 14041)
- Umweltmanagement – Ökobilanz – Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz
- Wirkungsabschätzung (ehem. ISO 14042)
- Umweltmanagement – Ökobilanz – Wirkungsabschätzung
- Auswertung (ehem. ISO 14043)

## Umweltmanagement – Ökobilanz – Auswertung

Ziel dieser Revision der Normenreihe war eine Vereinfachung durch Zusammenfassung und dadurch eine verbesserte Lesbarkeit. Die Inhalte blieben weitgehend unverändert.

In der ÖNORM EN 15804 (2012) „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“ werden grundlegende Produktkategorieregeln (Product Category Rules, PCR) für Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declarations, EPDs) für Bauprodukte und Bauleistungen aller Art festgelegt.

Diese definieren die zu deklarierenden Parameter und die Art, wie sie auf Vollständigkeit überprüft und kommuniziert werden, beschreiben, welche Stadien des Lebenszyklus eines Produktes in der EPD berücksichtigt werden und welche Prozesse in die Stadien des Lebenszyklus einzubeziehen sind. Sie definieren die Regeln für die Entwicklung von Szenarien, beinhalten die Regeln zur Berechnung der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung die einer EPD unterliegen, einschließlich der Festlegung der zu verwendenden Datenqualität. Sie beinhalten außerdem die Regeln für die Kommunikation vordefinierter Umwelt- und Gesundheitsinformationen, die für ein Bauprodukt, einen Bauprozess oder eine Bauleistung nicht von einer Ökobilanz (LCA) abgedeckt sind.

Die zur Verwendung kommenden Ökobilanzen wurden gemäß den oben genannten Normen erstellt.

### 1.4 Lebensdauerdiskussion

Ein weiterer wichtiger Faktor zur lebenszyklischen Beurteilung eines Produktes ist seine Lebensdauer. Je länger ein Produkt seine Funktion erfüllt und je weniger Wartung in diesem Zeitraum zur Erhaltung dieser Funktion notwendig ist, desto besser ist das Produkt zu beurteilen.

Im Rahmen einer lebenszyklischen Betrachtung werden die Aufwände, die ein Produkt über einen festgelegten Zeitraum hervorruft, summiert und dann auf die angenommene Lebensdauer umgelegt. Ist die Lebensdauer länger, können die verursachten Kosten und Umweltwirkungen auf einen größeren Zeitraum verteilt werden und fallen dementsprechend, auf die Zeiteinheit betrachtet, niedriger aus.

Die Lebensdauer von transparenten Fassadenelementen ist von vielen Faktoren abhängig und daher nicht einfach festzulegen. Außer den unterschiedlichen Rahmenmaterialien hat auch Einfluss, inwieweit das Element der Witterung (Temperaturschwankungen, Niederschlag, UV-Strahlung) ausgesetzt ist, wie gut das Element gepflegt und gewartet wird und ab welchem Zeitpunkt das Element als nicht mehr funktional angesehen wird. Oft ist die wirtschaftlich kalkulierte Lebensdauer am Ende der technischen Lebensdauer noch nicht erreicht.

Im Rahmen dieser Arbeit wird von der möglichen Lebensdauer ausgegangen. Richtiger wäre eine Betrachtung der tatsächlichen Nutzungsdauer, die etwa bei einem Tausch vor Erreichung der möglichen Lebensdauer wesentlich kürzer sein kann. Das würde bedeuten, dass die Kosten und Umweltwirkungen auf einen kürzeren Zeitraum aufgeteilt würden und den Preis und die Umweltwirkungen pro Jahr erhöhen würden. Da die tatsächliche Nutzungsdauer aber sehr individuell und nicht vorher absehbar ist, wurden die durchschnittlich möglichen Lebensdauerangaben in einer umfangreichen Literaturrecherche erhoben. Im Zuge der gegenständlichen Arbeit wird auch gezeigt, welche Auswirkungen unterschiedliche Lebensdauerannahmen auf die Berechnung der Kosten und Umweltwirkungen haben.

Die Daten bzgl. Lebensdauer und Erneuerungszyklen weisen auch in der Literatur innerhalb derselben Rahmenwerkstoffe eine hohe Varianz auf.

Erneuerung	Quelle	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
-	Alu	50	35-54		45	60	40-60	40-60	40	60	44	54
-	Holz/Alu	50		30-50	60	50				60	47	
1	Holz					40	30-40	30-50		40-50	40	39
1	Kunststoff/Alu	50		20-40	45							
1	Kunststoff	40	30-41	20-30	45	25	40-50	40-60	35	40-50	24	38

LD... Lebensdauer in Jahren

#### Quellen:

[1] BMVBS, Deutsches Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011  
 [2] BTE, Bautechnische Experten Hessen, 2008  
 [3] HV SV, Hauptverband Sachverständiger Kärnten & Steiermark, 2008  
 [4] ÖNORM B 8110-4:2011  
 [5] Jodl et al, TU Wien, 2010

[6] Josef Reis Sachverständiger, 2009  
 [7] Swissbau Sachverständiger, 2009  
 [8] Nutzungsdauer Wohngebäude, M. Pfeiffer et al, 2010  
 [9] CRTIB, Bauplattform Luxembourg, 2008  
 [10] Asif et al, Napier University, 2005  
 [11] Ritter et al, TU Darmstadt, 2011

Tabelle 3: Lebensdauer unterschiedlicher Rahmenmaterialtypen, Ergebnisse der Literaturrecherche

Inwiefern aber etwa eine technisch mögliche Lebensdauer von 60 Jahren auch als realistische Nutzungsdauer angenommen werden kann, kann aufgrund von sich wandelnden Anforderungen an transparente Fassadenelemente nicht beurteilt werden.

Jeder Wartungs- und Erneuerungsbedarf verursacht materielle und temporäre Aufwände. Beurteilt werden in der Betrachtung der Lebenszykluskosten aber nur die finanziellen Aufwände, die unmittelbar mit der Wartung und/oder dem Tausch verbunden sind, nicht aber jene, die aus dem notwendigen organisatorischen Aufwand entstehen. Der Aufwand, den etwa die Hausverwaltung hat, um zu allen Wohneinheiten zwecks Fensterwartung Zutritt zu erhalten, die Vorbereitungsmaßnahmen und ev. erforderliche mehrmalige Anreisen und Baustelleneinrichtungen werden nicht abgebildet, spielen in der Realität aber eine wesentliche Rolle.

Es wird auch nicht berücksichtigt, dass jede Wartungsarbeit (wie etwa das Streichen der Fenster) das Risiko von unsachgemäßer, den Bestand schädigender Wirkung birgt. Auch Fenstertauscharbeiten tragen ein großes Potenzial von Mehraufwänden durch die bestehende Substanz und das bestehende bauphysikalische System schädigenden Wiedereinbau in sich. Alle daraus entstehenden Kosten sind in den Lebenszykluskosten nicht enthalten. Eine Berücksichtigung dieser Kosten würde bedeuten, dass sich sowohl ein erhöhter Wartungsaufwand als auch ein öfter durchzuführender Fenstertausch noch schlechter zu Buche schlagen würden.

## 1.5 Methodik

### 1.5.1 LZK Tool<sup>ÖKO</sup>

Die Berechnungen der Lebenszykluskosten und der Umweltwirkungen erfolgte mit dem LZK Tool<sup>ÖKO</sup>, das von den Unternehmen M.O.O.CON GmbH, e7 Energie Markt Analyse GmbH und bauXund forschung und beratung gmbh gemeinsam entwickelt wurde. Der Vorteil einer Berechnung mit diesem Tool liegt darin, dass mit geringem Eingabeaufwand sehr schnell und doch sehr individuell mehrere Varianten von Zukunftsszenarien berechnet werden können.

Möglich wird dies durch die seit dem Jahr 2009 aufgebaute Datenbank im LZK Tool<sup>ÖKO</sup>. Die kombinierten Kosten- und Umweltdaten von Rohbau, Technik und Ausbauelementen befinden sich in einer Datenbank mit circa 1.300 Planungselementen. Die Kostendaten stammen aus dem gemeinsamen Forschungsprojekt LZK Tool (Herzog & Friedl, 2010) mit Kostenangaben der Firmen Porr, Cofely und Allplan. Die Umweltdaten wurden im Rahmen des COIN-Forschungsprojekts EarlyLCA ergänzt und stammen aus der ökobau.dat, der baubook-Datenbank und zur Verfügung stehenden EPDs. Die Datenbank wird ständig durch abgerechnete Projekte und aktualisierte Datensätze gewartet.

Für die Kostendaten der unterschiedlichen Fensterkonstruktionen wurden zusätzlich Daten aus österreichischen Hochbau-Projekten eingeholt und diese durch Studienergebnisse ergänzt.

### 1.5.2 Methodik zur Betrachtung der Auswirkungen auf die Kosten

Für die Lebenszykluskostenberechnung wird im Zuge dieser Arbeit die Barwertmethode herangezogen. Dynamische Rechenverfahren sind bei Wirtschaftlichkeitsberechnung Stand der Technik und berücksichtigen Preissteigerungen (Inflation, Baukostenindex u.a.) und die Variable Zeit mit Hilfe eines Diskontzinssatzes (Berk & DeMarzo, 2007).

Abschreibungen und Finanzierungskosten werden nicht berücksichtigt (ÖNORM B 1801-4, 2014). Somit werden im Zuge einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsrechnung Zahlungsflüsse, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, auf einen Zeitpunkt auf- oder abgezinst und somit vergleichbar gemacht. Zahlungsflüsse (Cashflow) entlang des Lebenszyklus werden mit dem sogenannten Diskontzinssatz rückgerechnet. Je weiter ein Ertrag oder Kostenpunkt in der Zukunft liegt, desto niedriger ist, dem Diskontsatz entsprechend, sein Barwert. Um also die Overall-Performance einer Investition zu bewerten, wird der gesamte Cashflow mit der entsprechenden Diskontrate diskontiert, und anschließend summiert. Dies nennt man Kapitalwert oder NPV, englisch für net present value (Ellingham & Fawcett, 2006).

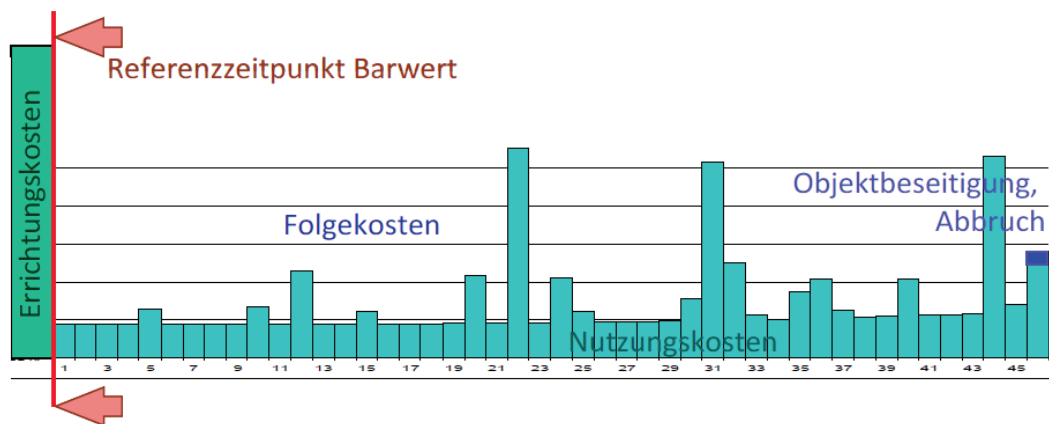


Abbildung 5: Lebenszykluskosten als Kapitalfluss (ÖNORM B 1801-4, 2014)

Wird nun die Kapitalwertmethode verwendet, um die Lebenszykluskosten bei einem Bauprojekt zu beschreiben, das sich aus Investitionskosten (I), Betriebskosten (U) und Abbruchkosten (A) mit dem Zinssatz (i) zusammensetzt, erhält man folgende Formel (Heitel et al., 2008):

$$LZK = I + \sum_{t=0}^n \frac{U_t}{(1+i)^t} + \frac{A}{(1+i)^n}$$

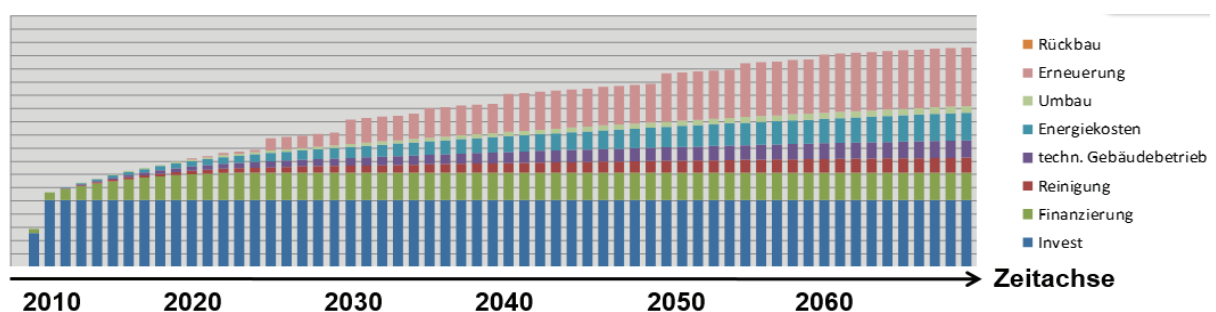


Abbildung 6: Kumulierte Barwerte über den Lebenszyklus eines Wohnbaus nach Kostenart, Schemadarstellung

## Einfluss des Diskontzinssatzes

Bei der DCF (Discounted Cash Flow) Methode wird versucht, ein vereinfachtes Modell für einen in der Realität sehr komplexen Vorgang, der sich über einen langen Zeitraum erstreckt, zu erstellen. DCF scheint trotz oder vielleicht gerade wegen seiner eleganten Vereinfachung ein hilfreiches Werkzeug bei der Evaluierung von Bauprojekten zu sein. Und gerade weil über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks sehr viele Parameter eine wichtige Rolle spielen, muss hier erwähnt werden, dass der Schlüssel zu einem brauchbaren Ergebnis folgende zwei Faktoren sind: gute Daten für den Cash Flow und die Wahl eines realistischen Diskontsatzes.

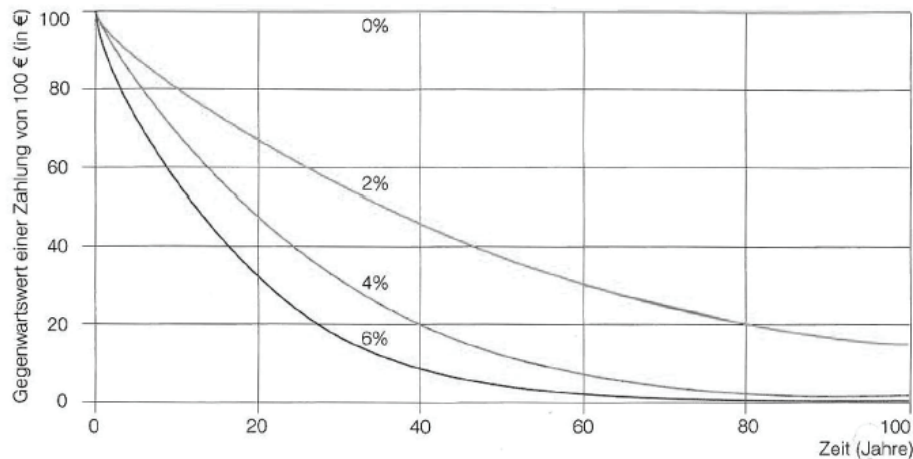


Abbildung 7: Auswirkungen der Wahl des Diskontierungszinssatzes auf den Barwert (König, Köhler & Lützkendorf, 2009)

In der vorliegenden Studie wurde ein Diskontzinssatz von 3 % gewählt. Dies ist im Vergleich zu anderen Autoren wie etwa Flögl (Flögl et al., 2009), welcher oft die Sekundärmarkttrendite als Diskontzinssatz heranzieht, ein höherer Zinssatz. Im Sinne der unternehmerischen Tätigkeit mit Einbezug von Zeitpräferenz handelt es sich aber um einen durchaus gängigen Diskontzinssatz. Für die vorliegende Studie wurde er so gewählt, weil diese 3,0 % bei der Gebäudebewertung nach DGNB/ÖGNI die Standardannahme bei der Berechnung von Lebenszykluskosten ist und somit die Vergleichbarkeit zu bestehenden Beispielen steigt.

### 1.5.3 Methodik zur Betrachtung der Auswirkungen auf die Umwelt

National und international gibt es Bestrebungen, den Primärenergieverbrauch einzudämmen und die Emission von Treibhausgasen zu reduzieren.

Für die Bewertung dieser Kategorien hat sich in den letzten Jahren auch am Bausektor die Arbeit mit Ökobilanzen durchgesetzt. In diesen werden alle jene Umweltwirkungen berechnet, die in einem sinnvoll festgelegten Betrachtungszeitraum durch Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produktes wie etwa auch einem Gebäude üblicherweise entstehen.

Daher wird auch im Rahmen der gängigen Nachhaltigkeitszertifikate die Qualität von Gebäuden und Bauelementen anhand von Ökobilanzen beurteilt. Hier werden üblicherweise die Wirkkategorien Treibhauspotenzial (GWP), Ozonbildungspotenzial (POCP), Ozonzerstörungspotenzial (ODP), Versauerungspotenzial (AP), Überdüngungspotenzial (EP) und der Bedarf an erneuerbarer bzw. nicht erneuerbarer Primärenergie ( $PE_e$  und  $PE_{ne}$ ) quantifiziert und bewertet.

## Was ist eine Ökobilanz?

Eine Ökobilanz (auch bekannt als Life Cycle Assessment, LCA, deutsch Lebenszyklusanalyse) ist eine systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten während des gesamten Lebensweges („from cradle to grave“, „von der Wiege bis zur Bahre“) oder bis zu einem bestimmten Zeitpunkt der Verarbeitung („from cradle to factory gate“, „von der Wiege bis zum Fabrikator“), bezogen auf eine festgelegte Funktionseinheit.

Zur Analyse gehören sämtliche Umweltwirkungen während der Produktion, der Nutzungsphase und der Entsorgung des Produktes, sowie die damit verbundenen vor- und nachgeschalteten Prozesse (z.B. Herstellung der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe). Zu den Umweltwirkungen zählt man sämtliche relevanten Entnahmen aus der Umwelt (z.B. Erze, Rohöl) sowie die Emissionen in die Umwelt (z.B. Abfälle, Kohlendioxidemissionen).

Da jedoch bereits in der Normung festgestellt wird, dass zur Erstellung von Ökobilanzen mehrere Methoden zulässig sind und Organisationen in Abhängigkeit von vorgesehenen Anwendungen und Bedürfnissen diese flexibel implementieren können, ist es nicht weiter verwunderlich, dass für ein und dasselbe Produkt je nach Berechnungsmethode Eingangsdaten und festgelegten Rahmenbedingungen unterschiedliche Ökobilanzergebnisse vorliegen können.

Die Datengrundlage für Ökobilanzen im Rahmen von ökologischen Gebäudebewertungen nach EN 15978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden“ bilden Umweltproduktdeklarationen (Environmental Product Declarations, EPDs) für die einzelnen Bauteile/-materialien, welche wie Bausteine in einem Baukastensystem aneinandergesetzt werden.

Eine EPD beruht auf unabhängig überprüften Daten aus Ökobilanzen, aus Sachbilanzen oder Informationsmodulen, welche mit der Normenreihe ISO 14040 konform sind, und enthält ggf. weitere Angaben. Das Institut Bauen und Umwelt e.V. und das Institut für Fenstertechnik in Rosenheim sind öffentlich anerkannte Programmbetreiber in Deutschland, welche EPDs für den Bausektor erstellen und veröffentlichen.

Da die Ökobilanz den Kern der Umweltproduktdeklaration darstellt, müssen in einer EPD in jedem Fall

- die Sachbilanz (LCI = Life Cycle Inventory Analysis)
- die Wirkungsabschätzung (LCIA = Life Cycle Impact Assessment, sofern durchgeführt)
- sowie weitere Indikatoren (z.B. zu Art und Menge des produzierten Abfalls)

enthalten sein.

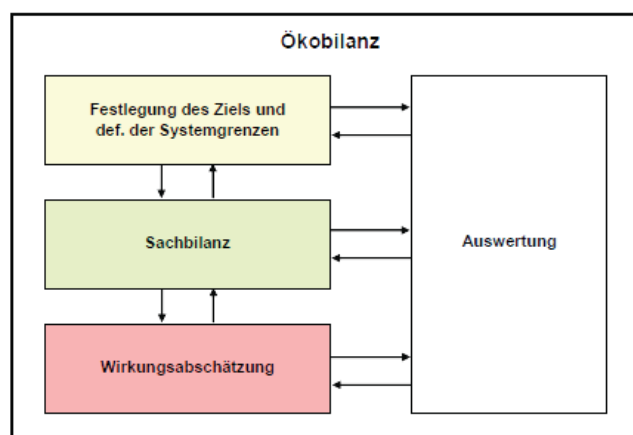


Abbildung 8: Darstellung Rahmen einer Ökobilanz nach EN ISO 14040



Die Sachbilanz enthält dabei die Angaben zum Ressourcenverbrauch, z.B. die Menge an verbrauchter Energie, Wasser und erneuerbaren Ressourcen sowie die Emissionen in Luft, Wasser und Boden.

Die Wirkungsabschätzung gibt aufbauend auf den Ergebnissen der Sachbilanz die konkreten Umweltauswirkungen an.

Diese sind in jedem Fall die Auswirkungen auf:

- den Treibhauseffekt (Global Warming Potential, GWP)
- die Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht (Ozone Depletion Potential, ODP)
- die Versauerung von Wasser und Boden (Acidification Potential, AP)
- die Eutrophierung (Eutrophication Potential, EP)
- die Bildung von photochemischen Oxidantien (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP)
- die Erschöpfung nicht erneuerbarer Energieressourcen (Primary Energy, PE<sub>ne</sub>)
- der Verbrauch erneuerbarer Energieressourcen (Primary Energy, PE<sub>e</sub>)

Zusätzlich können weitere Angaben zu Umweltthemen wie etwa zu Gefahren und Risiken für die menschliche Gesundheit und/oder Daten zu Verwendung, Lebensdauer, Funktion und Leistungsfähigkeit eines Produkts angegeben werden.

EPDs liefern eine systematische und standardisierte Datengrundlage, um im "Baukastensystem" aus Deklarationen einzelner Bauprodukte eine ökologische Bewertung eines Bauwerks zu erstellen.

Bei einer lebenszyklischen Betrachtung wird die gesamte Lebensdauer des Gebäudes, die Bauphase, die Nutzungsphase mit möglichen Umnutzungen und Erneuerungen sowie der Abriss und die Entsorgung (Endlagerung oder Wiederverwertung) berücksichtigt. Es kann der Beitrag der einzelnen Bauelemente zu unterschiedlichen Aspekten nachhaltiger Bewirtschaftung eines Gebäudes dargestellt werden. Nur durch diese Art der Betrachtung können Werkstoffe gesamtheitlich beurteilt und auch hinsichtlich ihrer Wiederverwertbarkeit optimiert werden.

Die Umweltwirkungen werden dann innerhalb des Lebenszyklus eines Produktes den einzelnen Phasen ihrem Aufkommen nach zugeordnet.

A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D1
Rohstoffgewinnung	Transport	Herstellung	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Renovierung, Sanierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau	Transport	Recycling	Entsorgung/ Endlagerung	Wiederverwendung, Wiederaufbereitung, Recyclingpotenzial
<b>Herstellungsphase</b>			<b>Nutzungsphase</b>							<b>Nachnutzungsphase</b>				<b>Recycling</b>

Abbildung 9: Lebenszyklusphasen gem. ÖNORM EN 15804

Nicht alle in einer EPD deklarierten Wirkkategorien im Baubereich sind tatsächlich von wesentlicher Bedeutung, da sie bei Gebäuden entweder nur in unbedeutenden Mengen auftreten oder durch die Wahl unterschiedlicher Materialien kaum zu beeinflussen sind. Daher konzentrieren sich die Vergleiche in der vorliegenden Studie auf die Wirkkategorien:

- Treibhauspotenzial (GWP)
- Versauerungspotenzial (von Wasser und Boden, AP)
- Potenzial zur Bildung von photochemischen Oxidantien (POCP)
- Primärenergieverbrauch (PE)

## **Grenzen der Ökobilanz**

Über die Betrachtung der Ökobilanz werden aber nur die jeweils festgelegten (üblicherweise die oben genannten), keinesfalls aber alle umweltrelevanten Themen abgedeckt.

So enthält eine Ökobilanz üblicherweise keine Angaben etwa zum Land- oder Wasserverbrauch oder zur Zerstörung von Ökosystemen.

Aber auch Angaben zur Human- und/oder Ökotoxikologie eines Produktes im Zuge seines Herstellungs-, Nutzungs- und/oder Entsorgungsprozesses oder im Zuge von Ausnahmegeschehnissen wie etwa im Brand- oder Wasserschadensfall werden über eine Ökobilanz nicht abgebildet. Unbeantwortet bleibt in der Ökobilanz auch die Frage über die Abbaubarkeit von Materialien oder die Anreicherung in der Umwelt.

Auch die Gegenüberstellung der Rahmenmaterialien in dieser Arbeit erfolgt nur hinsichtlich der oben angeführten Ökobilanzen und ist damit keine umfassende Bewertung oder Beurteilung der generellen Nachhaltigkeit der Produkte bzw. Werkstoffe.

## 1.6 Untersuchung Referenzobjekt

Um die Größenordnung der Auswirkungen der transparenten Fassadenelemente im Wohnbau sehen zu können und eine Sensibilität für ihren Einfluss auf das gesamte Gebäude entwickeln zu können, wurde ein Referenzobjekt gewählt, anhand dessen alle Untersuchungen durchgeführt wurden.

Als Referenzobjekt für die Studie wurde ein dem aktuellen Standard entsprechender, für Österreich typischer Wohnbau herangezogen. Dieses Gebäude diente als Grundlage für den Aufbau des Lebenszyklusmodells, anhand dessen die Auswirkungen von unterschiedlichen Fensterwerkstoffen im Lebenszyklus untersucht wurden.



Abbildung 10: Referenzobjekt als Grundlage für Modellbildung

Der vierstöckige Wohnbau im Energiestandard „Niedrigenergiehaus“ besitzt 28 Wohneinheiten, welche über zwei zentrale Treppenhauskerne erschlossen werden. Die Ausrichtung des länglichen Baukörpers ist nord-süd und bietet jeder Wohnung Fensterflächen mit Balkonzugang und Balkontüre.

Eckdaten Referenzobjekt:

- 2.257 m<sup>2</sup> Wohnnutzfläche
- 28 Wohneinheiten
- 5.030 m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche inkl. Garage
- 25 % Fensterflächenanteil der Fassade (weniger als 0,1 % Massenanteil am Gebäude)
- 0,16 W/m<sup>2</sup>K Außenwand opak U-Wert
- <1,20 W/m<sup>2</sup>K Fenster U-Wert
- Massivbau mit Vollwärmeschutzfassade

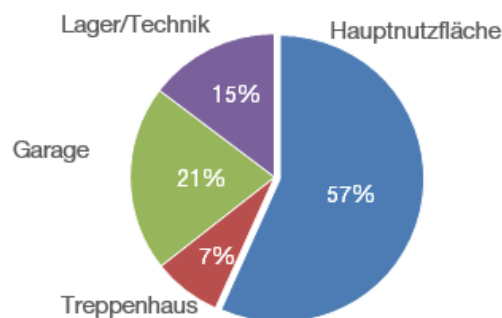


Abbildung 11: Flächenverteilung Referenzobjekt, als Hauptnutzfläche wird die Wohnfläche verstanden.

Die Gebäudedaten, die den Planungsunterlagen und der vorliegenden Energieausweisberechnung gem. OIB RL 6 für ein Wohngebäude in Niederösterreich entnommen wurden, wurden in das LZK Tool<sup>ÖKO</sup> gespeist, um in weiterer Folge ein Modell für die Lebenszykluskosten- und Ökobilanzauswertung zu erstellen. Die auf Basis der LZK-Datenbank berechneten Baukosten des LZK-Modells konnten in einem ersten Schritt mit Hilfe von Realdaten fein-kalibriert werden. Zusätzlich

wurde das Modell hinsichtlich Massen und Baukosten unter Einsatz von Benchmarkingberichten wie dem BKI Fachbuch für statistische Kostenkennwerte plausibilisiert. (BKI, 2013)

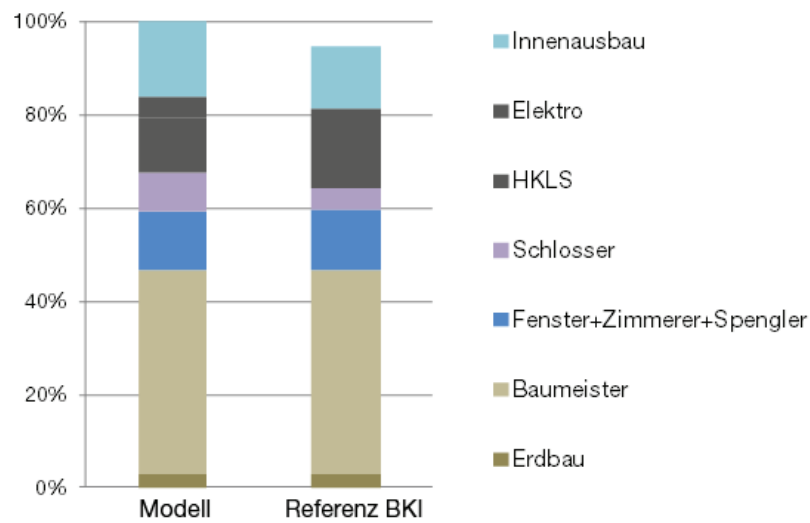


Abbildung 12: Plausibilisieren des kalibrierten LZK-Tool<sup>PKO</sup> Modells mit Kennwertkatalog BKI (BKI, 2013)

## 1.7 Rahmenbedingungen und Szenarien

Wie bereits ausgeführt und auch in bisherigen Studien und Positionspapieren erläutert, ist die Wahl der Berechnungsmethodik, der Rahmenbedingungen und des Datenmaterials eine sehr sensible Thematik.

Im Zuge dieser Arbeit sollen unterschiedliche Berechnungsansätze untersucht werden, um so die jeweiligen Aussagen miteinander vergleichen zu können und ein möglichst objektives Gesamtbild zum Wirkpotenzial unterschiedlicher Rahmenmaterialien zu erhalten.

Um die Vergleichbarkeit innerhalb der drei nachfolgend beschriebenen Szenarien zu gewährleisten, werden folgende Rahmenbedingungen hinsichtlich Lebenszykluskostenberechnung und Ökobilanzierung vereinheitlicht:

- Anwendung der Kapitalwertmethode
- Festsetzen der Preissteigerungen:
 

Inflation:	2,0 %
Baukostenindex:	2,7 %
Energiekostenindex:	4,0 %
Diskontzinssatz:	3,0 %

Betrachtungszeitraum und Lebensdauern werden in den unterschiedlichen Szenarien variiert.

Die Fenstermontage wird aufgrund möglicher Unterschiede in der Ausführungsqualität (zB durch Verwendung eines Blindstocks) in der Analyse nicht berücksichtigt und ist daher auch kostenmäßig nicht erfasst.

### 1.7.1 Szenario 1: Langfristige Betrachtung

Die erste der untersuchten Varianten greift auf die im „Positionspapier ALU-FENSTER“ (Jodl et al., 2010) ermittelten Daten zurück. Hier wird von einer rechnerischen Lebensdauer von 60 Jahren für Aluminiumfenster ausgegangen, Holz- bzw. Holz-Aluminiumfenster werden in diesem Szenario nach 40 Jahren getauscht, Kunststoff- und Kunststoff-Alufenster nach jeweils 25 Jahren.

Fenster mit einer Lebensdauer länger als 25 Jahre erfahren nach 25 Jahren eine Erneuerung sämtlicher Dichtungen und nach 40 Jahren werden in diesem Szenario bei Fenstern mit längerer Lebensdauer die Griffe und Beschläge erneuert.

Der Betrachtungszeitraum wird in diesem Szenario mit 60 Jahren angesetzt.

Es werden daher innerhalb des Betrachtungszeitraums die Holz- und Holz-Aluminiumfenster einmal komplett erneuert (das bedeutet eine zweimalige Neuanschaffung und Entsorgung) die Kunststoff- und Kunststoff-Alufenster im selben Zeitraum zweimal (dreimalige Neuanschaffung und Entsorgung) während die Aluminiumfenster nur einmal eingesetzt werden müssen.

Die Wartungskosten für Aluminiumfenster wurden äquivalent zu den Wartungskosten laut „Positionspapier ALU-FENSTER“ (Jodl et al., 2010) festgesetzt. Die Wartungskosten der restlichen Fensterkonstruktionen sind Tabelle 4 zu entnehmen.

### 1.7.2 Szenario 2: Kurzfristige Betrachtung

Das zweite untersuchte Szenario stellt die Lebenszykluspotenziale der Rahmenmaterialien über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren gegenüber. Dabei gilt darüber hinaus die Annahme, dass kein Fenster innerhalb des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren erneuert wird.

Dieses Szenario beschreibt eine mangelhafte Instandhaltungsstrategie, welche im Wohnbau auch zu beobachten ist: dabei werden neben regelmäßigen Wartungen keine weiteren Instandsetzungsmaßnahmen bei Fenstern getätigt. Selbst bei technischer Notwendigkeit werden Erneuerungszyklen hinausgezögert. Das Nicht-Instandhalten bzw. das Nicht-Beachten entsprechender Vorgaben kann im Fall von Schäden auch rechtliche Folgen für den Besitzer oder Betreiber haben.

Teilerneuerungen werden in diesem Szenario, auf Grund des Ansatzes einer mangelhaften Instandhaltungsstrategie, nicht betrachtet.

### 1.7.3 Szenario 3: Fachliteratur-Mittelwerte

In der dritten Variante wurde von den Verfassern der Studie in einer umfangreichen Literaturrecherche versucht, eine als wahrscheinlich anzunehmende Lebensdauer für jedes der verschiedenen Rahmenmaterialien zu identifizieren.

Wie Abbildung 13 zeigt, liegen die Angaben zu den einzelnen Materialien teilweise weit auseinander. Dennoch lassen sich in der Grafik Tendenzen ablesen.

So gibt es zu manchen Werkstoffen wie etwa Aluminium viele Angaben, die sich darüber hinaus auch alle innerhalb einer relativ schmalen Bandbreite bewegen. Zum Kunststoff-Aluminiumfenster hingegen gibt es beispielsweise, vermutlich aufgrund der erst kurzzeitigen Verfügbarkeit, nur wenige Angaben, die zudem noch nicht wirklich gesichert sein können, während beim Kunststofffenster wiederum die starke Divergenz der Angaben je nach Quelle auffällt.

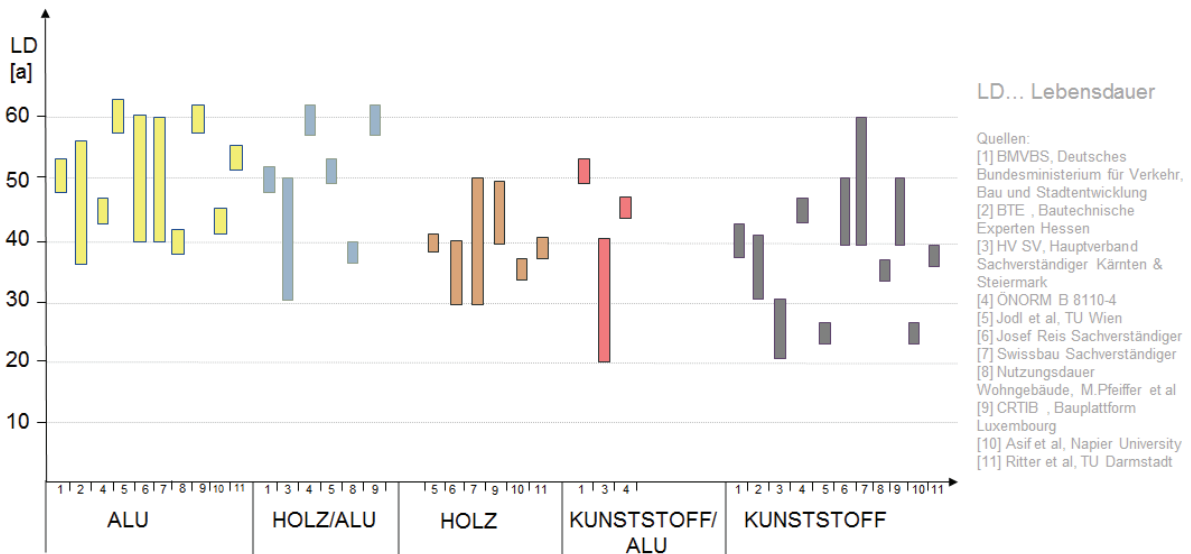


Abbildung 13: Übersicht Lebensdauerangaben entsprechend unterschiedlicher Literaturquellen

Für die weitere Berechnung wurden von allen Rahmenmaterialien alle Literaturangaben herangezogen und daraus ein Mittelwert gebildet.

Der Betrachtungszeitraum wurde in diesem Szenario mit 50 Jahren festgesetzt, da dies ein für Lebenszyklusbetrachtungen üblicher Zeitrahmen ist.

Das bedeutet, dass in diesem Szenario Aluminium- und Holz-Aluminiumfenster keinen und Holz-, Kunststoff- und Kunststoff-Aluminiumfenster einen Fenstertausch erforderlich machen.

#### 1.7.4 Darstellung der untersuchten Szenarien

In Tabelle 4 sind die oben beschriebenen Szenarien gegenüber gestellt:

Langfristige Betrachtung		Kurzfristige Betrachtung		Fachliteratur-Mittelwerte	
Betrachtungszeitraum:	60 Jahre	Betrachtungszeitraum:	30 Jahre	Betrachtungszeitraum:	50 Jahre
Lebensdauer Alu:	60 Jahre	Erneuerungszyklus		Erneuerungszyklus lt. Mittelwerte Fachliteratur	
Lebensdauer Holz/Alu:	40 Jahre	Alle Fenster ohne Erneuerungszyklus		Alu:	keine Erneuerung
Lebensdauer Holz :	40 Jahre	(Annahme: kein Austausch der Fenster innerhalb der 30 Jahre)		Holz/Alu:	keine Erneuerung
Lebensdauer Kunststoff/Alu:	25 Jahre			Holz:	ein Erneuerungszyklus
Lebensdauer Kunststoff:	25 Jahre			Kunststoff/Alu:	ein Erneuerungszyklus
Teilerneuerungen:		nicht berücksichtigt		Kunststoff:	ein Erneuerungszyklus
Dichtungen:	nach 25 Jahren			Dichtungen:	25 Jahre
Griffe und Beschläge:	nach 40 Jahren			Griffe und Beschläge:	40 Jahre
Wartung (jährlich):					
Aluminium:	0,25% Anschaffungskosten	Aluminium:	0,25% Anschaffungskosten	Aluminium:	0,25% Anschaffungskosten
Holz/Alu:	1,0% Anschaffungskosten	Holz/Alu:	2,0fach von Alu	Holz/Alu:	1,0% Anschaffungskosten
Holz:	2,5% Anschaffungskosten	Holz:	4,0fach von Alu	Holz:	2,5% Anschaffungskosten
Kunststoff/Alu:	2,0% Anschaffungskosten	Kunststoff/Alu:	1,5fach von Alu	Kunststoff/Alu:	2,0% Anschaffungskosten
Kunststoff:	2,5% Anschaffungskosten	Kunststoff:	1,5fach von Alu	Kunststoff:	2,5% Anschaffungskosten

Die Wartungskosten variieren in absoluten Zahlen, da die prozentualen Wartungskosten auf unterschiedliche Basis von Anschaffungskosten verweisen. Betrachtungszeitraum: zeitliche Dauer der Lebenszykluskostenbetrachtung in Anbetracht der Gebäudenutzungsdauer (vgl. ÖNORM B 1801-4)

Tabelle 4: Gegenüberstellung der drei untersuchten Szenarien

## 1.8 Daten

### 1.8.1 Datenquellen Kosten

Um das Wirkpotenzial der Fenstermaterialien auf das Gesamtgebäude zu untersuchen, wurde das reale Referenzgebäude im LZK Tool<sup>ÖKO</sup> nachmodelliert. Das Modell wurde anschließend mit den Realdaten kalibriert und mit Kennwertpools plausibilisiert (BKI, 2013).

#### Investitionskosten

Für die Abschätzung der Investitionskosten wurden folgende Quellen herangezogen:

- „Positionspapier ALU-FENSTER“, Ausschreibung von Fensterkonstruktionen, Jodl et al., 2010 (Anhang B, Seite 113ff.)
- Verband Fenster u. Fassade (VFF) – TU München, Hauser & Lüking, durchschnittliche Marktpreise für Fenster, 2011
- Kreuzer Fischer & Partner, Markttrends bei Holz-, Aluminium- und Kunststofffenster, 2005
- Alufenster24.com, Preisliste Alufenster, 2013 (Zugriff Nov.2013)
- Immobilien01.de, Preisvergleich Standardfenster, 2013 (Zugriff Nov.2013)
- Abgerechnete, österreichische Projekte M.O.O.CON, 2013
- Erfahrungswerte technischer Ausschuss AMFT / AFI, 2013

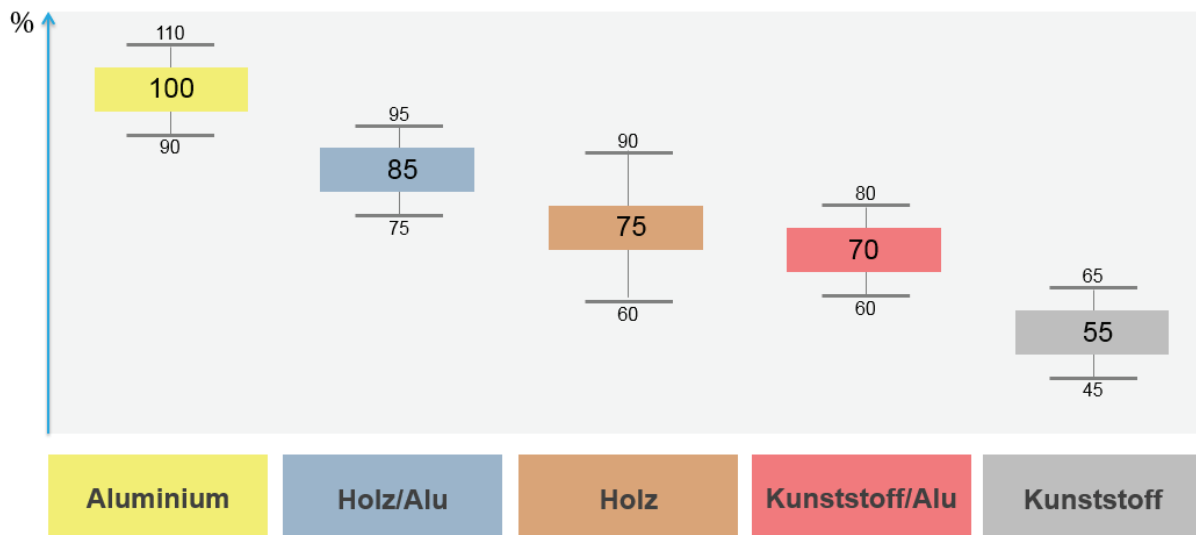


Abbildung 14: Relation<sup>1</sup> der Anschaffungskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen

Da Kostendaten immer sehr abhängig von Hersteller, Abfragezeitpunkt, Konjunktur, Region, Menge und etlichen weiteren Faktoren sind, wurden Kostenintervalle erhoben. Somit werden Schwankungsbreiten am Markt berücksichtigt und die Sensitivität der Datenlage in die Berechnung aufgenommen.

In Abbildung 14 wird ersichtlich, dass Schwankungsbreiten hinsichtlich der Anschaffungskosten von Fensterkonstruktionen teilweise sehr groß sind.

#### Folgekosten

Für die Folgekostendaten von Fenstern (Wartung, Instandsetzung, Erneuerung) wurde ebenfalls auf die oben zitierten Quellen zugegriffen. Vor allem das „Positionspapier ALU-FENSTER“ (Jodl et

<sup>1</sup> Es sind Bandbreiten angegeben um durchschnittliche Markt- und Produktvarianz zu berücksichtigen, als Ausgangswert wurde das Aluminiumfenster mit 100% festgesetzt.

al.,2010) hat hier eine detaillierte Aufstellung hinsichtlich Beschlägen, Griffen, Dichtungen und Anstrichen vollzogen.

### **Daten für Erneuerungen**

Erneuerungen werden immer am Ende der Lebensdauer eines Bauteiles angesetzt und mit den indexierten Anschaffungskosten kalkuliert.



## 2 Evaluierung und Ergebnisse der Szenarien

### 2.1 Ergebnisdiskussion Kosten

#### 2.1.1 Szenario 1: Langfristige Betrachtung

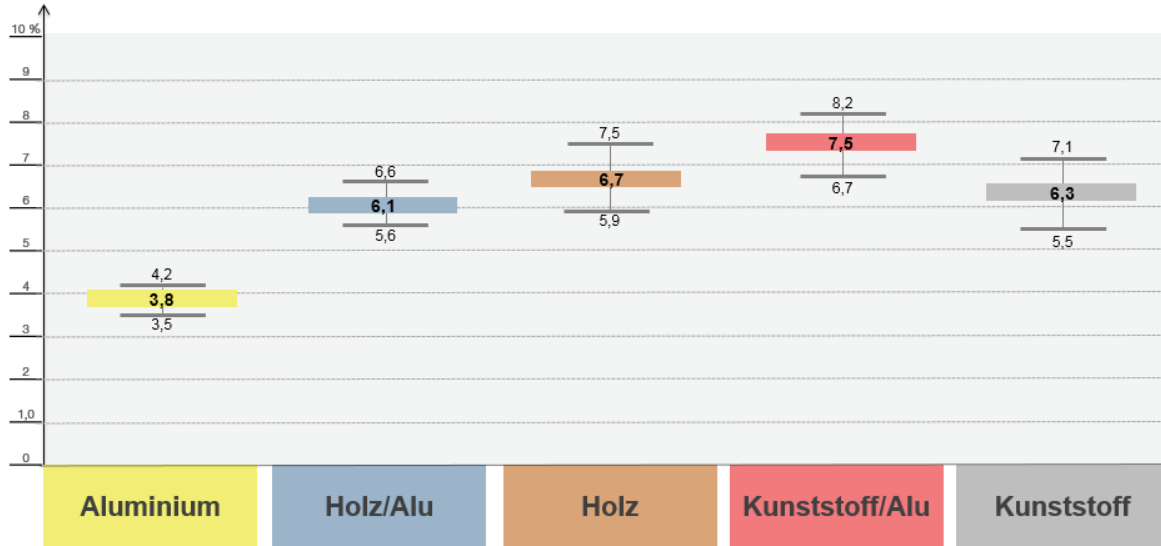


Abbildung 15: Relation der Lebenszykluskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen nach Szenario 1

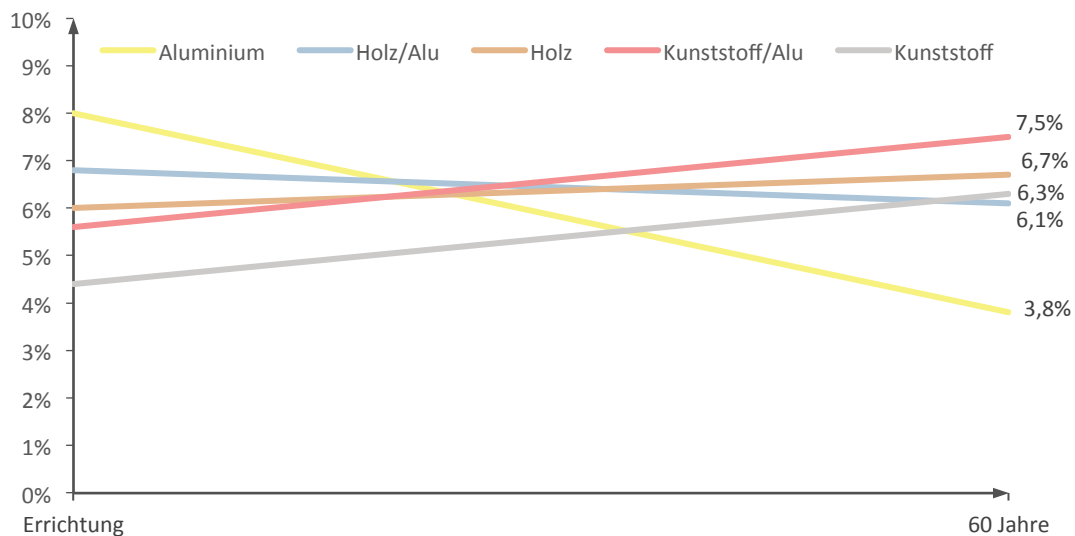


Abbildung 16: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend langfristiger Betrachtung über 60 Jahre.

Über den gesamten Betrachtungszeitraum von 60 Jahren sind in diesem Szenario die Aluminiumfenster am günstigsten zu bewerten, da diese nur einer einmaligen Investition bedürfen. Bei allen anderen Fenstertypen vervielfachen sich ihre Erstinvestitionskosten entsprechend den jeweils nötigen Erneuerungszyklen. Daher liegen die Lebenszykluskosten aller anderen Fensterwerkstoffe deutlich höher.

Die Performance der anderen Fenstermaterialien hinsichtlich Lebenszykluskosten variiert, eine so starke Minderung wie beim Aluminiumfenster gibt es, wie in Abbildung 16 ersichtlich ist, aber bei keinem anderen Rahmenmaterial.

## 2.1.2 Szenario 2: Kurzfristige Betrachtung

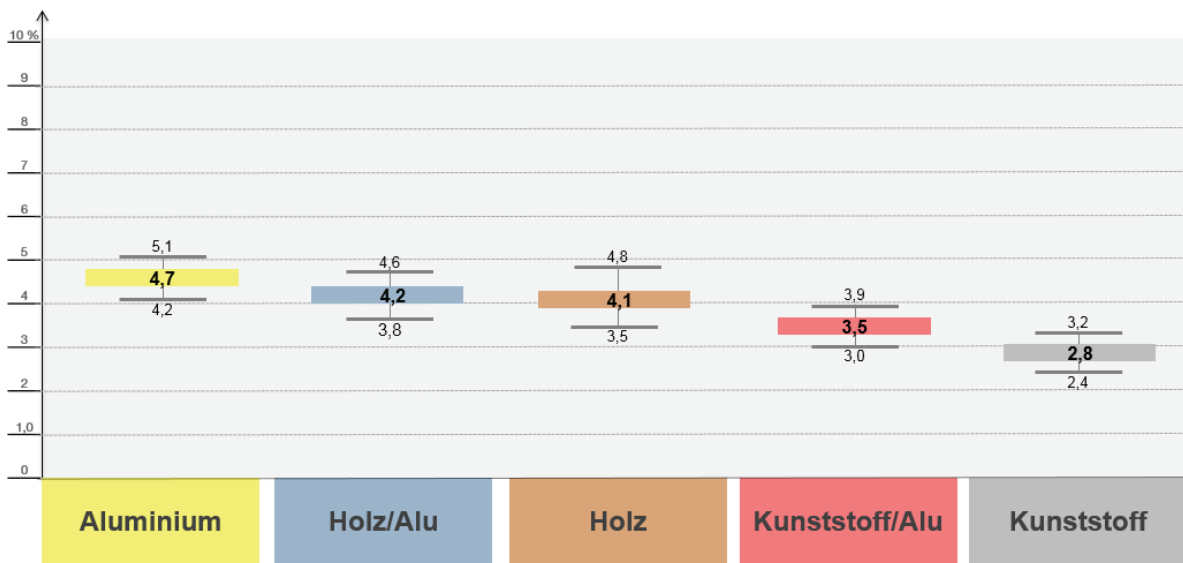


Abbildung 17: Relation der Lebenszykluskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen nach Szenario 2

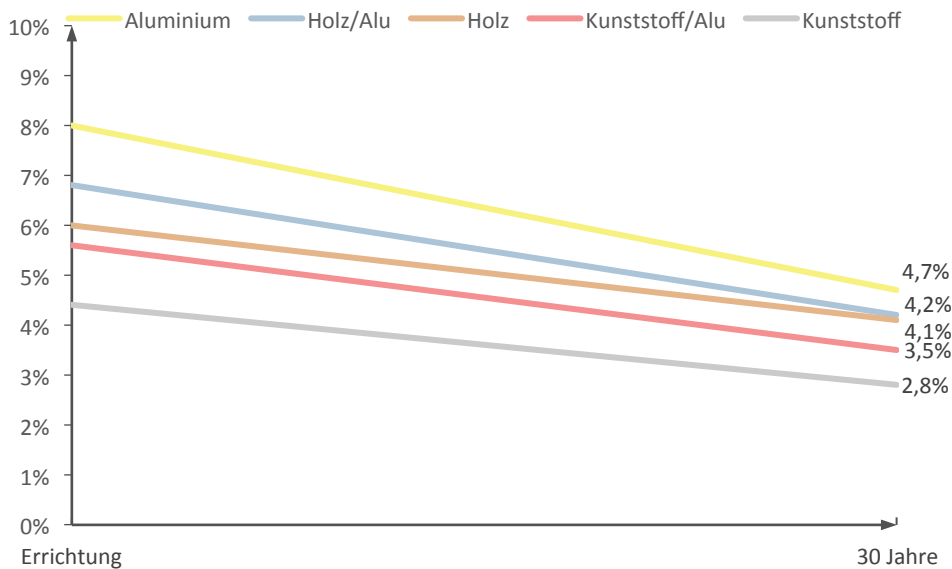


Abbildung 18: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend kurzfristiger Betrachtung über 30 Jahre.

Im vorliegenden Szenario 2 wird die Nutzungsdauer für alle Fensterwerkstoffe einheitlich mit 30 Jahren definiert. Daher schneidet das Kunststofffenster am günstigsten ab. Die Höhe der Erstinvestition bleibt in diesem Fall der ausschlaggebende Parameter.

### 2.1.3 Szenario 3: Fachliteratur-Mittelwerte

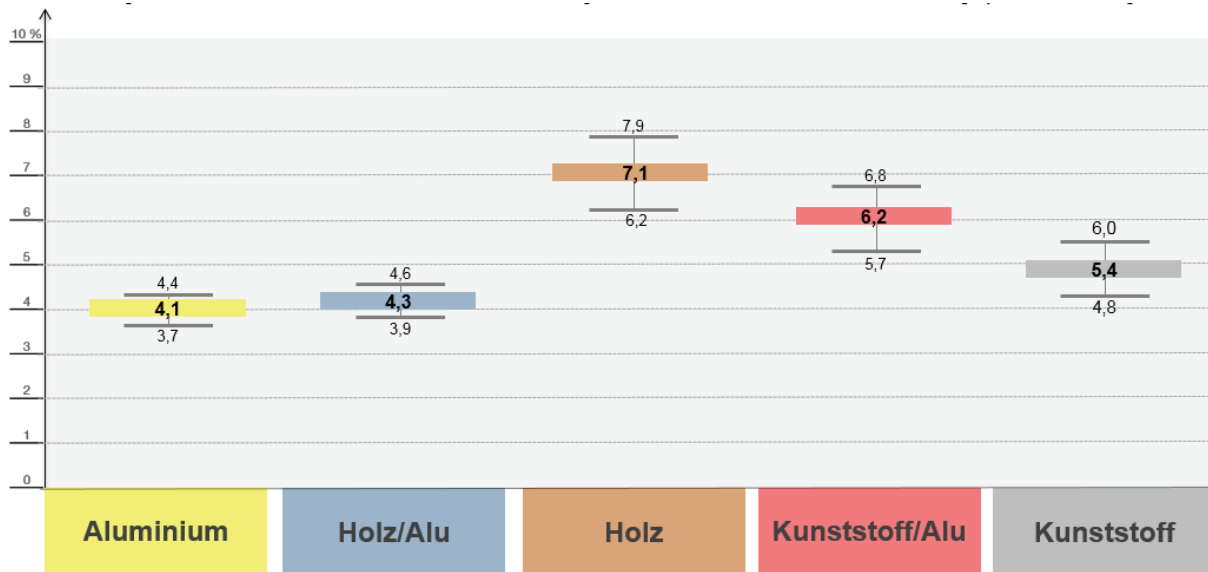


Abbildung 19: Relation der Lebenszykluskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen nach Szenario 3

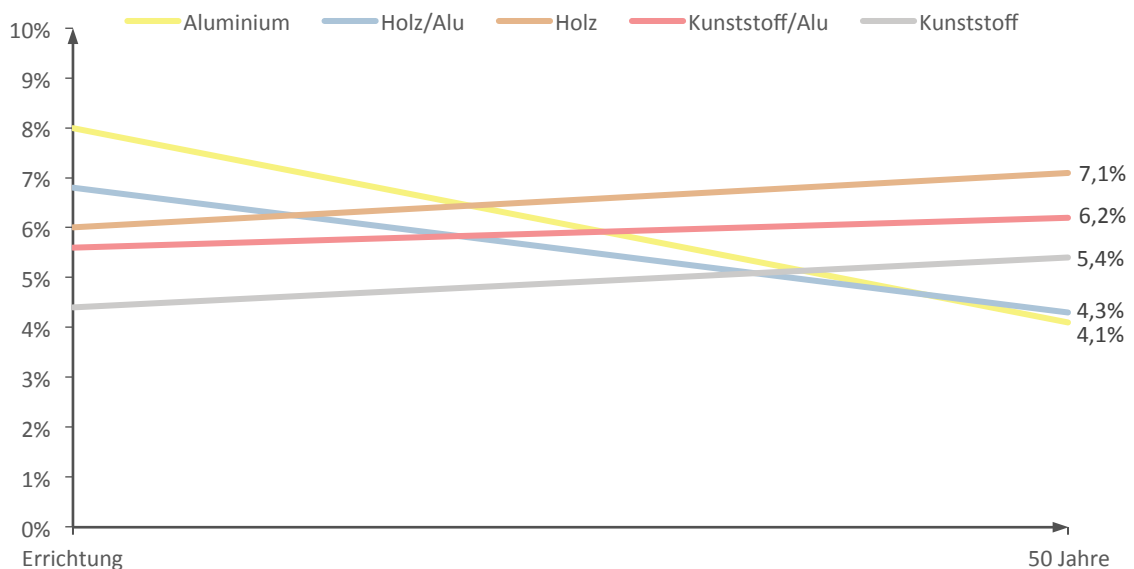


Abbildung 20: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend Fachliteratur Mittelwerte über 50 Jahre.

Bei diesem Szenario müssen Aluminium- und Holz-Aluminiumfenster innerhalb des Betrachtungszeitraums nicht getauscht werden. Daher sind ihre Lebenszykluskosten nach 50 Jahren deutlich geringer als die der anderen drei Werkstoffe.

#### 2.1.4 Zusammenfassung Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten variieren abhängig von der Berechnungsmethodik, durchgängig zeigt sich aber, dass Aluminiumfenster am Ende der gewählten Betrachtungszeiträume einen geringeren Anteil an den Lebenszykluskosten aufweisen, als an den Baukosten zum Zeitpunkt der Errichtung.

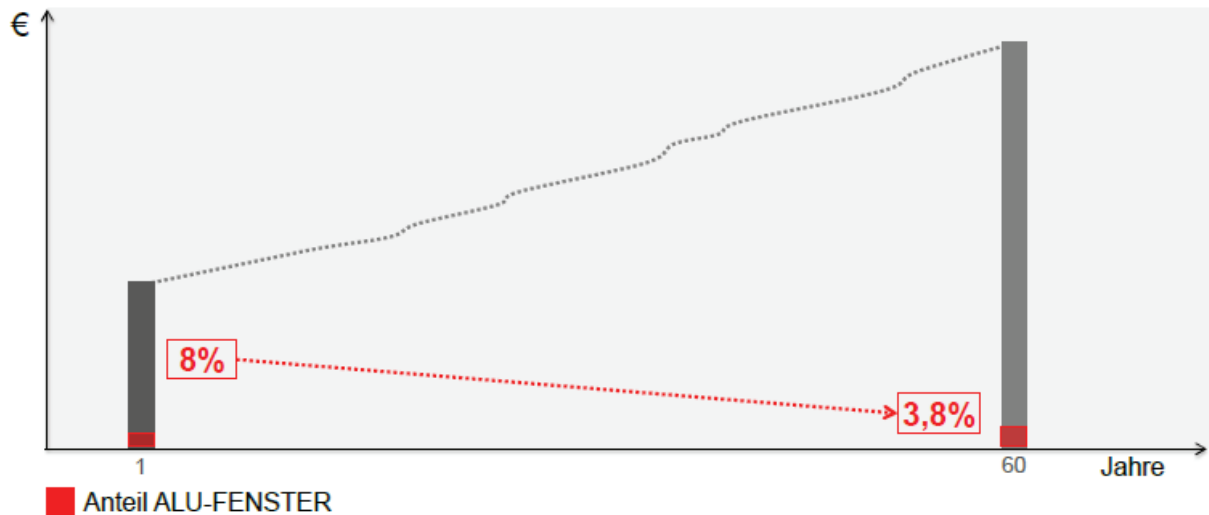


Abbildung 21: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend Szenario 1 am Beispiel Aluminiumfenster

In Abbildung 20 wird diese Kernerkenntnis der Analyse offensichtlich: Auch wenn Fenster im Wohnbau einen wesentlichen Anteil der Baukosten ausmachen, so sinkt bei gewissen Fenstermaterialien deren Einfluss auf die Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes im Laufe der Nutzungsdauer deutlich<sup>2</sup>. Speziell Aluminiumfenster und Holz-Aluminiumfenster weisen in allen drei Szenarien sinkenden Einfluss auf die Gesamtlebenszykluskosten aus. Der Einfluss von betriebsbezogenen Folgekosten, sowie von Kosten aus Erneuerungen anderer Gewerke auf die Gesamtlebenszykluskosten ist wesentlich höher, sodass selbst nach einem Erneuerungszyklus aller Fenster das Verhältnis der Lebenszykluskosten Fenster zu Lebenszykluskosten Gesamtgebäude sinkt.

Dabei ist wenig überraschend, dass Fensterrahmenmaterialien mit einer höheren Lebensdauer und geringerem Wartungsaufwand niedrigere Lebenszykluskosten aufweisen. Etwaige höhere Erstinvestitionskosten werden für die lebenszyklische Performance unwesentlicher. Fensterrahmenmaterialien mit höheren technischen Lebensdauern können trotz höherer Erstinvestitionskosten eine wirtschaftlichere Lebenszykluskostenperformance vorweisen.

<sup>2</sup> Die Kurve zeigt die akkumulierten Barwerte aus Kosten für Errichtung, Betrieb und Erneuerung. Dabei verhalten sich die Lebenszykluskosten der Aluminiumfenster im Verhältnis zu den Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes als einzige stark regressiv; d.h. obwohl die kumulierten Lebenszykluskosten der Fenster über die Jahre zunehmen (Wartung, Instandsetzung, Erneuerung etc.), steigen die Lebenszykluskosten des betriebenen Gebäudes stärker, sodass Aluminiumfenster nach 60 Jahren nur mehr rund 3,8 % der Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes betragen.

### 3 Lebenszyklusanalyse (LCA)

#### 3.1.1 Datenquellen Ökobilanz

Da für die Berechnung der Ökobilanzen verschiedene Eingangsdatensätze zu den jeweiligen Umweltverbräuchen in durchaus unterschiedlicher Qualität zur Verfügung stehen, ist es zunächst wichtig, aus den vorhandenen Daten geeignete und plausible Daten auszuwählen.

Durch unterschiedliche Umweltverbrauchsdaten (z.B. aus unterschiedlichen Datenbanken) und verschieden angesetzte Abgrenzungen können für ein und dasselbe Produkt nämlich durchaus unterschiedliche Aussagen zu den „Grauen Energien“ vorliegen.

So stehen auch zur Berechnung von Fenstern und Fensterrahmen mehrere, nur schwer vergleichbare Datensätze zur Verfügung.

Beispielhaft angeführt und vergleichend dargestellt werden hier die für den österreichischen Raum relevanten Datensätze:

aus den Muster-EPDs des ift Rosenheim (Institut für Fenstertechnik e.V., Deutschland), welche im Rahmen der Forschungsarbeit „Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente - Fenster und Glas - für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden“ (v. Houwald et al., 2011) basierend auf Daten der GaBi Software produktgruppenspezifisch erhoben und berechnet wurden.

aus der baubook-Datenbank, die auf Eingangsdaten der ecoinvent-Datenbank basieren, aus der ökobau.dat, der Datenbank des IBU (Institut Bauen und Umwelt e.V., Deutschland), die auf den Basisdaten der GaBi-Software (Software für „Ganzheitliche Bilanzierung“) aufbauen und welche den Ökobilanzberechnungen der ÖGNI und des DGNB zugrunde liegen,

Eine Vergleichbarkeit der Datensätze ist, wie in untenstehender Tabelle ersichtlich, in mehrfacher Hinsicht nicht gegeben.

Datenquelle	Datentyp	Produkte	Prozessabschnitte	Glasanteil	ergänzende Elemente	Einheit Datensatz
ift Rosenheim	Produktgruppen-EPD	Aluminiumfenster	Herstellung	ausgewiesener Glasanteil	ausgewiesen und beschrieben	kg
		Kunststofffenster	End of Life	mit 3-fach Verglasung		
		Holzfenster	Recycling			
		Holz-Alufenster				
ecosoft (IBO)	generische Daten	Aluminiumfenster	Herstellung	mit 2-fach Verglasung	unbekannt	m <sup>2</sup>
		Kunststofffenster		Glasanteil nur abschätzbar		
		Holzfenster				
		Holz-Alufenster				
ökobau.dat	generische Daten	Aluminiumfenster	Herstellung	muss ergänzt werden	muss ergänzt werden	m
		Kunststofffenster	Entsorgungswege tw.			
		Holzfenster	vorgegeben			
		Holz-Alufenster				

Tabelle 5: Unterschiedliche Datensätze zur Beurteilung von Fensterrahmenmaterialien

Wie man in Tabelle 6 sehen kann, ist es so, dass EPDs unterschiedlicher Herkunft sich auf durchaus unterschiedliche funktionale Einheiten beziehen. So gibt es EPDs, die nur die Auswirkungen des Rahmens darstellen, oder die des Rahmens mit Verglasung, mit einer konkreten Beschreibung des Verglasungsmaterials, oder aber solche, die das ganze Fensterelement beschreiben, ohne genauere Festlegung, welche Art von Verglasung angenommen wurde. Je nachdem beziehen sich die ermittelten Umweltwirkungen dann auch auf unterschiedliche deklarierte Einheiten, wie kg, m oder m<sup>2</sup>.

Zusätzlich wurden die Datensätze aus unterschiedlichen Eingangsdatenquellen (Grundmaterialien, Strommix) berechnet. So liegen der Berechnung der baubook-Datensätze die Daten der ecoinvent zugrunde, während sich die Datensätze der ökobau.dat und des ift Rosenheim auf eine Berechnung mit Daten des von der PE International entwickelten Softwaresystems zur „Ganzheitlichen Bilanzierung“ (GaBi) stützen. Weiters werden bei den EPDs unterschiedlicher Herkunft auch die verschiedenen Lebenszyklusabschnitte in unterschiedlicher Art und Weise betrachtet.

Eine vergleichende Berechnung der durch einen Quadratmeter Aluminiumfenster (vollständiges Element) durch seine Herstellung und Entsorgung hervorgerufene Treibhauswirkung mit den Datensätzen unterschiedlicher Herkunft ergab folgende Abweichungen:

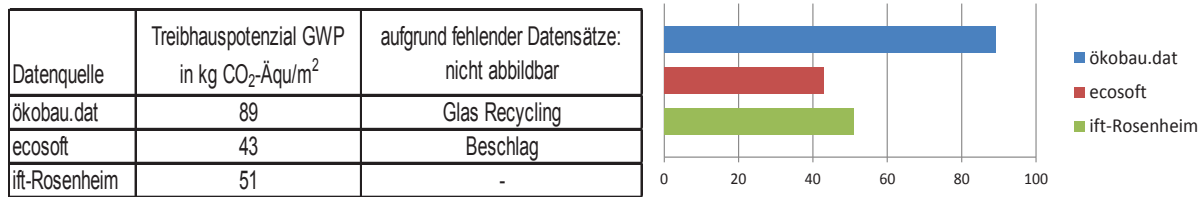


Abbildung 22: Rechenwert Treibhauspotenzial GWP für 1 m<sup>2</sup> Aluminiumfenster lt. jeweiliger Datenbank

### 3.1.2 Die gewählten Daten

Aufgrund der Notwendigkeit von Konsistenz und Vollständigkeit des verwendeten Datensatzes beruhen alle folgenden Berechnungen auf den EPDs des ift Rosenheim.

Diese wurden im Rahmen der Forschungsarbeit „EPDs für transparente Bauelemente“ (v. Houwald et al., 2011) erarbeitet und umfangreich beschrieben.

In den Kapiteln 3.1.2 und 3.1.3 werden die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit, auf denen die für diese Arbeit verwendeten EPDs resultieren, zusammengefasst dargestellt.

In der Forschungsarbeit „EPDs für transparente Bauelemente“ (v. Houwald et al., 2011) wurden zusammen mit den betroffenen deutschen Verbänden (Bundesverband Flachglas e.V., Fachverband Schloss- und Beschlagsindustrie e.V., Qualitätsverband Kunststoffherzeugnisse e.V.) für die Produkte Fenster und Türen, für die es bis dahin keine quantitativen Aussagen über die Lebenszyklusabschnitte „Baustadium“, „Nutzungsstadium“, „Nachnutzungsstadium“ und „Recyclingpotenzial“ gab, Muster-EPDs erarbeitet.

Die Szenarien wurden durch Branchenumfragen und durch umfangreiche Recherchearbeiten ermittelt. Die für die Ökobilanzierung notwendigen Industriedaten wurden dabei sowohl direkt in produzierenden Unternehmen ermittelt, als auch bei den am Projekt beteiligten Verbänden und deren Mitgliedsunternehmen angefragt. Außerdem wurde auf bestehende (Markt-)Studien aus Forschung und Industrie zurückgegriffen.

Dadurch konnte erstmals der gesamte Lebenszyklus der Produkte dargestellt und auch die Phasen „Nutzung“ und „End of Life“, zumindest aufgrund der vorliegenden Datenlage im Raum Deutschland, auf Basis von als wahrscheinlich anzunehmenden Szenarien bewertet und verglichen werden.

Die im Rahmen dieser Arbeit für die Branche erstellten Muster-EPDs beziehen sich auf handelsübliche Fenster, wie sie im Wohn- und Bürobau aktuell zum Einsatz kommen. Die Berechnung der Ökobilanz der Elemente erfolgte anhand der in der EN 14351-1 definierten Standardgröße für Fenster mit einer Größe von 1,23m x 1,48m. Die errechneten Werte werden auf 1m<sup>2</sup> Fensterfläche umgelegt dargestellt.

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

- Muster-EPD Holzfenster (v. Houwald et al., 2011)
- Muster-EPD Metallfenster (v. Houwald et al., 2011)
- Muster-EPD Kunststofffenster (v. Houwald et al., 2011)
- Muster-EPD Flachglas, Einscheibensicherheitsglas und Verbundsicherheitsglas (v. Houwald et al., 2011)
- Muster-EPD 2- und 3-Scheibenisoliervglas (v. Houwald et al., 2011)

Das in der vorliegenden Studie ebenfalls zum Vergleich herangezogene Muster-EPD zum Holz-Aluminiumfenster stammt nicht unmittelbar aus dieser Arbeit, wurde aber zeitgleich mit den anderen von denselben Personen nach denselben Vorgaben berechnet und herausgegeben.

Da es sich bei diesen EPDs um Datensätze handelt, die einen produktgruppenspezifischen Mittelwert abbilden, können damit sehr gut Aussagen über das durchschnittliche Verhalten einer Produktgruppe wie etwa Aluminiumfenster oder Kunststofffenster generell getroffen werden.

Das produktgruppenspezifische EPD hat den Vorteil eine Produktgruppe derzeitigem Wissenstand entsprechend anderen Vergleichsproduktgruppen gegenüberzustellen. Die darin getroffenen Aussagen treffen aber nicht unbedingt auf die jeweiligen Einzelprodukte der Produktgruppe zu. So wird etwa ein Aluminiumfenster aus Herstellung A mit energieoptimiertem Herstellungsprozess unter Einsatz von Recyclingaluminium mit langer Verwendungsdauer und optimalem Rückbau und Recyclingablauf in der Realität um ein Vielfaches bessere Werte aufweisen als ein Aluminiumfenster aus reinem Primäraluminium und nicht energieoptimierter Herstellung B, das nach kurzer Verwendungsdauer ungeeignet entsorgt und keiner Wiederverwertung zugeführt wird.

Die Vorteile von einzelnen Produkten, die durch die Sorgfalt von Herstellern erzielt werden können, können über Produktgruppen-EPDs Produkten aus der eigenen Produktgruppe gegenüber nicht dargestellt werden. Möchte ein Hersteller sich sichtbar vom Wettbewerb abheben bzw. ein detailliertes Bild der Umweltbelastungen seiner Produktionsprozesse geben, kann dies nur über ein individuelles EPD geschehen.

Da es vom ift Rosenheim kein EPD für Kunststoff-Aluminiumfenster gibt, wurde davon abgesehen, es in die Ökobilanzbetrachtungen der vorliegenden Potenzialanalyse miteinzubeziehen, da die Abweichungen, die sich aus einer anderen Datenherkunft ergeben z.T. größer als die Abweichungen zwischen unterschiedlichen Materialien sein könnten und daher eine Verzerrung der Ergebnisse wahrscheinlich wäre.

### 3.1.3 Bewertung der einzelnen Lebenszyklusphasen bei der Erstellung der EPDs

Für die **Herstellungsphase A** (siehe Abbildung 9: Lebenszyklusphasen gem. ÖNORM EN 15804) wurden alle in dieser Phase entstehenden „Grauen Energien“, alle Energie- und Materialflüsse miteinbezogen, die für die Herstellung und Aufbringung der Grundmaterialien durchschnittlich erforderlich sind, weiters alle üblicherweise erforderlichen Transporte, alle Hilfsmittel und Energien zur Erzeugung des fertigen Produktes und ein durchschnittlich angenommener Transport bis zur Baustelle.

Keinerlei Berücksichtigung finden bei diesen Annahmen aber, ob die Materialien in nachhaltiger Weise entnommen werden oder nicht, ob sie aus heimischer Aufbringung stammen oder ob sie unnötig weite Transportwege hinter sich haben.

Für die Phase „Herstellung“ wurden die Fenstertypen in die einzelnen erforderlichen Materialanteile aufgeteilt und diesen die materialspezifischen Umweltwirkungen aus den jeweiligen Basisdatenbanken zugewiesen.

Die in dieser Arbeit betrachteten Fenstertypen setzten sich aus folgenden Materialien zusammen:

Material	Aluminium	Holz-Aluminium	Holz	Kunststoff
Holz		29,6%	40,9%	
PVC-Extrusionsprofil				20,9%
Aluminium	24,4%	6,2%	0,8%	
Isolierstege Polyamid	3,4%			
Silikondichtung		1,7%	0,4%	0,9%
Lack		1,6%	1,6%	
Stahlblech verzinkt				19,6%
Beschlag	3,4%	3,8%	3,5%	3,7%
EPDM	3,3%	1,8%	1,4%	0,9%
Isolierglasverbund	64,9%	57,0%	52,2%	55,9%

Tabelle 6: Materialzusammensetzung der unterschiedlichen Fenstertypen in Prozent lt. EPDs des ift Rosenheim

Bei den Metallfenstern ergaben Sensitivitätsprüfungen hinsichtlich unterschiedlicher Metalle (Aluminium, Baubronze), unterschiedlicher Isolierstegmaterialien und Oberflächenbehandlungen (Pulverbeschichten, Eloxieren) keine signifikanten Veränderungen. Das Muster-EPD für Metallfenster geht von einem pulverbeschichteten Aluminiumfenster aus.

Bei Holzfenstern wurden weder eine Behandlung gegen holzerstörende Pilze und Insekten, noch die Verwendung von modifizierten Hölzern bei der Modellierung der Herstellungsphase berücksichtigt.

Zur Abbildung der Herstellungsphase beim Kunststofffenster wurde ein Fenster aus thermoplastischem Kunststoff auf PVC-Basis (Hohlprofile aus extrudiertem Material im Ein- und Mehrkammersystem) herangezogen. Der hohe Stahlanteil ergibt sich aus einem in den Kunststoffrahmen eingearbeiteten Metallgrundrahmen, da der Kunststoffrahmen für sich auf Dauer keine ausreichende Verwindungssteifigkeit gewährleisten kann.

Die **Nutzungsphase B** (siehe Abbildung 9: Lebenszyklusphasen gem. ÖNORM EN 15804) aus den EPDs des ift Rosenheim wird im Rahmen der vorliegenden Berechnungen nicht berücksichtigt, da diese Phase bei allen Fenstertypen außer in den Modulen B 2-5, die den Bereich Instandsetzung und Reparatur betreffen, nahezu gleich ist. Diese Bereiche werden in der vorliegenden Studie durch einen Austausch der Elemente am Ende der jeweiligen Lebensdauer, welche aber unterschiedlich variiert wird, abgebildet.

Die Energieverluste durch die Fensterelemente, die in der Nutzungsphase B anfallen, und in den EPDs im Modul B 1 abgebildet werden, sind im Rahmen der jeweiligen EPD der mit Abstand höchste Beitrag zu den entstehenden Umweltwirkungen. Da aber alle Fenster dieselben bauphysikalischen Kennwerte haben, und daher von denselben Energieverlusten ausgegangen werden kann, sind diese in den folgenden Berechnungen in der Gebäudegesamtbilanz und nicht auf Ebene der Fensterelemente dargestellt.

Die **Nachnutzungsphase C** (siehe Abbildung 9: Lebenszyklusphasen gem. ÖNORM EN 15804) bildet jene Umweltwirkungen ab, welche nach der Nutzungsphase entstehen. Hier wird die Demontage, der Abtransport, die Bauteiltrennung, die Wiederaufbereitung oder Deponierung bewertet. In dieser Phase unterscheiden sich die unterschiedlichen Fensterwerkstoffe vor allem hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Sammelstrukturen und Entsorgungswege. In der Studie des ift Rosenheim wurde für die Definition der Szenarien ein durchschnittlich üblicher Recyclinganteil der Fensterarten erhoben. Aufgrund der Wiederverwertbarkeit der Materialien liegt der Sammelanteil bei Kunststoff- und Aluminiumfenstern höher als bei Holzfenstern.

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

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

Althölzer nach Klasse A IV können für die Herstellung von Synthesegas oder zur Herstellung von Aktivkohle nach Altholz Verordnung Anh. I stofflich verwertet werden.

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



Aluminiumfenster werden ebenfalls zentralen Sammelstellen zugeführt. Die Rahmen werden geschreddert und sortenrein getrennt. Der auf diese Art gewonnene Metallschrott wird erneut der Schmelze zugeführt. Aluminium und Stahl können beliebig oft wiederverwertet werden.

Aufgrund des hohen Materialwertes von Aluminium wird beim Rückbau ein sehr hoher Sammelanteil von 99 % erreicht, diese Rückbauquote von Aluminiumfenstern wurde in einer Studie der TU Delft erfasst.

Die Rückbauquote von Kunststofffenstern wurde durch Angaben der beteiligten Recyclingunternehmen und durch eine Studie der Ermittlung von Abfallmengenszenarios belegt. Sie liegt mit 95 % etwas niedriger als die der Aluminiumfenster und gleichauf mit der angenommenen Rückbauquote für Holzfenster, welche auf den Annahmen des VFF (Verband Fenster und Fassade) beruht.

Die unterschiedlich hohen Rückbauquoten kommen vor allem dadurch zustande, weil eine Materialtrennung bzw. Fraktionierung bei Aluminiumfenstern wesentlich leichter durchzuführen ist und die gewonnenen Materialien einen deutlich höheren Marktwert besitzen, als etwa bei Holzfenstern.

Der wesentliche Unterschied zwischen den verschiedenen Fensterwerkstoffen liegt demzufolge beim **Recyclingpotenzial D** (siehe Abbildung 9: Lebenszyklusphasen gem. ÖNORM EN 15804). Diese Phase bezieht sich auf die stoffliche, energetische und/oder thermische Verwertung. Sie bildet die möglichen Gutschriften, die zu negativen bzw. verringerten Umweltlasten führen können, ab.

Beim Aluminiumfenster wird für die Berechnung der EPD davon ausgegangen, dass von den 99 % rückgebauten Fenstern eine Recyclingausbeute von 98 % bei Aluminium und Isolierstegen und von 90 % bei Glas, Dichtungen und Beschlägen erreicht wird.

Weiters wird angenommen, dass das gewonnene Alu-Rezyklat (abzüglich des in der Herstellung eingesetzten Rezyklats) zu 100 % Alu-Fenstercompound ersetzt; Stahl-Schrott ersetzt Stahl; Glas wird zu etwa 90 % rückgewonnen. Die bei der Verbrennung der restlichen Materialien in der Verbrennungsanlage gewonnene thermische Energie substituiert thermische Energie aus Erdgas, gewonnener Strom wird als Gutschrift für konventionellen Strom angenommen.

Beim Kunststofffenster wird in der Forschungsarbeit aufgrund von Angaben der beiden Herstellerverbände Qualitätsverband Kunststoffherzeugnisse e.V. (QKE) und dem europäischen Verband der Profilverhersteller (EPPA) für die Modellierung der Gutschriften davon ausgegangen, dass 95 % der Fenster rückgebaut, gesammelt und einer Wiederverwertung zugeführt werden. Das im Recyclingprozess rückgewonnene PVC-Granulat kann, nach Angaben der Verbände, bei der Herstellung zu 100 % PVC-Fenstercompound ersetzen und geht so in die Berechnung ein.

Holzfenster werden laut Datenerhebung des ift Rosenheim zu etwa 95 % rückgebaut. Von diesen 95 % werden 90 % einer je nach Material unterschiedlichen Wiederverwertung zugeführt: Mit Gutschriften aus der Verbrennung, die als Entsorgungsweg für den Holzrahmen angenommen wird, wird so umgegangen, dass bei der Verbrennung erzeugter Strom als Gutschrift eingesetzt wird und dieser konventionellen Strom ersetzt. Bei der Verbrennung gewonnene thermische Energie substituiert thermische Energie aus Erdgas.

Das Muster-EPD für Holzfenster gilt nicht für Fenster aus modifizierten Hölzern, Fenster aus Hölzern, die aus Raubbau stammen oder Fenster mit in den Rahmenprofilen integrierten Dämmstoffen (Einschiebling bzw. ausgeschäumt oder Schaumeinlagen in der Zone der thermischen Trennung).

Die in den EPDs des ift Rosenheim veröffentlichten Daten beruhen auf Erhebungen im Raum Deutschland und wurden teilweise bei den Herstellern direkt und teilweise bei den industriellen Hersteller- und Entsorgungsverbänden erhoben. Die erhaltenen Daten wurden in Form von EPDs gemäß der ISO 14025 und der prEN15804 dem Markt zur Verfügung gestellt.

Diese EPDs zeichnen sich gegenüber anderen EPDs vor allem durch ihre vollständige Abbildung des gesamten Lebenszyklus aus. Gerade bei Fensterelementen, die einen großen Anteil an hochwertig

rezyklierbarem Material haben, wird sichtbar, wie wichtig eine geeignete Entsorgung und Wiederverwertung für die Gesamtökobilanz eines Bauteils ist.

Werden nun also alle Phasen eines durchgehenden Produktlebenszyklus der Fensterelemente aggregiert, so erhält man für die beiden Wirkkategorien Primärenergieverbrauch und Treibhauspotenzial beispielhaft dargestellt folgende Rechenwerte für 1m<sup>2</sup> Fensterfläche für Fenster mit jeweils unterschiedlichen Rahmenmaterialien:

### Primärenergieverbrauch

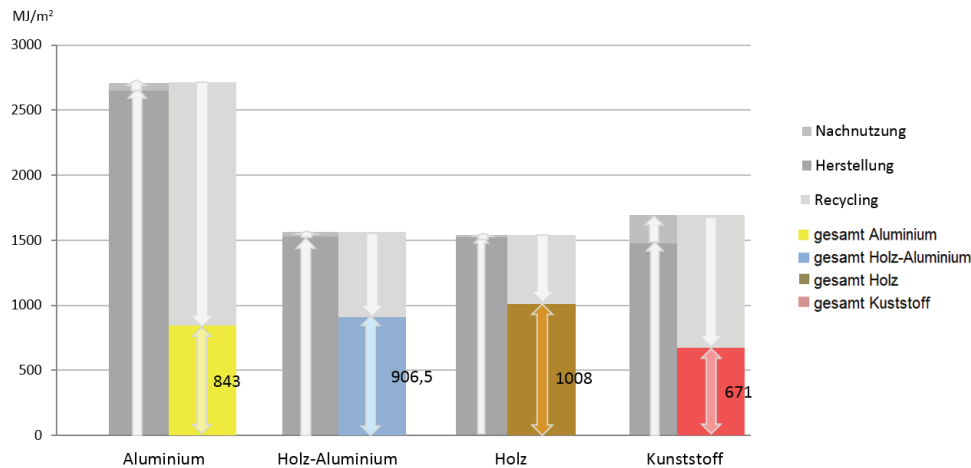


Abbildung 23: Darstellung von Verbräuchen und Gutschriften an Primärenergie innerhalb des Lebenszyklus der Fensterrahmen

### Treibhauspotenzial

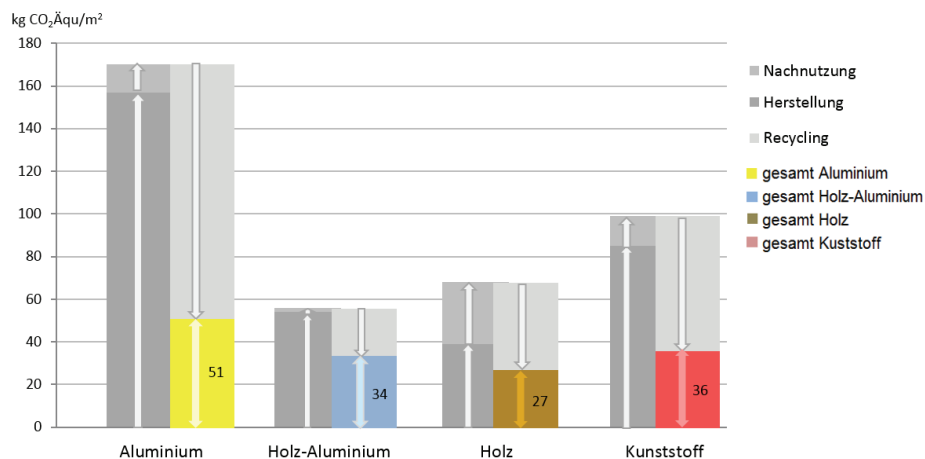


Abbildung 24: Darstellung von Verbräuchen und Gutschriften an Treibhauspotenzial innerhalb des Lebenszyklus der Fensterrahmen

Aus diesen beiden Darstellungen wird sichtbar, dass sich durch die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus inklusive der Phase Recyclingpotenzial D (farbig dargestellt) ein völlig anderes Bild zur Beurteilung der Umweltwirksamkeit der unterschiedlichen Materialien ergibt als nur in der Betrachtung der Herstellungsphase (dunkelgrau).

#### 3.1.4 Anmerkungen zur Datengrundlage der Muster-EPDs des ift Rosenheim

Die Ergebnisse der EPDs des ift Rosenheim wurden aufgrund ihrer Aktualität, ihrer Vollständigkeit und ihrer guten Dokumentation gewählt. Umweltwirkungsdaten zu den unterschiedlichen Rahmenmaterialien, insbesondere Holz- und Holz-Alu-Fenster im Vergleich zu PVC- und Alu-Fenster, liegen aber durchaus auch mit anderen Größenordnungen und Verhältnissen der unterschiedlichen Materialien zueinander vor.

So verhält sich etwa der Primärenergieverbrauch bei der Herstellung von Aluminium- : Holz-Aluminium- : Holz- : Kunststoffenfenstern bei den Primärenergiedaten von Standardfenstern mit 2fach-Verglasung in der ecosoft-Datenbank im Verhältnis 1,7 : 1,2 : 1 : 1,8, das Verhältnis des Treibhauspotenzials bei etwa 9 : 2 : 1 : 7.

Lt. einer älteren Studie der EMPA (Richter et al., 1996) liegt das Treibhauspotenzial der Fensterrahmenmaterialien Aluminium : Holz : PVC hingegen bei etwa 10 : -1 : 4.

Windsperger hat im Jahr 2000 in einer vergleichenden ökologischen Betrachtung von Fenstern eines österreichischen Fensterherstellers ein Verhältnis des Treibhauspotenzials für Aluminium : Holz : PVC von etwa 11 : 1 : 6 festgestellt (Windsperger A., 2000)

Damit zeigen die drei o. a. Studien ein etwa 5- bis 10-fach geringeres Treibhauspotenzial für die Fensterrahmenmaterialien Holz bzw Holz-Alu gegenüber PVC, bei den ift Rosenheim Daten liegt dieses Verhältnis nur beim 2-fachen. Dieser Unterschied beeinflusst nachvollziehbarerweise alle Schlussfolgerungen.

Bei der Gegenüberstellung der Daten aus den Muster-EPDs des ift Rosenheim fällt vor allem der im Vergleich zu den anderen Quellen sehr hoch liegende Primärenergiebedarf von Holzfenstern auf. Dieser liegt lt. den vorliegenden EPDs bereits bei der Herstellung in etwa derselben Größenordnung wie der des Kunststofffensters und der des Holz-Aluminiumfensters, was als eher unwahrscheinlich erscheint.

Auf Rückfrage bei den Studierenerstellern wurde als mögliche Erklärung dieses Umstandes angegeben, dass die Angaben zum Herstellungsenergiebedarf bei den Produkten industrieller Herstellung von den jeweiligen Herstellerverbänden wie dem Qualitätsverband Kunststoffherzeugnisse e.V. (QKE), dem europäischen Verband der Profilversteller (European PVC Window Profile and Related Building Products Association (EPPA) und der European Aluminium Association (EAA) zur Verfügung gestellt wurden, während die Daten der Holzfenster auf ganz andere Weise ermittelt wurden. Diese stammen vorwiegend direkt aus den Angaben einiger klein- und mittelständischer deutscher Erzeuger. Dies würde einerseits eine möglicherweise höhere Optimierung im Energieverbrauch bei großindustrieller Fertigung erklären, andererseits aber auch die Möglichkeit einer optimalen Darstellung der durch die Verbände erhobenen Daten (Wortner P., 2014).

Weiters kann es eventuell dadurch zu Ungereimtheiten kommen, dass die Berechnungen der unterschiedlichen Muster-EPDs mit unterschiedlichen Versionen der GaBi-Bilanzierungssoftware erstellt wurden, dies gilt insbesondere für das EPD für Holz-Aluminiumfenster, welches nicht im Rahmen der Studie sondern erst kurz danach erstellt wurde. Da keiner der an der Studie beteiligten Mitarbeiter mehr am ift Rosenheim tätig ist, konnten dazu keine genaueren Auskünfte erteilt werden.

Es wurde seitens der Studierenersteller ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Muster-EPDs nicht zum Vergleich untereinander gedacht sind, sondern nur dazu, die unterschiedlichen Fenstertypologien in passender Weise im Rahmen von Gebäudeökobilanzen darzustellen (Wortner P., 2014). Zwischen den einzelnen EPDs auftretende Ungereimtheiten wurden im Zuge der Studiererstellung nicht untersucht.

### **3.1.5 Anwendbarkeit für Österreich**

Die wichtigste Einflussgröße neben den in der Herstellung anfallenden Umweltwirkungen ist, wie aus Abbildung 23 und Abbildung 24 zu erkennen ist, die Recyclinggutschrift. Um zu überprüfen, ob die in den Muster-EPDs angenommene Größenordnung so auch für den österreichischen Markt anwendbar ist, wurden die Recyclingabläufe in Österreich nachrecherchiert.

Für das Recycling von Aluminiumprofilen wurden die Produkte, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER führen, untersucht. Es hat sich gezeigt, dass die für die Erstellung der EPDs für den deutschen Markt erhobenen Daten zum Recycling in Österreich ebenfalls anwendbar sind.

Auch hier führen der hohe Wert des Aluminiums und die gute Trennbarkeit des am Bau verwendeten Materials zu einer nahezu hundertprozentigen Sammel- und Rückführquote. Das rückgewonnene Material wird vollständig wiederaufbereitet und kann dann je nach Qualität wieder zur Herstellung von Aluminiumprofilen herangezogen werden.

In Österreich verfügbare Aluminiumprofile, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER tragen, haben in Abhängigkeit von am Markt nach Preis und Qualität verfügbarem Aluminiumrezyklat einen Anteil von bis zu 80 % Sekundäraluminium, wobei der Sekundäranteil aufgrund der qualitativ gestiegenen Schrottsortierung, welche immer „reinere Schrotte“ auf den Markt zu bringen vermag, in den letzten Jahren gestiegen ist.

Bei den Kunststofffenstern erscheint eine angenommene Sammelquote von 95 % hingegen als unwahrscheinlich. Diese Zahl kann für den österreichischen Raum in dieser Höhe aus den vorliegenden Quellen jedenfalls nicht nachvollzogen werden.

Aktuelle Daten, wie viele Tonnen Kunststofffenster in Österreich insgesamt ausgebaut werden und damit als Abfall anfallen, sind derzeit nicht verfügbar. Auch der ÖAKF (Österreichische Arbeitskreis Kunststofffenster) veröffentlicht dazu keine aktuellen Quoten. Es werden dort nur Zahlen über die Tonnen gesammelter Kunststofffenster gemacht.

Die letzten vom Österreichischen Arbeitskreis Kunststofffenster (ÖAKF) veröffentlichten Zahlen stammen aus dem Jahr 2005 und betreffen das Jahr 2004. Damals wurde die Recyclingquote mit 16 % angegeben (ÖAKF, 2005). Das bedeutet, dass damals fünf von sechs Altfenstern oder 84 % nicht stofflich verwertet wurden.

Seit 2005 ist zwar die Menge der gesammelten Kunststofffenster deutlich gestiegen, gleichzeitig wurde 2005 auch eine starke Zunahme des erwarteten anfallenden Abfalls an Kunststofffenster prognostiziert, da die großen Mengen an Kunststofffenster, die in den späten 80er Jahren verwendet wurden, nun ans Ende ihrer Nutzungszeit gekommen sind.

Damit könnte die Recyclingquote heute über den 16 % von 2004 liegen; mangels Datenverfügbarkeit ist eine Recyclingquote derzeit nicht berechenbar.

Die der Berechnung der Muster-EPDs für Deutschland zugrunde liegende und rechnerisch verwendete Kunststofffenster-Recyclingquote von 95 % ist jedoch unplausibel hoch.

Durch die Verwendung dieser nicht nachvollziehbaren, sehr hohen materiellen Recyclingquoten für Kunststofffenster in der Ökobilanz werden diese für österreichische Verhältnisse unrealistisch gut dargestellt.

Keinerlei Angaben gibt es auch dazu, wieviel von dem recycelten Kunststoff auch tatsächlich in neuen Kunststoffprofilen verwendet werden kann. Die rein weiße Sichtseite von Kunststofffenstern kann aus den farblich veränderten Recyclingmaterialien nicht hergestellt werden, eine Anwendung von Recycling-PVC ist also nur für die innenliegenden Stege und Verbindungsteile möglich.

Abseits von der Darstellung der Ökobilanz, welche ja nur eine Auswahl an Umweltwirkungen darstellt, wäre eine hohe Recyclingquote im Bereich von Kunststofffenstern im Sinne der Nachhaltigkeit auch nicht zwingend positiv zu bewerten, denn das Recycling von Kunststofffenstern hat noch eine weitere ökologisch relevante, aber nicht in der Ökobilanz ablesbare Begleitwirkung: Bis zur Cadmium-Verbotsverordnung (Cadmiumverordnung BGBl. 855/1993) war in Österreich jahrzehntelang der Einsatz des giftigen Schwermetalls Cadmium als Stabilisator in Kunststofffensterprofilen erlaubt, seit damals ist es - ausgenommen Recycling-Kunststoff(!) - verboten.

Ab den 80er Jahren wurden auch Bleiverbindungen als PVC-Stabilisatoren verwendet. Der Einsatz von Bleistabilisatoren ist bis heute gesetzlich zulässig, diese werden aber nach Angaben der österreichischen Kunststofffensterhersteller seit zumindest 10 Jahren nicht mehr in neuem, nicht recycelten Kunststoff für Fenster verwendet. Für importierte Kunststofffenster ist eine Verwendung von Bleistabilisatoren aufgrund fehlender gesetzlicher Bestimmungen aber zulässig.

Durch das Altfensterrecycling werden die schädlichen Schwermetalle Cadmium und Blei jedoch wieder in Umlauf gebracht und kontaminieren das sonst schwermetallfreie Kunststofffenster. Damit führt das Kunststoff-Recycling zu einer massiven Verteilung von Schwermetallen. Um das zu verhindern, müssten Kunststofffenster aus dieser Zeit einer Sondermüllentsorgung zugeführt werden.

Diese Auswirkungen sind über die Ökobilanz nicht darstellbar, sollten bei einer gesamtheitlichen ökologischen Bewertung aber unbedingt berücksichtigt werden.

### 3.2 Ergebnisdiskussion LCA

Um einen Eindruck zu bekommen, wie groß der Einfluss der transparenten Fassadenelemente hinsichtlich Ökobilanz bei Wohngebäuden tatsächlich ist, wurde im ersten Schritt die Ökobilanz des Referenzgebäudes insgesamt berechnet.

Berücksichtigt werden dabei die für den Betrieb des Gebäudes erforderliche Energie (Heizung und Beleuchtung), die Herstellung aller Materialien und deren Rückbau und Entsorgung. Die Nutzungsphase der Materialien wird dargestellt, indem jenen Bauteilen und Materialien, die innerhalb des Betrachtungszeitraums ein- oder mehrmals erneuert werden müssen, dementsprechend weitere Herstellungs- und Entsorgungszyklen zugerechnet werden.

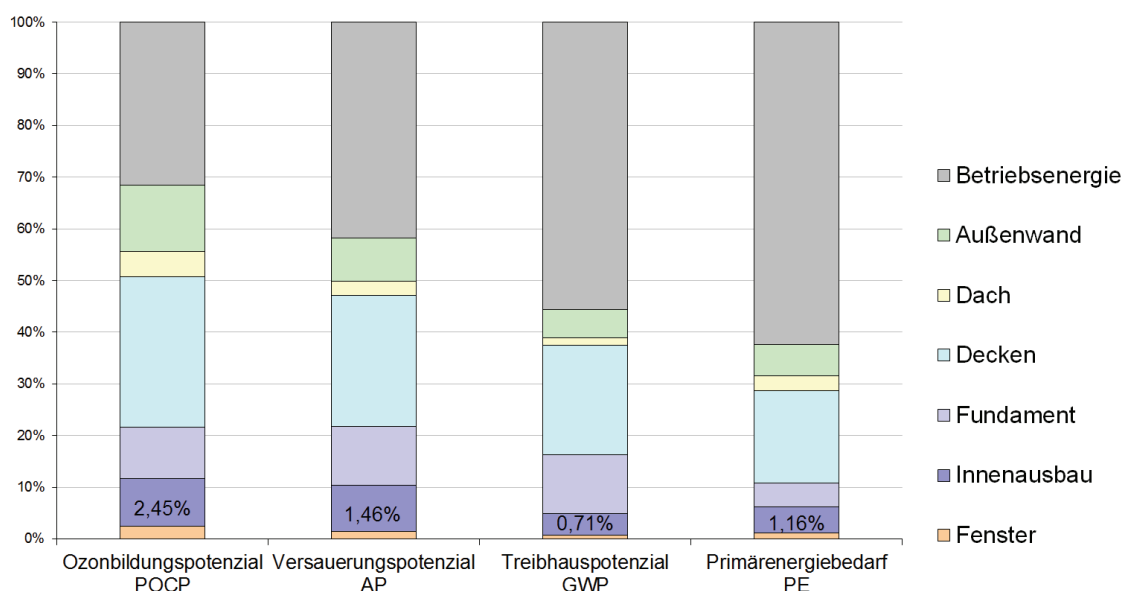


Abbildung 25: Darstellung der prozentuellen Verteilung der durch das Referenzgebäude hervorgerufenen Umweltwirkungen

Abbildung 25 zeigt, wie sich die gesamt durch ein Gebäude hervorgerufenen Umweltwirkungen Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Ozonbildungspotenzial und Primärenergiebedarf, die von einem prototypischen Wohngebäude über einen Zeitraum von 60 Jahren hervorgerufen werden, in ihrer Herkunft auf die verschiedenen Bauteile verteilen. Dabei wurde zur Darstellung der Auswirkungen der Fenster ein Mittelwert aus den vier untersuchten Rahmenmaterialtypen herangezogen.

Die Umweltwirkungen, die durch die erforderliche Betriebsenergie aus Heizen und Beleuchten im Betrachtungszeitraum hervorgerufen werden, sind grau dargestellt. Ihre Einflussgröße bewegt sich bei derzeitigem Energiestandard je nach Wirkkategorie in einer Größenordnung von ein bis zwei Drittel der Gesamtauswirkungen.

Farbig dargestellt sind die „Grauen Energien“ aus Herstellung und Entsorgung der Bauteile (Materialien). Die Abnutzung der Bauteile innerhalb des Betrachtungszeitraums wird durch einen

kompletten Tausch (Berechnung einer zusätzlichen Herstellung und Entsorgung) am Ende ihrer Lebensdauer abgebildet.

Der prozentuelle Anteil der durch die Fenster (Rahmen und Verglasung) hervorgerufenen Umweltwirkungen ist zwar mit 0,7 - 2,5 %, abhängig von der Wirkkategorie, im Verhältnis zu ihrem Masseanteil am Gesamtgebäude von nur etwa 0,25 % an der gesamten Gebäudemasse relativ hoch, aber insgesamt dennoch nicht als bestimmende Einflussgröße zu werten.

Von größerem Einfluss hinsichtlich Ökobilanz sind unabhängig vom Rahmenmaterial die bauphysikalische Qualität des Elementes und die damit verbundenen Auswirkungen auf den Energiebedarf (grau) des Gebäudes.

Im Wohnbau, wo der Anteil an transparenten Fassadenelementen üblicherweise zwischen 20 und 30 % liegt, kann durch die Wahl unterschiedlicher Rahmenmaterialien insgesamt nur ein geringer Einfluss auf die Gesamtbilanz genommen werden (siehe Abbildung 25).

Um die Vor- und Nachteile der einzelnen Materialien beurteilen zu können, werden sie in den folgenden Darstellungen detailliert und nach Material differenziert abgebildet.

Analog zur Untersuchung der Auswirkungen der unterschiedlichen Lebensdauern auf die Kosten werden auch bei der Untersuchung der Ökobilanz die drei unterschiedlichen Lebensdauerszenarien dargestellt und miteinander verglichen.

Gezeigt wird jeweils, wieviel Prozent der vom Gebäude insgesamt hervorgerufenen Gesamtemissions- bzw. -verbrauchsmenge die unterschiedlichen Fenstertypen verantworten.

Alle Bewertungen basieren auf Daten des ift Rosenheim, deren Aussagekraft und Anwendbarkeit auf Österreich in den Kapiteln 3.1.4. und 3.1.5 ausführlich diskutiert wurden.

### 3.2.1 Szenario 1: Langfristige Betrachtung

Als erste Variante werden die Ökobilanzergebnisse nach der Lebensdauerannahme, welche im „Positionspapier ALU-FENSTER“ (Jodl et al., 2010) getroffen wurde, untersucht.

Das bedeutet, dass auf einen Betrachtungszeitraum von 60 Jahren Kunststofffenster zweimal, Holz- und Holz-Aluminiumfenster einmal und Aluminiumfenster gar nicht getauscht werden.

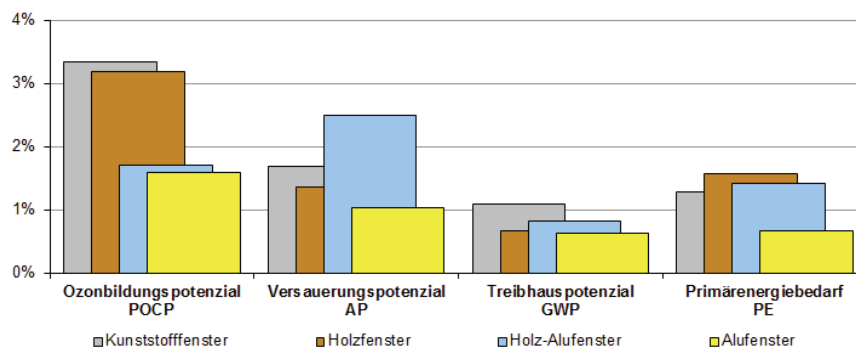


Abbildung 26: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 1

In der Grafik wird sichtbar, dass man in der Ökobilanz, bei der es sich ja um eine Untersuchung mehrerer Wirkkategorien handelt, nicht generell von einem besten oder schlechtesten Material sprechen kann.

Je nach Wirkkategorie haben die Materialien unterschiedlich zu reihende Auswirkungen. Während das Kunststofffenster etwa beim Ozonbildungspotenzial und beim Treibhauspotenzial die höchsten Emissionen zeigt, wird es beim Primärenergiebedarf bei Berechnung mit den zugrundeliegenden Daten des ift Rosenheim (v. Houwald et al., 2011) vom Holz- und Holz-Aluminiumfenster übertroffen.

Nur das Aluminiumfenster zeigt, unter der gewählten Annahme im Betrachtungszeitraum keinen Tausch zu erfahren, in allen Kategorien durchgehend die geringsten Auswirkungen auf die Umwelt. Dies ist eine Folge der, der Häufigkeit des Fenstertauschs entsprechenden, Vervielfachung der Wirkungen aus Herstellung und Entsorgung bei den anderen Fenstertypen.

Überraschend ist auch zu sehen, dass in den Kategorien Treibhauspotenzial und Primärenergieverbrauch das Holzfenster entgegen der landläufigen Meinung nicht besser abschneidet als das Aluminiumfenster. Das wäre bei einer ausschließlichen Betrachtung der Herstellungsphase anders.

### 3.2.2 Szenario 2: Kurzfristige Betrachtung

Um die Auswirkungen der einzelnen Rahmenmaterialien unabhängig von ihrer Lebensdauer beurteilen zu können, wird im nächsten Untersuchungsschritt eine Annahme gewählt, in der davon ausgegangen wird, dass alle Fenster, gleich welchen Materials, nach 30 Jahren einen Tausch erfahren.

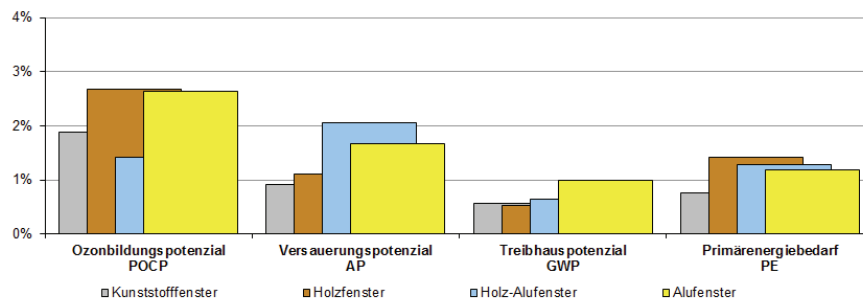


Abbildung 27: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 2

In dieser Annahme mit gleich langer Nutzungsdauer aller Fensterwerkstoffe geht der große Vorteil, den das Aluminiumfenster durch seine Langlebigkeit hat, verloren.

Wie in der vorigen Annahme ist aber auch hier kein durchgängig bestes oder schlechtestes Material festzumachen. Rahmenmaterialien die in der einen Kategorie am besten abschneiden, schneiden in einer anderen Kategorie am schlechtesten ab. Die Unterschiede zwischen den Materialien sind jedoch gering.

### 3.2.3 Szenario 3: Fachliteratur-Mittelwerte

Bei dem von den Studienautoren angenommenen Szenario, das von der aus allen Quellen gemittelten Lebensdauer ausgeht, werden in einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren die Aluminium- und die Holz-Aluminiumfenster gar nicht, die Holz- und die Kunststofffenster je einmal getauscht.

Die Auswirkungen auf die Umwelt stellen sich in der Ökobilanz wie folgt dar:

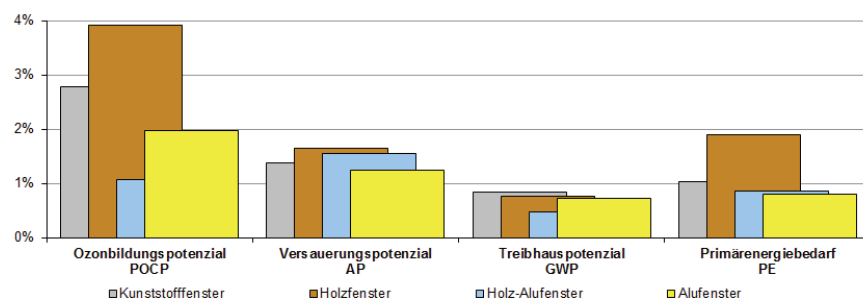


Abbildung 28: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 3

Wie auch bei den anderen beiden Szenarien kann kein durchgehend bestes oder schlechtestes Material identifiziert werden; auch hier haben unterschiedliche Materialien in den unterschiedlichen Wirkkategorien Vor- oder Nachteile. Grundsätzlich jedoch sind Holz-Aluminium- und Aluminiumfenster (mit einer Ausnahme) besser bewertet als Kunststoff- und Holz-Fenster.

Auffällig ist in diesem Fall wiederum der überraschend hohe Primärenergiebedarf des Holzrahmens gegenüber dem der anderen Rahmenmaterialien. Dies ergibt sich daraus, dass der über den Lebenszyklus generierte Primärenergiebedarf beim Holzfenster lt. den Erhebungen des ift Rosenheim (v. Houwald et al., 2011) in der Herstellungsphase an sich schon höher ist, als man annehmen würde, und dieser dann durch den zusätzlichen Fenstertausch noch verdoppelt wird.

### 3.2.4 Die Verglasung

In allen bisherigen Berechnungen wurden jeweils die gesamten Fensterelemente, inklusive der Verglasung, betrachtet. In der folgenden Darstellung sollen aber auch die Auswirkungen des Rahmenmaterials alleine, reduziert um die Auswirkungen der Verglasung gezeigt werden.

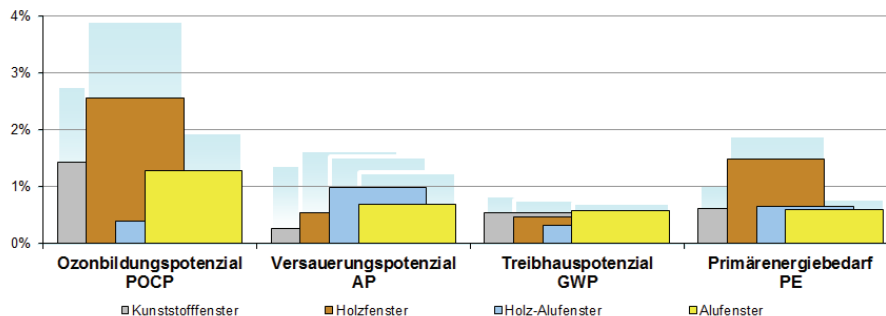


Abbildung 29: Anteil der Umweltwirkungen der Fensterrahmen (ohne Verglasung) am Gesamtgebäude nach Szenario 3

### 3.2.5 Zusammenfassung Ökobilanz

Der Beitrag der Umweltwirkungen, welche allein durch das Fensterrahmenmaterial hervorgerufen werden, ist, an der Gesamtgebäudebilanz gemessen, im Vergleich zu seinem Gewichtsanteil zwar als relativ hoch, in Summe aber, insbesondere im Wohnbau oder bei anderen Bautypen mit geringem Fensterflächenanteil, als nicht ausschlaggebend zu betrachten. Dies trifft auf alle Materialtypen gleichmäßig zu. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Rahmenmaterialien sind als gering einzuschätzen.

So beträgt etwa die größte durch unterschiedliche Rahmenmaterialien hervorgerufene Differenz, also das größtmögliche Verbesserungspotenzial, in allen drei untersuchten Szenarien hinsichtlich Treibhauspotenzial nicht mehr als 0,6 % der Gesamtgebäudewirkung. Dies entspricht etwa 7,2 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Wohneinheit und Jahr.

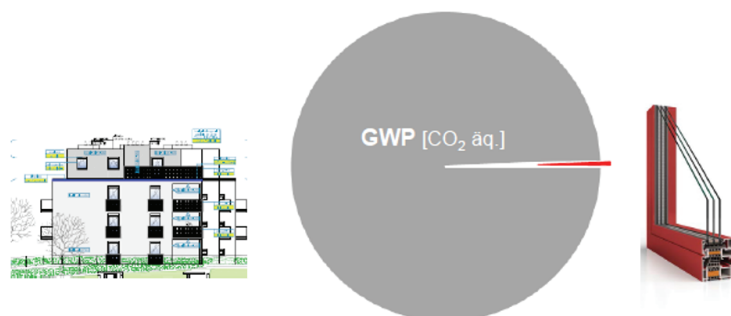


Abbildung 30: Die Fenstermaterialentscheidung wirkt sich mit maximal 0,6 % CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (GWP) in Relation zur Gesamtgebäudebilanz über den Lebenszyklus aus



Aus der Untersuchung der Ökobilanz in den unterschiedlichen Szenarien auf Basis der EPDs des ift Rosenheim (v. Houwald et al., 2011) kann, wie aus den Ergebnissen der Abschnitte 3.2.1 bis 3.2.3 deutlich wird, keine eindeutige Empfehlung für oder gegen ein Rahmenmaterial abgeleitet werden. Die Aussagekraft der EPD-Daten des ift Rosenheim ist in den Kapiteln 3.1.4 und 3.1.5. ausführlich diskutiert und von signifikanter Relevanz.

Abgesehen davon, dass in einer Ökobilanz immer mehrere Umweltwirkkategorien beurteilt werden und ein und dasselbe Material in der einen Kategorie besser und in einer anderen Kategorie schlechter zu bewerten sein kann als die Vergleichsmaterialien, kommt es vor allem auch durch die unterschiedlichen Annahmen des Betrachtungszeitraums und der Nutzungsdauer der verschiedenen Materialien zu Vor- oder Nachteilen in der Ökobilanz. Je länger der Betrachtungszeitraum ist, desto günstiger stellen sich langlebige, wartungsarme Rahmenmaterialien dar.

Bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus der Rahmenmaterialien werden die energetischen Nachteile, die das Aluminiumfenster in der Herstellungsphase hat, bereits durch den weitgehend geschlossenen Recyclingkreislauf annähernd ausgeglichen. Wird dann auch noch die durchschnittlich längere Lebensdauer des Aluminiumfensters miteinbezogen, gehen die umweltbezogenen Vorteile der anderen Fensterrahmentypen verloren und das Aluminiumfenster, das am wenigsten oft erneuert werden muss, stellt sich auch als die ökologisch sinnvollste Variante dar.

In jedem Fall gilt, dass je länger ein Material funktionserfüllend verwendet werden kann und je besser das Material dann wieder in den Stoffkreislauf eingebunden werden kann, bzw. auch tatsächlich wird, desto geringer sind seine Auswirkungen auf die Umwelt.

### 3.3 Ergebnis

Im Kontext einer umfassenden lebenszyklischen Gebäudeanalyse sind im Wohnbau aufgrund der hohen Auswirkungen des jahrzehntelangen Gebäudebetriebs und des geringen Fensterflächenanteils bei Lebenszykluskosten- und Ökobilanz-Potenzial nur geringe Unterschiede im Vergleich zwischen den unterschiedlichen Fensterrahmenmaterialien feststellbar.

Die Lebenszykluskosten variieren abhängig von der Berechnungsmethodik, zeigen aber eine Tendenz: Aluminiumfenster weisen am Ende der gewählten Betrachtungszeiträume einen geringeren Anteil an den Lebenszykluskosten auf, als an den Baukosten zum Zeitpunkt der Errichtung. Fenster mit Holz-Aluminiumrahmen weisen ähnliche Trendlinien auf, jedoch nicht in dem gleichen Ausmaß wie Aluminiumfenster. Die anderen untersuchten Rahmenmaterialien weisen entsprechend der jeweiligen Berechnungsmethodik sehr unterschiedliche Ergebnisse auf, wobei es, abgesehen von der kurzfristigen Betrachtung, vermehrt zu Erhöhungen hinsichtlich ihres Anteils an den Lebenszykluskosten kommt. Bei der kurzfristigen Betrachtung weisen alle untersuchten Rahmenmaterialien eine Verringerung des Lebenszykluskostenpotenzials auf; dies ist auf die einheitliche Nutzungsdauer aller Fenstersysteme in diesem Szenario zurückzuführen.

Dies wird vor allem dann sichtbar, wenn die Betrachtungszeiträume entsprechend lange gewählt werden und die Nutzungsdauer auch der technischen Lebensdauer entspricht. Wenn Fenster vor Erreichen der technischen Lebensdauer erneuert werden, werden Rahmenwerkstoffe mit geringen Erstinvestitionskosten wirtschaftlich; ist jedoch eine längerfristige Betrachtung mit entsprechender Ausnutzung von höheren Lebensdauern gefragt, so haben langlebige, wartungsarme Fenster, zum Beispiel aus Aluminium wirtschaftliche Vorteile.

Bei der Ökobilanz<sup>3</sup> zeigt sich, dass gerade im Wohnbau, mit einem durchschnittlich geringen Fensterflächenanteil von 20-30 %, der Einfluss des Rahmenmaterials von Fenstern auf die Gesamtgebäudebilanz von untergeordneter Bedeutung ist, da hier der mit Abstand größte Einflussfaktor die durch den Betrieb des Gebäudes hervorgerufenen Umweltwirkungen sind.

Eine wesentlich größere Rolle spielt daher die bauphysikalische Qualität der Fensterelemente und der damit verbundene Einfluss auf den Energieverbrauch infolge Heizen, Lüften und gegebenenfalls Kühlen.

Insbesondere unter Berücksichtigung des Recyclingpotenzials betragen die Unterschiede zwischen den einzelnen Rahmenmaterialien in Abhängigkeit von der Wirkkategorie etwa 0,4 bis max. 2 %. Dabei kann kein Material in den vier untersuchten Wirkkategorien Ozonbildungspotenzial, Versauerungspotenzial, Treibhauspotenzial und Primärenergiebedarf durchgehend als das Beste oder das Schlechteste festgehalten werden.

Was sich aber eindeutig zeigt ist, dass eine höhere Qualität, die damit verbundene längere Nutzungsdauer und vor allem ein hochwertiges Recycling und die größtmögliche Reintegration der rückgebauten Fensterelemente in den Stoffkreislauf in allen untersuchten Umweltwirkkategorien deutlich sichtbare Verbesserungen bringen.

---

<sup>3</sup> Die Gegenüberstellung der Rahmenmaterialien in dieser Arbeit erfolgt nur hinsichtlich angegebener Wirkkategorien und ist damit keine umfassende ökologische Bewertung oder Beurteilung der generellen Nachhaltigkeit der Produkte.

### 3.4 Glossar

#### Barwert

Der Barwert (Gegenwartswert, aus dem Englischen: present value) ist der Wert, den zukünftige Zahlungen in der Gegenwart besitzen. Er wird durch Abzinsung der zukünftigen Zahlungen und anschließendes Summieren ermittelt.

#### Betrachtungszeitraum

Gibt die zeitliche Bilanzgrenze einer Lebenszykluskostenberechnung in Jahren an. Für die kumulierten Lebenszykluskosten werden die Investitions-, Folge- und Erneuerungskosten über die Jahre des Betrachtungszeitraumes addiert und diskontiert. Mit Wahl des Betrachtungszeitraumes steuert die Analyse auch die Berücksichtigung etwaiger Erneuerungszyklen.

#### BKI

- A) **Baukostenindex:** Die Baukostenindizes beobachten die Entwicklung der Kosten, die den Bauunternehmern bei der Ausführung von Bauleistungen durch Veränderung der Kostengrundlagen (Material und Arbeit) entstehen (Statistik Austria).
- B) **Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern** ist die zentrale Service-Einrichtung für über 100.000 ArchitektInnen in Deutschland. Die BKI-Baukostendatenbank umfasst derzeit über 2.400 abgerechnete Projekte zu Neubauten, Altbauten und Freianlagen. Diese sind die Grundlage für das BKI-Fachinformationsprogramm im Bereich der Kostenplanung ([www.baukosten.de](http://www.baukosten.de)).

#### Photochemisches Ozonbildungspotenzial, POCP (Photochemical Ozone Creation Potential)

Unter Einwirkung von Sonnenstrahlung entstehen aus Stickoxid und Kohlenwasserstoffemissionen unter komplexen chemischen Reaktionen aggressive Reaktionsprodukte, wobei das wichtigste Reaktionsprodukt Ozon ist. Stickoxide allein bewirken keine hohe Ozonkonzentration. Allerdings bilden sie gemeinsam mit Kohlenwasserstoffen, die bei unvollständiger Verbrennung, beim Umgang mit Ottokraftstoffen (Lagerung, Umschlag, Tanken etc.) oder beim Umgang mit Lösungsmitteln auftreten, Ozon mit erhöhter Konzentration.

Photochemische Ozonbildung in der Troposphäre, auch als Sommersmog bezeichnet, steht im Verdacht, zu Vegetations- und Materialschäden zu führen. Höhere Konzentrationen von Ozon sind humantoxisch.

Hohe Ozonkonzentrationen treten bei starker Sonneneinstrahlung, geringer Luftfeuchtigkeit, geringem Luftaustausch sowie hohen Kohlenwasserstoffkonzentrationen auf. Da das Vorhandensein von CO (meist vom Verkehr) das gebildete Ozon zu CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> reduziert, kommt es in unmittelbarer Nähe der Emissionsquellen oft nicht zu den höchsten Ozon-Konzentrationen. Diese treten eher in Reinluftgebieten (z.B. Wäldern) auf, in welchen die UV-Strahlung der Sonne nicht durch eine Staubschicht reduziert wird und kaum CO vorhanden ist. Das Photooxidantienpotenzial (POCP) wird in der Ökobilanz als Ethen Äquivalent (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äq.) angegeben.

#### BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), wurde 1990 vom Building Research Establishment (BRE) in Großbritannien veröffentlicht und ist eines der ältesten Zertifizierungssysteme zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden.

Ziel ist unter Besitzern, Benutzern, Planern und Betreibern das Bewusstsein für die Vorteile eines nachhaltigen Zugangs zu wecken.

#### DGNB

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V., ist eine Non-Profit- und Nichtregierungsorganisation, deren Aufgabe es ist, Wege und Lösungen für nachhaltiges Planen, Bauen und Nutzen von Bauwerken zu entwickeln und zu fördern. Im Zentrum ihrer Arbeit stehen der Auf- und Ausbau eines Zertifizierungssystems für nachhaltige Bauten sowie die Vergabe eines Zertifikats in den Qualitätsstufen Gold, Silber und Bronze. Die Gesellschaft wurde 2007 von 40 Organisationen aus der Bau- und Immobilienwirtschaft gegründet.

### **Diskontzinssatz**

Bei einer dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung (wie LZ) wird, aus dem Finanzbereich bekannt, die Kapitalwertmethode angewandt, bei der die Variable Zeit mit Hilfe eines Diskontsatzes (Discount rate) in die Berechnung eingebracht wird. Dies führt zu einem auf ein beliebiges Jahr gerechneten Barwert (Net Present Value) des Objektes/Anlage.

### **Lebensdauer**

Hiermit ist meist die technische Lebensdauer (engl. service life) gemeint und beschreibt in Jahren [a] die entsprechend Materialeigenschaften und Verarbeitungsqualitäten erreichbare, technische Lebensdauer für ein Bauteil/Anlage/Gewerk.

### **LEED**

Die Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) (übersetzt etwa: Führerschaft in energie- und umweltgerechter Planung) ist ein System zur Klassifizierung für ökologisches Bauen, das 1998 vom U.S. Green Building Council entwickelt wurde. Es definiert eine Reihe von Standards für umweltfreundliches, ressourcenschonendes und nachhaltiges Bauen.

### **LZK**

Lebenszykluskosten: Summe an Investitions- und Folgekosten die innerhalb eines definierten Betrachtungszeitraum auftreten. Lebenszykluskostenanalyse (Life Cycle Cost Analysis: LCCA)

### **Nutzungsdauer**

Die Nutzungsdauer kann von der technische Lebensdauer abweichen und beschreibt in Jahren [a] die Zeitspanne, die ein Bauteil/Anlage/Gewerk genutzt wird bzw. in Betrieb sein kann.

### **Objektlebenszyklus**

Zeitabschnitt, der alle Phasen der Lebensdauer eines Objekts umfasst und sich in die Phasen Objektplanung und -errichtung, Objektnutzung, und Abbruch und Objektbeseitigung gliedert (ÖNORM B 1801-2, 2011).

### **ÖGNB**

Die Österreichische Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (ÖGNB) versteht sich als Dachorganisation für all jene Unternehmen, Institutionen und auch Einzelpersonen in Österreich, die an einer Höherqualifizierung der österreichischen Bauwirtschaft im Sinne des Nachhaltigen Bauens interessiert sind. Das von der ÖGNB verwendete Gebäudezertifikat ist das TQB, wobei TQB für Total Quality Building steht. Die Entwicklung von TQB wurde 1998 gestartet und ist wie zahlreiche andere Gebäudebewertungssysteme auf die internationale Initiative „Green Building Challenge“ zurückzuführen. TQB dokumentiert die Qualität eines Gebäudes von der Planung über den Bau bis zur Nutzung im TQ-Gebäudezertifikat.

### **ÖGNI**

Die Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft (ÖGNI) ist eine Nichtregierungs- und Non-Profit-Organisation zur Förderung des nachhaltiges Planens, Bauens und Nutzens von Bauwerken in Österreich.

Im Zentrum der Vereinsarbeit steht die Zertifizierung von Gebäuden mit einem Gütesiegel in Bezug auf Nachhaltigkeit in den Qualitätsstufen Gold, Silber und Bronze sowie die Etablierung von CSR-Standards.

Der Verein schloss im Juni 2009 auf der Fachmesse Consense 2009 in Stuttgart mit der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) einen Kooperationsvertrag ab. Dabei wurde insbesondere vereinbart, dass die ÖGNI das in Deutschland verbreitete Gebäudezertifizierungssystem der DGNB für Österreich übernehmen und anpassen kann.

### **OI3-Index**

Der OI3-Index stellt einen aggregierten Kennwert der Ökokennzahlen Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen (PEI<sub>ne</sub>), Treibhauspotential (GWP) und Versauerungspotential (AP) dar. Den Ökokennzahlen für 1m<sup>2</sup> einer Baukonstruktion wird ein OI3-Index zugeordnet, der typischerweise einen Wertebereich von 0 - 100 Punkte umfasst. Je höher der OI3-Index für 1m<sup>2</sup> eines Bauteils, desto höher sind die "ökologische Kosten" für die Herstellung dieses Bauteils.

### **Primärenergiebedarf erneuerbar/nicht erneuerbar PE<sub>e</sub>/PE<sub>ne</sub>**

Der Primärenergieeinsatz ist das Quantum an direkt aus der Hydrosphäre, Atmosphäre oder Geosphäre entnommenen Energie oder bezeichnet Energieträger, die noch keiner anthropogenen Umwandlung unterworfen wurden. Er ergibt sich aus dem Endenergieverbrauch und den Verlusten, die bei der Erzeugung der Endenergie aus der Primärenergie auftreten.

Der Primärenergieverbrauch kann durch unterschiedliche Arten an Energiequellen gedeckt werden. Als aggregierte Werte werden üblicherweise folgende Primärenergien ausgewiesen:

Der Summenwert „Primärenergieeinsatz nicht erneuerbar (PE<sub>ne</sub>)“ angegeben in MJ charakterisiert im Wesentlichen den Einsatz der Energieträger Erdgas, Erdöl, Braunkohle, Steinkohle und Uran. Erdgas und Erdöl werden sowohl zur Energieerzeugung, als auch stofflich als Bestandteil z.B. von Kunststoffen eingesetzt. Kohle wird im Wesentlichen zur Energieerzeugung genutzt. Uran wird ausschließlich zur Stromgewinnung in Kernkraftwerken eingesetzt.

Der Summenwert „Primärenergieeinsatz erneuerbar (PE<sub>e</sub>)“ angegeben in MJ wird in der Regel separat ausgewiesen und umfasst Wind- und Wasserkraft, Solarenergie und Biomasse.

In der vorliegenden Arbeit wird der aggregierte Wert PE<sub>ges</sub>, der sich aus den Werten aus PE<sub>ne</sub> und PE<sub>e</sub> zusammensetzt, angegeben.

### **Treibhauspotenzial, GWP (Global Warming Potential)**

Der Wirkungsmechanismus des Treibhauseffektes kann im kleineren Maßstab, wie der Name schon sagt, in Gewächs- oder Treibhäusern beobachtet werden. Dieser Effekt findet auch im globalen Maßstab statt. Die eintreffende kurzweilige Sonnenstrahlung trifft auf die Erdoberfläche, wird dort teilweise absorbiert (was zu einer direkten Erwärmung führt) und teilweise als Infrarotstrahlung reflektiert. Der reflektierte Anteil wird in der Troposphäre durch sogenannte Treibhausgase absorbiert und richtungsunabhängig wieder abgestrahlt, sodass die Strahlung teilweise wieder zur Erde zurückgestrahlt wird.

Zusätzlich zum natürlichen Treibhauseffekt ist aufgrund menschlicher Aktivitäten ein anthropogener Anteil am Treibhauseffekt zu verzeichnen. Zu den anthropogen freigesetzten Treibhausgasen gehören beispielsweise Kohlendioxid, Methan und synthetische Fluorgase wie Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>), FCKWs und HFKWs.

Das Treibhauspotenzial wird als Kohlendioxid - Äquivalent (CO<sub>2</sub>-Äq.) angegeben. Dies bedeutet, dass alle Emissionen bezüglich ihres potenziellen Treibhauseffekts zu CO<sub>2</sub> ins Verhältnis gesetzt werden. Da die Verweildauer der Gase in der Atmosphäre in die Berechnung mit einfließt, muss der für die Abschätzung betrachtete Zeithorizont immer mit angegeben werden. Üblich ist ein Bezug auf 100 Jahre.

### **Versauerungspotenzial, AP (Acidification Potential)**

Die Versauerung von Böden und Gewässern entsteht überwiegend durch die Umwandlung von Luftschadstoffen in Säuren. Daraus resultiert eine Verringerung des pH-Werts von Regenwasser und Nebel von 5,6 auf 4 und darunter. Relevante Beiträge hierzu liefern Schwefeldioxid und Stickoxide mit ihren Säuren (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und HNO<sub>3</sub>).

Schäden entstehen an Ökosystemen, wobei vor allem das Waldsterben und die Versauerung der Gewässer zu nennen sind. Es kommt dabei zu einer direkten Schädigung oder indirekten Schädigung (Nährstoffauswaschung aus den Böden, verstärkte Löslichkeit von Metallen im Boden).

Aber auch bei Bauwerken und Baustoffen nehmen die Schäden zu. Beispiele hierzu sind Metalle und Natursteine, die verstärkter Korrosion oder Zersetzung ausgesetzt sind.

Die Fähigkeit bestimmter Stoffe, H<sup>+</sup>-Ionen zu bilden und abzugeben wird als Versauerungspotenzial bezeichnet und in Schwefeldioxid-Äquivalenten (SO<sub>2</sub>-Äq.) angegeben. Bei der Bewertung der Versauerung ist zu berücksichtigen, dass es sich zwar um ein globales Problem handelt, die Effekte regional jedoch unterschiedlich ausfallen können.

### 3.5 Daten

	Aluminium	Holz/Alu	Kunststoff/Alu	Kunststoff	Holz
Szenario 1 Langfristig	3,8	6,1	7,5	6,3	6,7
Szenario 2 Kurzfristig	4,7	4,2	3,5	2,8	4,1
Szenario 3 Fachliteratur	4,1	4,3	6,2	5,4	7,1

*Ergebnisse: Anteil [%] an Lebenszykluskosten einzelner Fensterrahmenmaterialien entsprechend Szenario und Rahmenmaterial*

Grunddaten für fiktiven Wohnbau – Referenzobjekt für Modellrechnung:

NGF	2.854	m <sup>2</sup>
Wohnnutzfläche	2.257	m <sup>2</sup>
Gebäudehüllfläche	4.699	m <sup>2</sup>
beheiztes Bruttovolumen	8.900	m <sup>3</sup>
BGF gesamt inkl. Garage	5.030	m <sup>2</sup>
BGF ohne Garage	3.240	m <sup>2</sup>
Fensterfläche	635	m <sup>2</sup>
Stück öffnbare Fenster	145	Stk.
Wohneinheiten	28	Stk.
Stellplätze TG	38	Stk.

**Szenario 1: Barwerte Lebenszykluskosten Gesamtgebäude für Szenario langfristige Betrachtung**
**Langfristige Betrachtung**

Jahre	Aluminium	Holz/Alu	Holz	Kunststoff/ Alu	Kunststoff
1	4.245.000	4.197.750	4.166.250	4.150.500	4.103.250
2	4.334.842	4.289.445	4.261.112	4.243.894	4.196.567
3	4.424.490	4.380.929	4.355.731	4.337.060	4.289.657
4	4.513.952	4.472.209	4.450.116	4.430.007	4.382.527
5	4.603.238	4.563.294	4.544.276	4.522.742	4.475.187
6	4.692.354	4.654.193	4.638.221	4.615.275	4.567.646
7	4.781.311	4.744.915	4.731.958	4.707.615	4.659.913
8	4.870.116	4.835.468	4.825.497	4.799.770	4.751.995
9	4.958.777	4.925.861	4.918.847	4.891.750	4.843.902
10	5.052.159	5.020.957	5.016.873	4.988.418	4.940.499
11	5.140.559	5.111.055	5.109.870	5.080.071	5.032.082
12	5.228.840	5.201.017	5.202.705	5.171.575	5.123.516
13	5.317.011	5.290.853	5.295.385	5.262.937	5.214.808
14	5.405.081	5.380.571	5.387.920	5.354.167	5.305.969
15	5.500.715	5.477.838	5.487.975	5.452.930	5.404.664
16	5.588.606	5.567.346	5.580.245	5.543.920	5.495.587
17	5.676.420	5.656.761	5.672.396	5.634.803	5.586.403
18	5.873.337	5.855.264	5.873.607	5.834.759	5.786.293
19	5.961.023	5.944.520	5.965.546	5.925.454	5.876.923
20	6.053.373	6.038.425	6.062.107	6.020.785	5.972.189
21	6.140.963	6.127.555	6.153.868	6.111.326	6.062.666
22	6.228.517	6.216.634	6.245.552	6.201.804	6.153.080
23	6.316.045	6.305.672	6.337.169	6.292.225	6.243.439
24	6.403.553	6.394.675	6.428.728	6.382.600	6.333.751
25	6.606.052	6.598.655	6.635.237	6.778.334	6.685.496
26	6.693.547	6.687.617	6.726.704	6.868.640	6.775.741
27	6.781.048	6.776.570	6.818.139	6.958.925	6.865.966
28	6.868.563	6.865.524	6.909.549	7.049.197	6.956.178
29	6.956.101	6.954.485	7.000.944	7.139.464	7.046.386
30	7.061.077	7.060.872	7.109.740	7.247.144	7.154.006
31	7.148.684	7.149.876	7.201.130	7.337.428	7.244.232
32	7.236.338	7.238.913	7.292.530	7.427.733	7.334.480
33	7.324.048	7.327.992	7.383.950	7.518.068	7.424.757
34	7.411.821	7.417.122	7.475.396	7.608.440	7.515.074
35	7.712.842	7.719.487	7.780.056	7.912.037	7.818.614
36	7.904.355	7.912.329	7.975.171	8.106.099	8.012.621
37	7.992.368	8.001.660	8.066.752	8.196.637	8.103.104
38	8.080.478	8.091.074	8.158.395	8.287.247	8.193.660
39	8.168.693	8.180.581	8.250.109	8.377.939	8.284.297
40	8.403.780	8.413.584	8.676.469	8.593.052	8.499.358
41	8.492.230	8.503.300	8.768.350	8.683.931	8.590.183
42	8.580.810	8.593.135	8.860.328	8.774.915	8.681.116
43	8.669.528	8.683.096	8.952.411	8.866.015	8.772.164
44	8.758.393	8.773.191	9.044.608	8.957.238	8.863.335
45	8.854.429	8.870.445	9.143.944	9.055.609	8.961.656
46	8.943.612	8.960.835	9.236.395	9.147.105	9.053.101
47	9.032.967	9.051.385	9.328.986	9.238.750	9.144.697
48	9.122.502	9.142.104	9.421.726	9.330.553	9.236.451
49	9.212.226	9.232.999	9.514.623	9.422.523	9.328.372
50	9.409.060	9.648.839	9.701.031	9.798.588	9.663.551
51	9.499.187	9.740.114	9.794.269	9.890.917	9.755.832
52	9.589.527	9.831.592	9.887.692	9.983.439	9.848.306
53	9.680.090	9.923.282	9.981.307	10.076.161	9.940.981
54	9.869.172	10.113.481	10.173.412	10.267.383	10.132.157
55	9.960.206	10.205.619	10.267.438	10.360.535	10.225.262
56	10.051.487	10.297.995	10.361.683	10.453.914	10.318.595
57	10.143.025	10.390.617	10.456.157	10.547.529	10.412.166
58	10.234.828	10.483.493	10.550.867	10.641.389	10.505.981
59	10.326.905	10.576.633	10.645.823	10.735.504	10.600.051
60	10.423.462	10.674.243	10.745.230	10.834.078	10.698.582

(Barwerte in EUR für 2014)

## Szenario 2: Barwerte Lebenszykluskosten Gesamtgebäude für Szenario kurzfristige Betrachtung

### Kurzfristige Betrachtung

Jahre	Aluminium	Holz/Alu	Holz	Kunststoff/ Alu	Kunststoff
1	4.245.000	4.197.750	4.166.250	4.150.500	4.103.250
2	4.334.595	4.287.871	4.257.422	4.240.358	4.193.108
3	4.423.999	4.377.795	4.348.386	4.330.022	4.282.772
4	4.513.219	4.467.530	4.439.153	4.419.500	4.372.250
5	4.602.265	4.557.086	4.529.730	4.508.801	4.461.551
6	4.691.144	4.646.471	4.620.125	4.597.933	4.550.683
7	4.779.866	4.735.693	4.710.348	4.686.904	4.639.654
8	4.868.438	4.824.761	4.800.407	4.775.724	4.728.474
9	4.956.868	4.913.682	4.890.310	4.864.400	4.817.150
10	5.050.023	5.007.323	4.984.923	4.957.798	4.910.548
11	5.138.196	5.095.978	5.074.540	5.046.212	4.998.962
12	5.226.254	5.184.512	5.164.028	5.134.508	5.087.258
13	5.314.203	5.272.933	5.253.393	5.222.693	5.175.443
14	5.402.053	5.361.251	5.342.646	5.310.777	5.263.527
15	5.497.470	5.457.130	5.439.451	5.406.425	5.359.175
16	5.585.145	5.545.264	5.528.502	5.494.330	5.447.080
17	5.672.747	5.633.319	5.617.465	5.582.158	5.534.908
18	5.869.452	5.830.475	5.815.519	5.779.089	5.731.839
19	5.956.929	5.918.396	5.904.331	5.866.788	5.819.538
20	6.049.072	6.010.981	5.997.797	5.959.151	5.911.901
21	6.136.457	6.098.802	6.086.492	6.046.755	5.999.505
22	6.223.809	6.186.586	6.175.140	6.134.322	6.087.072
23	6.311.135	6.274.340	6.263.751	6.221.863	6.174.613
24	6.398.444	6.362.074	6.352.333	6.309.384	6.262.134
25	6.586.150	6.550.199	6.541.298	6.497.299	6.450.049
26	6.673.450	6.637.915	6.629.845	6.584.807	6.537.557
27	6.760.757	6.725.634	6.718.388	6.672.321	6.625.071
28	6.848.081	6.813.366	6.806.935	6.759.849	6.712.599
29	6.935.429	6.901.118	6.895.495	6.847.398	6.800.148
30	7.040.218	7.006.306	7.001.483	6.952.387	6.905.137

(Barwerte in EUR für 2014)



**Szenario 3: Barwerte Lebenszykluskosten Gesamtgebäude für Szenario Fachliteratur Mittelwerte**
**Fachliteratur Mittelwerte**

Jahre	Aluminium	Holz/Alu	Holz	Kunststoff/ Alu	Kunststoff
1	4.245.000	4.197.750	4.166.250	4.150.500	4.103.250
2	4.334.842	4.289.445	4.261.112	4.243.894	4.196.567
3	4.424.490	4.380.929	4.355.731	4.337.060	4.289.657
4	4.513.952	4.472.209	4.450.116	4.430.007	4.382.527
5	4.603.238	4.563.294	4.544.276	4.522.742	4.475.187
6	4.692.354	4.654.193	4.638.221	4.615.275	4.567.646
7	4.781.311	4.744.915	4.731.958	4.707.615	4.659.913
8	4.870.116	4.835.468	4.825.497	4.799.770	4.751.995
9	4.958.777	4.925.861	4.918.847	4.891.750	4.843.902
10	5.052.159	5.020.957	5.016.873	4.988.418	4.940.499
11	5.140.559	5.111.055	5.109.870	5.080.071	5.032.082
12	5.228.840	5.201.017	5.202.705	5.171.575	5.123.516
13	5.317.011	5.290.853	5.295.385	5.262.937	5.214.808
14	5.405.081	5.380.571	5.387.920	5.354.167	5.305.969
15	5.500.715	5.477.838	5.487.975	5.452.930	5.404.664
16	5.588.606	5.567.346	5.580.245	5.543.920	5.495.587
17	5.676.420	5.656.761	5.672.396	5.634.803	5.586.403
18	5.873.337	5.855.264	5.873.607	5.834.759	5.786.293
19	5.961.023	5.944.520	5.965.546	5.925.454	5.876.923
20	6.053.373	6.038.425	6.062.107	6.020.785	5.972.189
21	6.140.963	6.127.555	6.153.868	6.111.326	6.062.666
22	6.228.517	6.216.634	6.245.552	6.201.804	6.153.080
23	6.316.045	6.305.672	6.337.169	6.292.225	6.243.439
24	6.403.553	6.394.675	6.428.728	6.382.600	6.333.751
25	6.606.052	6.598.655	6.635.237	6.587.937	6.539.026
26	6.693.547	6.687.617	6.726.704	6.678.243	6.629.271
27	6.781.048	6.776.570	6.818.139	6.768.528	6.719.496
28	6.868.563	6.865.524	6.909.549	6.858.800	6.809.708
29	6.956.101	6.954.485	7.000.944	6.949.067	6.899.916
30	7.061.077	7.060.872	7.109.740	7.056.747	7.007.536
31	7.148.684	7.149.876	7.201.130	7.147.031	7.097.762
32	7.236.338	7.238.913	7.292.530	7.237.336	7.188.010
33	7.324.048	7.327.992	7.383.950	7.327.670	7.278.287
34	7.411.821	7.417.122	7.475.396	7.418.043	7.368.604
35	7.712.842	7.719.487	7.780.056	7.721.640	7.828.580
36	7.904.355	7.912.329	7.975.171	7.915.702	8.022.586
37	7.992.368	8.001.660	8.066.752	8.006.240	8.113.070
38	8.080.478	8.091.074	8.158.395	8.096.850	8.203.626
39	8.168.693	8.180.581	8.250.109	8.187.541	8.294.263
40	8.403.780	8.413.584	8.676.469	8.598.872	8.509.323
41	8.492.230	8.503.300	8.768.350	8.689.751	8.600.149
42	8.580.810	8.593.135	8.860.328	8.780.735	8.691.081
43	8.669.528	8.683.096	8.952.411	8.871.835	8.782.129
44	8.758.393	8.773.191	9.044.608	8.963.058	8.873.301
45	8.854.429	8.870.445	9.143.944	9.061.429	8.971.621
46	8.943.612	8.960.835	9.236.395	9.152.925	9.063.067
47	9.032.967	9.051.385	9.328.986	9.244.570	9.154.663
48	9.122.502	9.142.104	9.421.726	9.336.374	9.246.416
49	9.212.226	9.232.999	9.514.623	9.428.343	9.338.337
50	9.395.491	9.417.424	9.701.031	9.613.832	9.523.778

(Barwerte in EUR für 2014)

Ökobilanzdaten nach Lebenszyklusphasen gem. prEN 15804

Quelle: Muster-EPDs des ift-Rosenheim ([www.ift-rosenheim.de/environmental-product-declaration](http://www.ift-rosenheim.de/environmental-product-declaration))

		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D1	Summe
Ökobilanzdaten nach Lebenszyklusphasen gem. prEN 15804		Rohstoffgewinnung	Transport	Herstellung	Transport	Einbau/Installation	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Renovierung, Sanierung	Energieverbrauch im Betrieb	Wasserverbrauch im Betrieb	Rückbau	Transport	Recycling	Entsorgung/Endlagerung	Recyclingpotenzial	Herstellung A+ Nachnutzung C+ Recyclingpot. D
		Herstellungsphase					Nutzungsphase							Nachnutzungsphase			Recyclingpotenzial	Summe der Wirkungen	
<b>Aluminiumfenster</b>																			
GWP	kg CO <sub>2</sub> Äqv.	157												13			-119	51 kg CO <sub>2</sub> Äqv.	
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	0,0482												0,001			-0,0172	0,032 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	
AP	kg SO <sub>2</sub> Äqv.	0,73												0,012			-0,573	0,169 kg SO <sub>2</sub> Äqv.	
PE <sub>ne</sub>	MJ	2253												58			-1510	801 MJ	
PE <sub>e</sub>	MJ	397												1			-356	42 MJ	
PE <sub>ges</sub>	MJ	2650												59			-1866	843 MJ	
<b>Holz-Metallfenster</b>																			
GWP	kg CO <sub>2</sub> Äqv.	54												1,76			-22,15	33,61 kg CO <sub>2</sub> Äqv.	
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	0,03												-0,000165			-0,01	0,0198 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	
AP	kg SO <sub>2</sub> Äqv.	0,45												0,00855			-0,25	0,2086 kg SO <sub>2</sub> Äqv.	
PE <sub>ne</sub>	MJ	1209,1												30,91			-562,97	677,04 MJ	
PE <sub>e</sub>	MJ	317,55												4,31			-92,41	229,45 MJ	
PE <sub>ges</sub>	MJ	1526,65												35,22			-655,38	906,49 MJ	
<b>Holzfenster</b>																			
GWP	kg CO <sub>2</sub> Äqv.	39												29			-41	27 kg CO <sub>2</sub> Äqv.	
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	0,0305												0,0006			0,0014	0,0325 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	
AP	kg SO <sub>2</sub> Äqv.	0,26												0,007			-0,155	0,112 kg SO <sub>2</sub> Äqv.	
PE <sub>ne</sub>	MJ	1089												16			-514	591 MJ	
PE <sub>e</sub>	MJ	436												0			-19	417 MJ	
PE <sub>ges</sub>	MJ	1525												16			-533	1008 MJ	
<b>Kunststofffenster</b>																			
GWP	kg CO <sub>2</sub> Äqv.	85												14			-63	36 kg CO <sub>2</sub> Äqv.	
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	0,0334												0,0038			-0,0122	0,025 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Äqv.	
AP	kg SO <sub>2</sub> Äqv.	0,332												0,018			-0,267	0,083 kg SO <sub>2</sub> Äqv.	
PE <sub>ne</sub>	MJ	1393												200			-1000	593 MJ	
PE <sub>e</sub>	MJ	85												13			-20	78 MJ	
PE <sub>ges</sub>	MJ	1478												213			-1020	671 MJ	

wird in der vorliegenden Studie auf anderem Weg abgebildet (s. S. 32)

### 3.6 Literaturverzeichnis

Agethen, Frahm, Renz, Thees (2008)  
Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte  
BTE – Bund Technischer Experten e.V.  
[www.expertebte.de](http://www.expertebte.de)

Asif, M., Davidson, A. & Muneer, T. (2002)  
Life cycle of window materials – A comparative assessment  
Retrieved from [www.cibse.org/pdfs/Masif.pdf](http://www.cibse.org/pdfs/Masif.pdf)

Asif, Muneer, & Kubie (2005)  
Sustainability analysis of window frames  
Building Engineering Research and Technology, 2005; 26; p.71-87; DOI: 10.1191/0143624405bt118tn

Baubook  
Webplattform Ökologische Bauprodukte  
[www.baubook.at](http://www.baubook.at)

Berk, J., & DeMarzo, P. (2007)  
Corporate Finance  
Stanford: Pearson

BGBl.855/1993, (1993)  
855. Verordnung: Cadmiumverordnung  
[www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=BgblPdf&Dokumentnummer=1993\\_855\\_0](http://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=BgblPdf&Dokumentnummer=1993_855_0)

Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. (2013)  
BKI Baukosten 2013, Fachbuch - Statistische Kostenkennwerte für GebäudeTeil 1  
Köln: Rudolf Müller

BMVBS (2011)  
Leitfaden Nachhaltiges Bauen  
Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

BTE (2008)  
Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte  
Webpräsenz des Bunds technischer Experten e. V., Agethen, U., Frahm, K.-J., Renz, K., Thees, E. P., Essen

CRTIB – Bauplattform Luxembourg (2008)  
Bauelemente, Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE)  
[www.crtib.lu/de/](http://www.crtib.lu/de/)

DIN 14025 (2011)  
Umweltkennzeichnungen und –deklarationen – Typ III Umweltdeklarationen – Grundsätze und Verfahren  
Berlin: Beuth Verlag GmbH

DIN 18960 (2008)  
Nutzungskosten im Hochbau  
Berlin: Beuth Verlag GmbH

Ellingham, I. & Fawcett, W. (2006)  
New Generation Whole-Life Costing  
Taylor & Francis, New York, USA

EN ISO 14044 (2009)  
Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen  
Berlin Beuth Verlag GmbH

Flögl H. (2009)  
Lebenszykluskosten Hintergründe – Grundlagen- Konzepte  
Donau- Universität Krems, Fachbereich Facility Management und Sicherheit

Hauser G., Lüking R.M. (2011)  
Durchschnittliche Marktpreise für Fenster

VFF – Verband Fenster und Fassaden, München

Heitel, S., Koriath, H., Herzog, C. S. & Specht, G. (2008)  
Vergleichende Lebenszykluskostenanalyse für Fußgängerbrücken aus unterschiedlichen Werkstoffen  
Bautechnik (10), 1–11

Herzog, B., & Friedl, K. (2010)  
Erstes Lebenszykluskostentool, das valide Prognosen von Beginn an ermöglicht  
Wettbewerbe(286), 14-17

Herzog, K. (2005)  
Lebenszykluskosten von Baukonstruktionen - Entwicklung eines Modells und einer Softwarekomponente zur ökonomischen Analyse und Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden  
Dissertation Institut für Massivbau; TU Darmstadt

HV SV, Hauptverband Sachverständiger Kärnten & Steiermark (2006)  
Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile  
Hauptverband des allgemeinen beideten und gerichtlich zertifizierten Sachverständigen Österreichs  
[www.sv.co.at/nutzungsdauerkatalog](http://www.sv.co.at/nutzungsdauerkatalog)

IBO (2010)  
Leitfaden für die Berechnung von Ökokennzahlen für Gebäude  
Wien: Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie

Jodl, H., Pommer, G., Schranz, C., Chval, M., Fehring, M., & Maier, C. (2010)  
Positionspapier ALU-FENSTER.  
Wien: Aluminium-Fenster-Institut

König, H., Köhler, N., & Lützkendorf, T. (2009)  
Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung: Grundlagen- Berechnung- Planungswerkzeuge,  
Institut für internationale Architekturdokumentation, Detail Green Books

Kreutzer Fischer & Partner (2005)  
Markttrends bei Holz- Alu- und Kunststofffenster  
Studie KFP, Wien

ÖAKF-Symposium 3.2.2005  
40 Jahre Kunststofffenster in Österreich - Ökologische Vernunft oder Beschaffungsrisiko

ÖNORM B 1801-2 (2011)  
Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 2: Objekt-Folgekosten  
Wien: Austrian Standards Institute

ÖNORM B 1801-4 (2014)  
Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 4: Berechnung von Gebäudelebenszykluskosten  
Wien: Austrian Standards Institute

ÖNORM B 8110-4 (1998)  
Wärmeschutz im Hochbau - Betriebswirtschaftliche Optimierung des Wärmeschutzes  
Wien: Austrian Standards Institute

ÖNORM EN ISO 14040 (2009)  
Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen  
Wien: Austrian Standards Institute

ÖNORM EN 14351-1 (2006)  
Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit  
Wien: Austrian Standards Institute

ÖNORM EN 15804 (2012),  
Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte  
Wien: Austrian Standards Institute

ÖNORM EN 15978 (2010)

Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bestimmung der Umwelleistung von Gebäuden - Berechnungsmethode  
Wien: Austrian Standards Institute

Pfeiffer M., Bethe A., Fanslau-Görlitz D., Zedler J. (2010)  
Nutzungsdauertabellen für Wohngebäude - Lebensdauer von Bau-und Anlagenteilen

prEN 15804 (2008)  
Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen für Produkte –Regeln für Produktkategorien  
Berlin Beuth Verlag GmbH

Reis, J. (2009)  
Lebensdauer einiger Bauteile  
Sachverständiger Josef Reis  
[www.yumpu.com/de/document/read/3630485/lebensdauer-einiger-bauteile-sachverstandigenburo-josef-reis](http://www.yumpu.com/de/document/read/3630485/lebensdauer-einiger-bauteile-sachverstandigenburo-josef-reis)

Richter, K., Künninger, T., Brunner, K. (1996)  
Ökologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien (ohne Verglasung)  
Studie im Auftrag der Schweizerischen Fachstelle für Fenster- und Fassadenbau SZFF in Zusammenarbeit mit dem Verband der Fenster- und Fassadenhersteller VFF, Frankfurt am M. EMPA Abteilung Holz

Ritter, F. (2011)  
Lebensdauer von Bauteilen und Bauelementen – Modellierung und praxisnahe Prognose  
Dissertation Institut für Massivbau Heft 22, TU Darmstadt

Swissbau Sachverständiger (2009)  
Lebensdauer Bauteile und Bauteilschichten  
SwissBauCoGmbH

TU Delft; European Aluminium Association (EAA)  
Collection of Aluminium from buildings in Europe;  
European Aluminium Association (EAA)

V. Houwald, B., Wortner, P., Kreißig, J., Peters, H. (2011)  
Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen für transparente Bauelemente - Fenster und Glas - für die  
Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden  
Abschlussbericht  
Anhang A:  
Muster-EPD Holzfenster (Deklarationsnummer EPD-UMC-2010111-D)  
Muster-EPD Kunststofffenster (Deklarationsnummer EPD-UMC-2010111-D)  
Muster-EPD Aluminiumfenster (Deklarationsnummer EPD-UMC-2010111-D)  
EPD Holz-Aluminiumfenster (Deklarationsnummer M-EPD-HMF-000004 )  
[www.ift-rosenheim.de/environmental-product-declaration](http://www.ift-rosenheim.de/environmental-product-declaration)

Wortner, P.(2014)  
E-Mail an Popp M.: Antwort auf Anfrage zu Forschungsbericht EPDs FÜR TRANSPARENTE BAUELEMENTE  
E-Mail vom 8.Oktober 2014

Waltenberger, L. (2011)  
Lebenszykluskosten und Ökobilanzierung von Fassadensystemen im Industriebau.  
Wien: Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, TU Wien

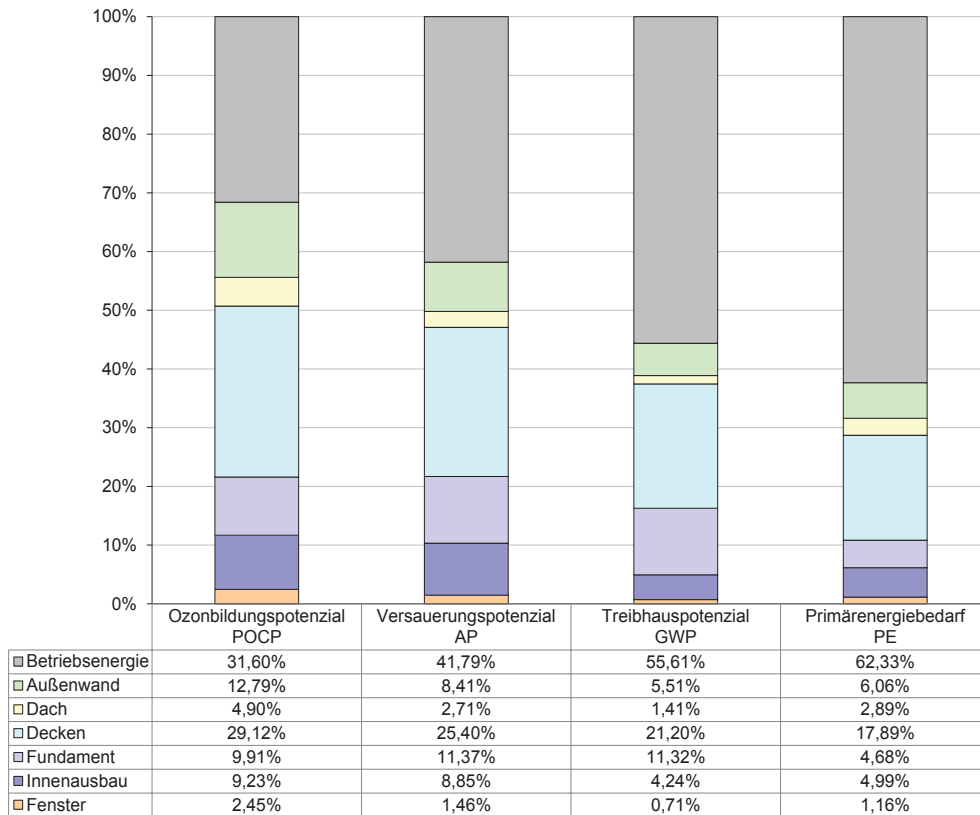
### 3.7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Vergleich Rahmenwerkstoffe (Jodl et al., 2010) ...9	9
Abbildung 2: Photochemisches Ozonbildungspotenzial (POCP) für verschiedene Rahmenmaterialien [g.C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /m <sup>2</sup> a Äq] (Asif et al., 2005)..... 11	11
Abbildung 3: Vergleich der mittleren technischen Lebensdauer verschiedener Standardfenster laut Ritter, 2011..... 12	12
Abbildung 4: Schematische Darstellung: Definition von Lebenszykluskosten als Summe von Objekt-Errichtungskosten und Objekt-Folgekosten (ÖNORM B 1801-2, 2011) ..... 13	13
Abbildung 5: Lebenszykluskosten als Kapitalfluss (ÖNORM B 1801-4 , 2014)..... 16	16
Abbildung 6: Kumulierte Barwerte über den Lebenszyklus eines Wohnbaus nach Kostenart, Schemadarstellung ..... 16	16
Abbildung 7: Auswirkungen der Wahl des Diskontierungszinssatzes auf den Barwert (König, Köhler & Lützkendorf, 2009) ..... 17	17
Abbildung 8: Darstellung Rahmen einer Ökobilanz nach EN ISO 14040 ..... 18	18
Abbildung 9: Lebenszyklusphasen gem. ÖNORM EN 15804 ..... 19	19
Abbildung 10: Referenzobjekt als Grundlage für Modellbildung ..... 21	21
Abbildung 11: Flächenverteilung Referenzobjekt, als Hauptnutzfläche wird die Wohnfläche verstanden. .... 21	21
Abbildung 12: Plausibilisieren des kalibrierten LZK-Tool <sup>öko</sup> Modells mit Kennwertkatalog (BKI, 2013) 22	22
Abbildung 13: Übersicht Lebensdauerangaben entsprechend unterschiedlicher Literaturquellen ..... 24	24
Abbildung 14: Relation der Anschaffungskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen ..... 25	25
Abbildung 15: Relation der Lebenszykluskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen nach Szenario 1 ..... 27	27
Abbildung 16: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend langfristiger Betrachtung über 60 Jahre.... 27	27
Abbildung 17: Relation der Lebenszykluskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen nach Szenario 2 ..... 28	28
Abbildung 18: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend kurzfristiger Betrachtung über 30 Jahre.... 28	28
Abbildung 19: Relation der Lebenszykluskosten von unterschiedlichen Fensterkonstruktionen nach Szenario 3 ..... 29	29
Abbildung 20: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend Fachliteratur Mittelwerte über 50 Jahre. ... 29	29
Abbildung 21: Verlauf der Lebenszykluskosten und prozentualer Anteil der Fenster an Lebenszykluskosten des Gesamtgebäudes entsprechend Szenario 1 am Beispiel Aluminiumfenster 30	30
Abbildung 22: Rechenwert GWP für 1 m <sup>2</sup> Aluminiumfenster lt. jeweiliger Datenbank ..... 32	32
Abbildung 23: Darstellung von Verbräuchen und Gutschriften an Primärenergie innerhalb des Lebenszyklus der Fensterrahmen ..... 36	36
Abbildung 24: Darstellung von Verbräuchen und Gutschriften an Treibhauspotenzial innerhalb des Lebenszyklus der Fensterrahmen ..... 36	36
Abbildung 25: Darstellung der prozentuellen Verteilung der durch das Referenzgebäude hervorgerufenen Umweltwirkungen ..... 39	39
Abbildung 26: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 1 ..... 40	40
Abbildung 27: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 2 ..... 41	41
Abbildung 28: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 3 ..... 41	41
Abbildung 29: Anteil der Umweltwirkungen der Fensterrahmen (ohne Verglasung) am Gesamtgebäude nach Szenario 3..... 42	42
Abbildung 30: Die Fenstermaterialentscheidung wirkt sich mit maximal 0,6 % CO <sub>2</sub> -Äquivalenten (GWP) in Relation zur Gesamtgebäudebilanz über den Lebenszyklus aus ..... 42	42

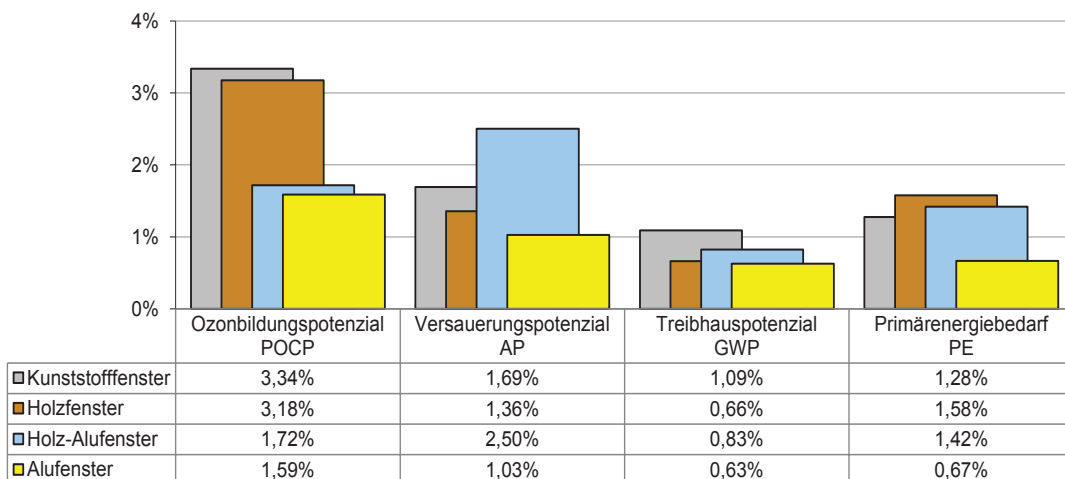
### 3.8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung der OI3-Indizes von Fenstern verschiedener Rahmenwerkstoffe mit 3-Scheibenverglasung (Jodl et al., 2010).....	10
Tabelle 2: Umfrageanalyse zu Nutzungsdauern von Fenstermaterialien, (Asif et al., 2002) .....	11
Tabelle 3: Lebensdauer unterschiedlicher Rahmenmaterialtypen, Ergebnisse der Literaturrecherche	15
Tabelle 4: Gegenüberstellung der drei untersuchten Szenarien .....	24
Tabelle 5: Unterschiedliche Datensätze zur Beurteilung von Fensterrahmenmaterialien.....	31
Tabelle 6: Materialzusammensetzung der unterschiedlichen Fenstertypen in Prozent lt. EPDs des ift Rosenheim .....	33

### 3.9 Werte zu Tabellen

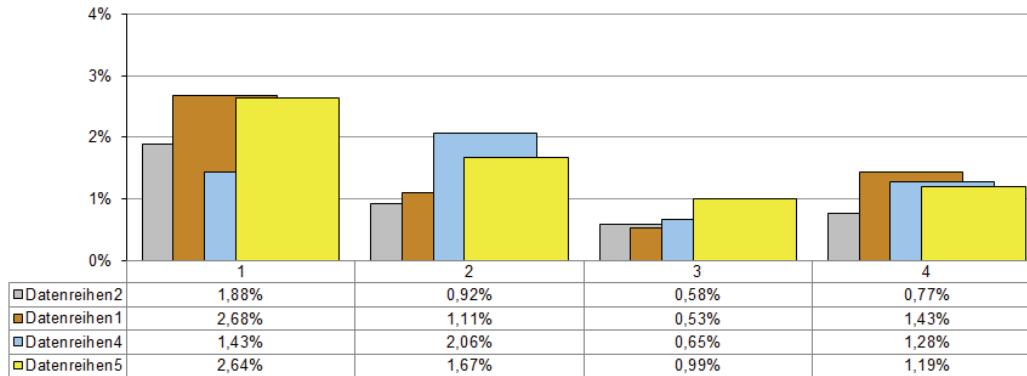


Zu Abbildung 25: Darstellung der prozentuellen Verteilung der durch das Referenzgebäude hervorgerufenen Umweltwirkungen

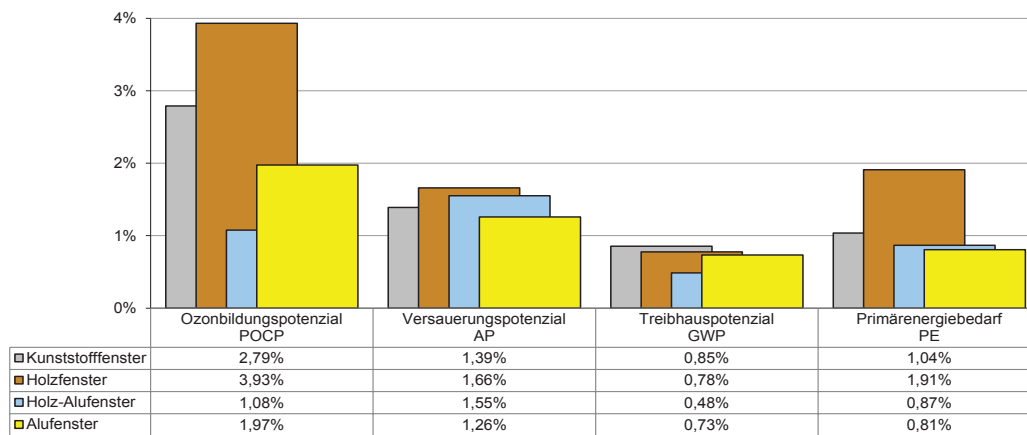


Zu Abbildung 26: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 1

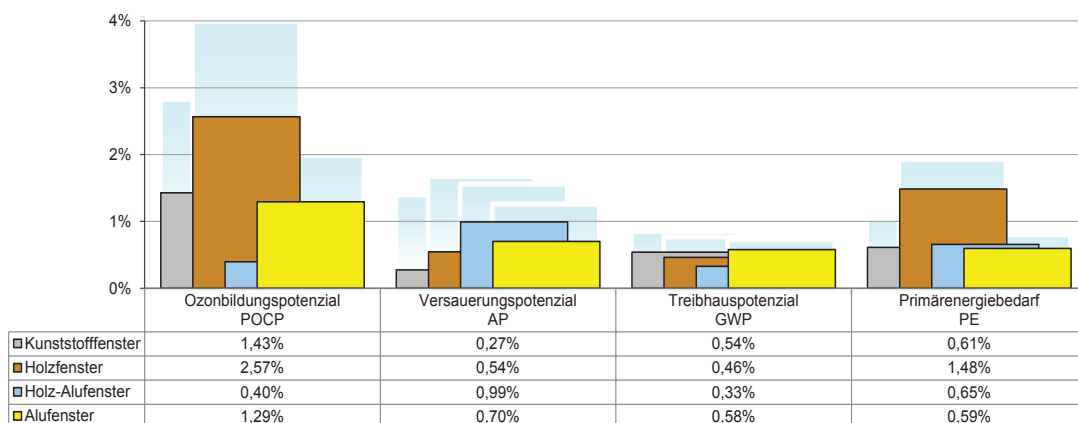




Zu Abbildung 27: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 2



Zu Abbildung 28: Anteil der Umweltwirkungen der transparenten Elemente am Gesamtgebäude nach Szenario 3



Zu Abbildung 29: Anteil der Umweltwirkungen der Fensterrahmen (ohne Verglasung) am Gesamtgebäude nach Szenario 3



## STUDIENTEIL

---

### **Positionspapier ALU-FENSTER**

Betrachtungen am Beispiel des kommunalen Wohnbaus

Mit dem Positionspapier ALU-FENSTER, einer Betrachtung am Beispiel des kommunalen Wohnbaus, wurde eine produktbezogene Entscheidungshilfe für Architekten, Bauherren und Investoren erarbeitet. Ziel des Positionspapier ALU-FENSTER ist es, technische, wirtschaftliche und ökologische Aspekte nachvollziehbar darzustellen, um eine praktische Hilfe für nachhaltige Investitionsentscheidungen für Fensterkonstruktionen zu geben.

**Verfasser:**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement der  
Technischen Universität Wien

MA 39, Prüf-, Inspektions- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien



# **Positionspapier ALU-FENSTER**

Betrachtungen am Beispiel des  
kommunalen Wohnbaus

Eine Entscheidungshilfe für Bauherren,  
Architekten und Investoren

**Aluminium-Fenster-Institut  
in Kooperation mit  
Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden**

Wien, 2010  
(Aktualisierung 15. September 2010)

# Positionspapier ALU-FENSTER

Betrachtungen am Beispiel des kommunalen Wohnbaus  
Eine Entscheidungshilfe für Bauherren, Architekten und Investoren

Das Positionspapier wurde durch folgendes Team erarbeitet:

Ing. Michael CHVAL	MA 39
DI Martin FEHRINGER	MA 39
o.Univ.Prof. DI Dr. Hans Georg JODL	TU Wien
DI Dr. Christian MAIER	TU Wien
DI Georg POMMER	MA 39
DI Dr. Christian SCHRANZ, MSc.	TU Wien

**IBPM Institut für Interdisziplinäres  
Bauprozessmanagement an der TU Wien**  
Karlsplatz 13/234 | A- 1040 Wien



**MA 39, Prüf-, Überwachungs- und  
Zertifizierungsstelle der Stadt Wien**  
Rinnböckstraße 15 | A-1110 Wien



Zitiervorschlag:

Jodl, H.G., Pommer, G., et al. (Wien, 2010): Positionspapier ALU-FENSTER

Herausgeber:

**Aluminium-Fenster-Institut**  
ZVR 625508312  
Johnstraße 4 | A-1150 Wien  
E-Mail: [office@alufenster.at](mailto:office@alufenster.at)  
[www.alufenster.at](http://www.alufenster.at)



in Kooperation mit:

**Arbeitsgemeinschaft der Hersteller  
von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden**  
Wiedner Hauptstraße 63 | A- 1045 Wien  
E-Mail: [amft@fmfi.at](mailto:amft@fmfi.at)  
[www.amft.at](http://www.amft.at)



**Copyright:**

Die Vervielfältigung jeder Art und die Weitergabe an Dritte – auch auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung des Aluminium-Fenster-Instituts.

Aufgrund der besseren Lesbarkeit wurde auf die geschlechtsspezifische Bezeichnung verzichtet.

## Kurzfassung

Ziel des vorliegenden Positionspapier ALU-FENSTER ist es, aktuelle technische, wirtschaftliche und ökologische Aspekte nachvollziehbar darzustellen, um eine praktische Hilfe für Investitionsentscheidungen für Fensterkonstruktionen zu geben.

Demzufolge werden drei Fensterkonstruktionstypen untersucht: ein einflügeliges Fenster, ein zweiflügeliges Fenster und eine Balkontüre. Neben dem reinen Rahmenwerkstoff Aluminium werden auch Holz, Holz/Alu und Kunststoff vergleichend herangezogen.

Berechnungsbasis dazu sind Lebenszyklusmodelle nach der Barwertmethode und Endwertmethode, welche durchgeführt und abschließend die Ergebnisse dargestellt werden.

Auch die Situation, dass eine Wartung unterlassen wird bzw. nicht durchgeführt werden kann wird genau beleuchtet. Die Lebenszykluskosten werden anhand einer beispielhaften Musterwohnung dargestellt.

Dauerfunktionsprüfungen, weit über die sonst am Markt üblichen Belastungsgrenzen hinaus, bestätigen die Vorzüge für ALU-FENSTER, welche sich im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Konstruktionen zeigen.

Umfangreiche Basisinformationen, Literaturrecherchen und entsprechende Nachweise der ökologischen Bewertung ergänzen das Positionspapier, wiewohl die im Folgenden angeführten Fakten bereits einen sehr guten Einblick in die wesentlichen Erkenntnisse dieses Dokumentes geben:

### Auftraggeber

- AFI Aluminium-Fenster-Institut in Kooperation mit
- AMFT Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden der Branchenorganisation der österreichischen Metallbauer in der WKÖ Wirtschaftskammer Österreich

### Auftragnehmer

- MA 39 Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien
- IBPM Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement an der Technischen Universität Wien

## Wichtige Fakten des Positionspapier ALU-FENSTER

Wirtschaftlichkeits- und Lebenszykluskostenberechnungen ergeben für ALU-FENSTER

- wirtschaftlichste Konstruktion bei einflügeligen Fenstern
- wirtschaftlichste Konstruktion bei zweiflügeligen Fenstern
- wirtschaftlichste Konstruktion bei Balkontüren

Dauerhafte Funktionalität mit – in Österreich in dieser Form erstmalig durchgeführten – Dauerbelastungstests bis 50.000 Öffnungs- und Schließzyklen nachgewiesen:

- 30.000 Öffnungs- und Schließzyklen ohne Wartungsdurchführung gemäß ÖNORM EN 1191:2000 (ohne Schmier- und Nachstarbeiten)  
→ Positives Testergebnis für alle getesteten Fensterkonstruktionstypen; volle Funktionsfähigkeit mit Prüfbericht bestätigt.  
Zusätzlich eine Fensterkonstruktion bis 50.000 Zyklen ohne Wartungsdurchführung geprüft und Funktionsfähigkeit erfolgreich nachgewiesen (entspricht einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von über 60 Jahren)

Anschaffungs- und Lebenszykluskosten für eine Musterwohnung des großvolumigen kommunalen Wiener Wohnbaus mit fünf einflügeligen Fenstern und einer Balkontür aus Aluminium weisen gegenüber Holz- und Holz/Alu-Fenstern (Kunststoff-Fenster werden aus ökologischen Gründen von der Gemeinde Wien nicht eingesetzt) über die gesamte Lebensdauer vergleichsweise die niedrigsten Werte auf (vgl. Abb. 1).

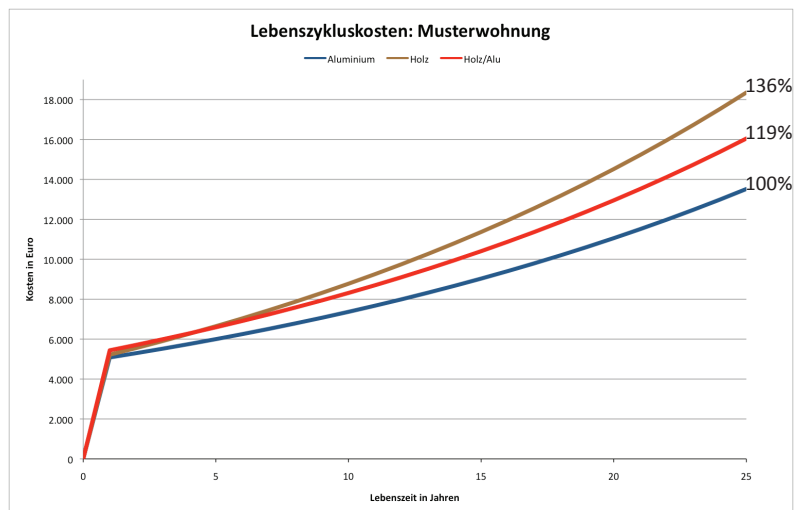


Abb. 1: Lebenszykluskosten Musterwohnung (0 - 25 Jahre): Vergleich der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz/Alu und Holz <sup>1</sup>

60 Jahre Nutzungsdauer für ALU-FENSTER anhand von Dauerbelastungstests und Berechnungen für eine Musterwohnung nachgewiesen

Thermische und akustische Leistungsfähigkeit über den gesamten Nutzungszeitraum gegeben

Universelle Anwendbarkeit aufgrund von Baukastensystemen für Fenster, Fassaden, Türen, Tore, Wintergärten, Portale und Sonderkonstruktionen

Gute Austausch- und Nachrüstbarkeit der Gläser

Große Glasgewichte können von Aluminiumrahmen verwindungsfrei getragen werden

Ökologische Bewertung im guten Mittelfeld der Fensterwerkstoffe

90-95 % Recycling von Bualuminium in Österreich

<sup>1</sup> Die zugehörigen Werte finden sich in Tab. 44 in Kap. 8.4 Anhang D. Die rechts angefügten Prozentwerte beziehen sich auf die Kosten der Musterwohnung mit dem Rahmenwerkstoff Aluminium – diese wird mit 100% nach 25 Jahren angesetzt. Somit ist eine Musterwohnung mit dem Rahmenwerkstoff Holz nach 25 Jahren um 36% teurer. (Anm.: Nach 60 Jahren lauten die entsprechenden Prozentwerte: Aluminium 100%, Holz/Alu 135%, Holz 164%)



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Abkürzungsverzeichnis.....	4
Vorwort des Herausgebers .....	5
1 Einleitung .....	7
1.1 Zweck und Ziel des Positionspapiers.....	7
1.2 Struktur des Positionspapiers .....	7
1.3 Begriffsbestimmungen .....	8
1.3.1 Allgemeine Begriffe .....	8
1.3.2 Zeitbegriffe .....	10
1.3.3 Kostenbegriffe .....	11
1.4 Abgrenzung im Kontext der Gebäudehülle und Öffnungsverschluss.....	11
1.5 Spannungsfeld Instandhaltung, Nutzung und Witterungseinflüsse .....	12
1.6 Literaturstudie.....	14
2 Wissensbasis Fenster (allgemein) .....	19
2.1 Terminologie und Skizzen zum Fenster allgemein .....	19
2.2 Fenster als Teil der Gebäudehülle.....	21
2.3 Arten von Fenster, Konstruktionsmerkmale, Einbaukriterien .....	23
2.4 Verwendete Materialien (wesentliche Eigenschaften) .....	25
2.4.1 Aluminium .....	25
2.4.2 Stahl.....	28
2.4.3 Holz.....	28
2.4.4 Kunststoff .....	29
2.4.5 Holz/Aluminium .....	30
2.4.6 Holz/Kunststoff.....	30
2.4.7 Kunststoff/Aluminium .....	30
2.5 Mechanische Kennwerte von Fenstern.....	30
2.5.1 Luftdurchlässigkeit gemäß ÖNORM EN 12207:2000.....	31
2.5.2 Schlagregendichtheit gemäß ÖNORM EN 12208:2000 .....	31
2.5.3 Widerstand gegen Windlast ÖNORM EN 12210:2002 .....	31
2.5.4 Mechanische Festigkeit ÖNORM EN 14608:2004 .....	31
2.5.5 Dauerfunktionsfähigkeit ÖNORM EN 1191:2000 .....	32
2.6 Bauphysikalische Kennwerte von Fenstern.....	32

2.6.1	Wärme.....	32
2.6.2	Schall .....	32
2.6.3	Strahlungseigenschaften .....	33
2.6.4	Brandverhalten.....	33
2.7	Lebens(Nutzungs-)dauer von Fenstern .....	33
2.8	Besondere Betrachtung zum Aluminiumfenster .....	34
2.8.1	Einbau und Wartungsmerkmale.....	34
2.8.2	Ökologische Betrachtung .....	35
2.8.3	Entwicklungsmöglichkeiten als Niedrigstenergie(Passivhaus-)komponenten .....	41
2.9	Marktanalyse.....	42
2.10	Status und Erfahrungen aus der Verwendung im kommunalen Wohn- und Objektbau .....	43
3	Laborprüfungen .....	44
3.1	Prüffenster 1 .....	45
3.2	Prüffenster 2 .....	46
3.3	Prüffenster 3 .....	47
3.4	Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	49
4	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	50
4.1	Lebenszyklus von Aluminiumfenster und Fensterkomponenten.....	50
4.2	Lebenszyklusmodell nach der Barwertmethode.....	51
4.2.1	Barwert der Errichtungskosten .....	51
4.2.2	Barwert der Unterhaltungskosten .....	51
4.3	Lebenszyklusmodell nach der Endwertmethode .....	51
4.3.1	Einmalige Kosten .....	51
4.3.2	Jährliche, gleichmäßige Kosten .....	51
4.4	Lebenszykluskostenberechnung Aluminiumfenster .....	52
4.4.1	Stock- und Flügelrahmen .....	52
4.4.2	Auswechselbare Teile.....	55
4.5	Beispiele aus dem kommunalen Wohnbau.....	60
4.5.1	Aluminium-Fenster einflügelig .....	62
4.5.2	Aluminium-Balkontür einflügelig .....	62
4.5.3	Aluminium-Fenster zweiflügelig.....	63
4.6	Vergleich Kosten Aluminium-Fenster einflügelig – Andere.....	64
4.6.1	Holz-Fenster einflügelig.....	64
4.6.2	Holz/Alu-Fenster einflügelig.....	65
4.6.3	Kunststoff-Fenster einflügelig .....	67

4.6.4	Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster – Andere .....	68
4.7	Vergleich Kosten Aluminium-Balkontür – Andere .....	69
4.7.1	Holz-Balkontür.....	69
4.7.2	Holz/Alu-Balkontür.....	70
4.7.3	Kunststoff-Balkontür .....	72
4.7.4	Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Balkontür – Andere.....	73
4.8	Vergleich Kosten Aluminium-Fenster zweiflügelig – Andere .....	74
4.8.1	Holz-Fenster zweiflügelig .....	74
4.8.2	Holz/Alu-Fenster zweiflügelig .....	75
4.8.3	Kunststoff-Fenster zweiflügelig.....	77
4.8.4	Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster zweiflügelig – Andere .....	78
4.9	Zusammenfassung Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	79
4.10	Variante: Unterlassung der Wartung .....	82
4.10.1	Aluminium-Fenster einflügelig ohne Wartung.....	82
4.10.2	Holz-Fenster einflügelig.....	82
4.10.3	Holz/Alu-Fenster einflügelig.....	84
4.10.4	Kunststoff-Fenster einflügelig .....	85
4.10.5	Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster – Andere .....	86
4.10.6	Aluminium-Balkontür einflügelig .....	87
4.10.7	Holz-Balkontür.....	87
4.10.8	Holz/Alu-Balkontür.....	88
4.10.9	Kunststoff-Balkontür .....	89
4.10.10	Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Balkontür – Andere.....	91
4.10.11	Aluminium-Fenster zweiflügelig.....	91
4.10.12	Holz-Fenster zweiflügelig .....	92
4.10.13	Holz/Alu-Fenster zweiflügelig.....	93
4.10.14	Kunststoff-Fenster zweiflügelig .....	94
4.10.15	Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster zweiflügelig – Andere .....	95
4.10.16	Zusammenfassung Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – ohne Wartung.....	96
4.11	Musterwohnung: Vergleich der Rahmenwerkstoffe.....	98
4.11.1	Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Aluminium .....	98
4.11.2	Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Holz.....	98
4.11.3	Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Holz/Alu.....	99
4.11.4	Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Kunststoff .....	100
4.11.5	Musterwohnung: Rahmenmaterial: Zusammenfassung .....	101

5	Resümee.....	102
5.1	Warum Aluminiumfenster?.....	102
5.2	Technische Vorteile für den kommunalen Wohnbau .....	104
5.3	Wirtschaftliche Betrachtung des Einsatzes hochwertiger Aluminiumfensterkonstruktionen ..	105
5.4	Ökologische Vorteile für den kommunalen Wohnbau.....	106
5.5	Gesamtbetrachtung .....	106
6	Abbildungsverzeichnis.....	107
7	Literaturverzeichnis.....	109
8	Anhang .....	110
8.1	Anhang A .....	110
8.2	Anhang B .....	113
8.3	Anhang C .....	115
8.4	Anhang D.....	117

## Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
dgl.	dergleichen
d. h.	das heißt
etc	et cetera
idF	in der Fassung
inkl	inklusive
i. M.	im Mittel
Kap	Kapitel
ÖNORM	Österreichische Norm
Pa	Pascal
s.	siehe
S.	Seite
tlw.	teilweise
u. a.	unter anderem
u. ä.	und ähnliche
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel
zw.	zwischen

## Vorwort des Herausgebers

Die optimale Investitionsentscheidung für ein Bauelement zu treffen erfordert die Berücksichtigung und Abwägung funktionaler, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte. Komplexe Sachverhalte in all diesen Bereichen erschweren die Entscheidungsfindung und manche langfristige Auswirkung wie etwa Lebenszykluskosten sind schwer abschätzbar.

Die Fragestellung, welcher Fensterwerkstoff bzw. welches Fenster die Anforderungen für den gegebenen Einsatzzweck am besten erfüllt, ist demnach eine besondere Herausforderung. Diesem Thema haben sich in den vergangenen Jahrzehnten insbesondere im deutschsprachigen Raum eine Reihe von Studien gewidmet. Klare Empfehlungen waren bisher kaum zu erkennen.

Daher hat sich das AFI Aluminium-Fenster-Institut in Kooperation mit der AMFT Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden in der WKÖ Wirtschaftskammer Österreich die Aufgabe gestellt, zu dieser essenziellen Fragestellung aktuelle technische, wirtschaftliche und ökologische Aspekte zusammenzufassen um eine praktische Entscheidungshilfe zu geben.

Position beziehen. Für ALU-FENSTER, ein technisches Produkt, dessen wirtschaftliche Eigenschaften überzeugen und dessen positive ökologische Aspekte seit Jahren erkannt werden. Für einen Rahmenwerkstoff, der die fordernden Ansprüche der Architekten, Bauherren und Investoren optimal erfüllt. Für ein Produkt, dessen beeindruckendes Zusammenspiel aus Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit richtungweisend im Objektbau ist, wo besonders hohe Anforderungen bestehen. Und das neben diesen "Inneren Werten" auch von außen beispielgebende Ästhetik und herausragendes Design bietet. Die dauerhafte Farbgebung durch Eloxieren und Pulverbeschichten ist dabei ein entscheidender Faktor.

Ein Positionspapier für ALU-FENSTER, mit Praxisbezug, um Bauherren entsprechende Hilfe zu bieten. Mit dem Ziel, die Informationsbasis für die Investitionsentscheidung maßgeblich zu verbessern und vor allem die – im Vergleich zu den anderen Fensterwerkstoffen – längste Lebensdauer im Entscheidungsprozess entsprechend zu berücksichtigen.

Es geht also um dauerhafte Funktionalität und Nutzerfreundlichkeit. Oder einfach um die Beantwortung der Frage: „Welches Fenster hält und funktioniert am längsten?“ Da es in der Praxis oftmals vorkommt, dass vorgeschriebene Wartungsintervalle nicht eingehalten werden, war auch die bisher in Österreich nicht untersuchte Fragestellung: „Was geschieht, wenn keine Wartung erfolgt?“ besonders interessant. Wie viele Jahre bleiben Fenster ohne Wartung funktionstüchtig?

Mit der MA 39, der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien und dem IBPM Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement an der Technischen Universität Wien wurden Auftragnehmer gefunden, die aufgrund ihrer eigenen Tätigkeitsbereiche großes Interesse an der Werthaltigkeit von Bauprodukten haben.

Die Gemeinde Wien trifft als größter kommunaler Bauherr Europas laufend Entscheidungen für Jahrzehnte: über die zukünftige Lebens- und Wohnsituation der Nutzer, die notwendige Instandhaltung und Wartung und natürlich über die finanzielle Gebarung der Stadt Wien. Und das Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement ist spezialisiert darauf, Erkenntnisse über die Wirtschaftlichkeit von Bauprozessen zu verifizieren.

Aufgrund der für die Auftragnehmer besonders interessanten Fragestellung dieses Positionspapiers haben sowohl der Vorstand des IBPM, o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hans Georg Jodl als auch der Leiter der MA 39 Senatsrat Dipl.-Ing. Georg Pommer persönlich intensiv mitgearbeitet.

Die MA 39 hat im Zuge der Arbeiten an diesem Positionspapier unterschiedliche Aluminiumkonstruktionen, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER führen, in den Dauerfunktionsprüfungen weit über die sonst am Markt üblichen Belastungsgrenzen hinaus getestet.

Neben diesen wochenlang durchgeführten Dauerbelastungstests wurden umfangreiche Literaturrecherchen und Markterhebungen durchgeführt. Die langfristigen budgetären Auswirkungen der Investitionsentscheidung für eine Fensterkonstruktion über den gesamten Produktlebenszyklus wurden diesen Erhebungen folgend vom IBPM berechnet.

Obwohl dieses Positionspapier keine vergleichende Studie darstellt, war es für eine transparente Darstellung sinnvoll, andere Fensterwerkstoffe mit einzubeziehen.

Das Ergebnis spricht eindeutig für ALU-FENSTER, nicht nur in technischer, sondern nun auch nachweislich in ökonomischer Hinsicht. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergeben durchwegs die besten Werte für ALU-FENSTER.

Ein Positionspapier, in einer von Nachhaltigkeit geprägten Zeit, erfordert natürlich auch die ökologische Betrachtung. Hier konnten umfassende Unterlagen und aktuelle Berechnungen dokumentiert und nachvollziehbar mit einbezogen werden.

Der OI3-Index des IBO Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (welcher Grundlage für die Wohnbauförderung von fünf österreichischen Bundesländern ist) wurde in die Arbeit integriert. Die ökologische Position liegt demnach im guten Mittelfeld der Fensterwerkstoffe.

Aluminium-Profilsysteme, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER<sup>2</sup> führen, werden somit neben ihrem technologischen Vorsprung auch den ökologischen und wirtschaftlichen Beweis antreten, dass es sich um nachhaltige Produkte hinsichtlich aller heute geforderten Kriterien handelt.

Wir gehen davon aus, dass das vorliegende Positionspapier die Informationsbasis für die Investitionsentscheidung „Fenster“ maßgeblich verbessert und die Marktentwicklung in Österreich dieser Verbesserung Rechnung tragen wird.



Mag. Harald Greger  
Aluminium-Fenster-Institut

---

<sup>2</sup> Für die Herstellung von Aluminium-Profilsystem-Konstruktionen, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER führen, werden ausschließlich stranggepresste Profile mit höchster Präzision verwendet. Diese Profile sind das Ergebnis langjähriger Entwicklungsarbeit, bei der Einflussfaktoren wie Funktion, Bauphysik, Statik, Optik, Gewicht und Verarbeitung eine wesentliche Rolle spielen. An die Produktion werden höchste Ansprüche gestellt. Modernste Profil- und Metallbautechnik sichern Qualität, die durch Prüfzeugnisse dokumentiert ist. Das Aluminium-Fenster-Institut ist Lizenzgeber für das Führen der Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER. Die Einhaltung der RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK ist integrierender Bestandteil der Lizenzvereinbarung.

# 1 Einleitung

## 1.1 Zweck und Ziel des Positionspapiers

Für kommunale Wohnbauten im Wiener Wohnraum werden bislang Holz/Alu-Fenster bevorzugt, die Begründung liegt vor allem in Überlegungen zur Ökologie und Wartungsfreundlichkeit. Diese fußen dabei primär auf den Erfahrungen mit klassischen Holz-Fenstern und allgemein umweltrelevanten Erfordernissen.

In letzter Zeit haben sich die Gewichtungen jedoch verändert. Der ökologischen Bewertung von Aluminium als auch von Holzwerkstoffen liegen neue Daten zugrunde, insbesondere die „Wartungsfreiheit“ von Fensterkonstruktionen rückt immer mehr in den Mittelpunkt.

Für eine kommende Evaluierung der thermischen Wohnhaussanierung tritt daher die Frage nach der optimalen Fensterkonstruktion aus wirtschaftlicher Sicht immer mehr in den Vordergrund. Zur Auswahl stehen heute Systeme der Werkstoffe Holz, Holz/Alu und Aluminium – diese sollen unter Berücksichtigung einer ökologischen Gesamtbewertung vergleichbar werden. Basis für eine Untersuchung ist die europäische Klassifikation für Fenstersysteme.

An Fensterkonstruktionen im kommunalen Wohnbau werden bewusst hohe Anforderungen gestellt. Einerseits auf Grund der nicht sehr pfleglichen Behandlung durch die Benutzer (Nutzerverhalten) aber auch wegen langer Wartungsintervalle. Darüber hinaus stellen Fenster die klassische „Schwachstelle“ der Gebäudehülle dar.

Ziel ist es daher eine möglichst kostengünstige Fensterkonstruktion zu finden, die bezogen auf eine Nutzungsdauer von mindestens 25 Jahren und einer Zielnutzungsdauer von 40 Jahren in folgenden Punkten entsprechen soll:

- Anschaffungspreis und Einbau
- maximale „Wartungsfreiheit“ über den gesamten Nutzungszeitraum
- thermische und akustische Leistungsfähigkeit über den gesamten Nutzungszeitraum

Hier kommen Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Aluminium ins Spiel. Sie sind qualitativ sehr hochwertig einzustufen, denn die hohe Rahmensteifigkeit in Kombination mit einer besonders hohen Resistenz gegen äußere Witterungseinflüsse machen Fensterkonstruktionen aus Aluminium nahezu „wartungsfrei“ – und, garantieren – unabhängig vom Nutzerverhalten – eine lange Lebensdauer.

Im nachfolgenden Kapitel werden für ein besseres Verständnis die relevanten Begriffe definiert.

## 1.2 Struktur des Positionspapiers

Die Struktur des Positionspapiers ist so gewählt, dass zu Beginn eine allgemeine Wissensbasis über Fenster als Teil der Gebäudehülle angeführt ist. Neben den Arten von Fenstern und den zum Einsatz kommenden Rahmenwerkstoffen werden auch mechanische und bauphysikalische Kennwerte der jeweiligen Fensterkonstruktionen näher erläutert.

Die mechanischen Kennwerte der ALU-FENSTER wurden anhand von Laborversuchen im Prüflabor der MA 39 ermittelt. Die für die Laborprüfung verwendeten ALU-FENSTER-Konstruktionen wurden betreffend der Abmessungen so ausgewählt, dass ein Vergleich mit Prüfungsergebnissen anderer

Rahmenwerkstoffe möglich ist. Das gewählte Prüfverfahren zur Ermittlung der technischen Leistungsfähigkeit der ALU-FENSTER (Dreh-Kipp-Funktion) entspricht dem Standard der europäischen Prüfnormen zur Bestimmung der Klassifikation. Durch die Laborprüfung soll gezeigt werden, dass ALU-FENSTER auch nach Ablauf der Nutzungsperiode (z. B.: 20 Jahre) die Klassifikationen gem. ÖNORMen noch erfüllen und sich im zeitlich erweiterten Nutzungszeitraum durch einen deutlich geringeren Wartungsaufwand gegenüber den anderen Rahmenwerkstoffen auszeichnen.

Die in Österreich gültige ÖNORM B 5300 legt als üblichen Nutzungszeitraum für Fenster eine Zykluszahl von 10.000 Öffnungen fest. Um einen Nutzungszeitraum von 40 Jahren zu simulieren, werden im Rahmen dieses Positionspapiers rund 30.000 Öffnungszyklen zugrunde gelegt.

Im wirtschaftlichen Teil wird die Betrachtung für eine Nutzungsperiode von bis zu 60 Jahren der zuvor gewählten Fensterkonstruktionen der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff durchgeführt. Neben den Anschaffungskosten wird besonderes Augenmerk auf die Wartungskosten und Wartungsintervalle gelegt.

Basis der Darstellung der jeweiligen Lebenszykluskosten sind die Durchschnittspreise einer Recherche der TU Wien für 500 Stück Fenster für ein fiktives Projekt im Wiener kommunalen Wohnbau. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen fußen demnach auf marktüblichen Rahmenbedingungen. Die diesbezüglichen Ausschreibungsunterlagen der TU Wien finden sich in Kap. 8.2 Anhang B. Die je nach Fensterkonstruktion für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angesetzten Lebensdauern der einzelnen Bauteile resultieren zum einen aus publizierten Lebensdauern (vgl. Kap. 2.7) und zum anderen aus den Laborprüfungen (siehe Kap. 8.3 Anhang C)

Abschließend werden die Ergebnisse der Laborversuche und der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der einzelnen Rahmenwerkstoffe gegenübergestellt und interpretiert.

## 1.3 Begriffsbestimmungen

### 1.3.1 Allgemeine Begriffe

#### ▪ **Abzinsung**

Mit Abzinsung oder Diskontierung wird in der Zinseszinsrechnung die Ermittlung des Anfangskapitals  $K^{bar}$  (Bar-, Gegenwartswert, Ausgangskapital) aus einem gegebenen Endkapital  $K^{end}$  (End-, Zeitwert), mit einem festgelegten Zinssatz  $z$  und einer festgelegten Laufzeit von  $m$  Jahren durch Multiplikation mit dem zugehörigen Abzinsungsfaktor  $(1/q)^m$  bezeichnet.

$$K^{bar} = K^{end} \cdot \left(\frac{1}{q}\right)^m = K^{end} \cdot \frac{1}{q^m} = \frac{K^{end}}{(1+z)^m} \quad \text{mit } q = 1+z \quad (1)$$

#### ▪ **Abzinsungsfaktor $1/q^m$**

Der Abzinsungs- oder Diskontierungsfaktor ist der Zinsfaktor  $(1/q)^m$ , mit dem der Endwert  $K^{end}$  (Zeitwert, Endkapital) durch Multiplikation des gegebenen Anfangswertes  $K^{bar}$  (Bar-, Gegenwartswert, Anfangs-, Ausgangskapital) bei festgelegtem Zinssatz  $z$  und festgelegter Verzinsungslaufzeit  $m$  berechnet wird (siehe auch Abzinsung).



$$\left(\frac{1}{q}\right)^m = \frac{1}{q^m} = \frac{1}{(1+z)^m} \quad \text{mit } q = 1+z \quad (2)$$

### ▪ **Aufzinsung**

Ermittlung des Endkapitals  $K^{end}$  (End-, Zeitwert) aus einem gegebenem Anfangskapital  $K^{bar}$  (Bar-, Anfangs-, Gegenwartswert, Ausgangskapital), einem festgelegten Zinssatz  $z$  und einer festgelegten Laufzeit von  $m$  Jahren durch Multiplikation mit dem zugehörigen Aufzinsungsfaktor  $q^n$ . Das Anfangskapital  $K^{bar}$  wird um Zinseszinsen vermehrt zum Endkapital  $K^{end}$ .

$$K^{end} = K^{bar} \cdot q^m = K^{bar} \cdot (1+z)^m \quad \text{mit } q = 1+z \quad (3)$$

### ▪ **Aufzinsungsfaktor $q^m$**

Durch Multiplikation des Anfangskapital  $K^{bar}$  mit dem Aufzinsungsfaktor  $q^m$  erhält man das um Zinsen bzw. Zinseszinsen vermehrte Endkapital  $K^{end}$ . Der Aufzinsungsfaktor  $q^m$  ist abhängig vom Zinsfuß und der Zeit der Verzinsung.

$$q^m = (1+z)^m \quad \text{mit } q = 1+z \quad (4)$$

### ▪ **Barwert und Endwert**

Als Barwert wird das Anfangskapital (Anfangswert) bezeichnet, welches mit einem Zinssatz auf Zinseszins angelegt, nach einer bestimmten Verzinsungslaufzeit (z. B. der Lebensdauer) einen bestimmten Endwert als Endkapital (Zeitwert) ergibt.

### ▪ **Instandhaltung bzw. Wartung von Fenstern**

Regelmäßige Durchführung von Maßnahmen oder Tätigkeiten, um die Funktionstüchtigkeit des Fensters und seiner Einzelteile sicherzustellen. (Vgl. ÖNORM B 5305:2006.)

### ▪ **Instandsetzung bzw. Reparatur von Fenstern**

Maßnahmen, die notwendig sind, um die Funktionstüchtigkeit eines Fensters und/oder seiner Einzelteile wieder herzustellen, z. B. Austausch einzelner Teile. (Vgl. ÖNORM B 5305:2006.)

### ▪ **Zinsfaktor der Kapitalisierung $q$**

Der Zinsfaktor der Kapitalisierung  $q$  ergibt sich zu:

$$q = 1+z = 1 + \frac{4}{100} = 1,04 \quad (5)$$

### ▪ **Zinssatz $z$**

Der Zinssatz  $z$  ist der in Prozent ausgedrückte Preis für bereitgestelltes Kapital, der in Prozent angegeben wird.

Der Zinssatz der Kapitalisierung aller relevanten Kosten wird in diesem Kostenmodell in der Höhe von 4 % ( $z = 0,04$ ) in Rechnung gestellt.

### 1.3.2 Zeitbegriffe

#### ▪ **Betrachtungszeitraum $m_{BZ}$**

Der Betrachtungszeitraum  $m_{BZ}$  ist ein frei wählbarer Zeitraum in Jahren, in dem verschiedene Varianten miteinander verglichen werden. Der Betrachtungszeitraum wird in der Literatur auch als Bewertungszeitraum bezeichnet.

#### ▪ **Nutzungsdauer:**

Betriebsübliche Verwendungsdauer eines Anlagegutes. Die Nutzungsdauer ist für die Höhe der Abschreibungen maßgebend, im Unterschied zur meist längeren Lebensdauer (vgl. auch Restnutzungsdauer). Grundsätzlich sind zu unterscheiden:

- betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer (erfahrungsgemäß mindestens erreichbare Dauer der Einsatzfähigkeit, wird von der Lieferfirma angegeben)
- wirtschaftliche Nutzungsdauer (Zeitraum der rentablen Nutzung)
- technische Nutzungsdauer (Zeitraum bis zum körperlichen Verschleiß)

#### *Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer:*

Zeitraum, in dem ein Wirtschaftsgut voraussichtlich seiner Zweckbestimmung nach benutzt werden kann; bei gebraucht angeschafften Wirtschaftsgütern nach der Restnutzungsdauer. Die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer ist unter Berücksichtigung der besonderen Verhältnisse zu schätzen. Dabei ist die subjektive Ansicht der Bilanzierenden zu berücksichtigen, soweit sie nicht der allgemeinen Erfahrung widerspricht. In der Kostenrechnung bestimmt die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer direkt den Abschreibungszeitraum.

#### *Wirtschaftliche Nutzungsdauer:*

Nutzungsdauer, die zum gewinnmaximalen Einsatz einer Anlage im Unternehmen führt. Mit der Nutzungszeit steigende Instandhaltungskosten und technischer Fortschritt führen i. d. R. zu einer starken Divergenz zwischen technischer Nutzungsdauer und wirtschaftliche Nutzungsdauer. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer bestimmt sich bei Verwendung der Kapitalwertmethode als die Nutzungsdauer mit dem höchsten Kapitalwert der Investition.

#### *Technische Nutzungsdauer:*

Zeitraum, in dem ein abnutzbarer Vermögensgegenstand (insbes. Maschinen, maschinelle Einrichtungen und Gebäude) technisch in der Lage ist, seinen Verwendungszweck zu erfüllen. Durch die Möglichkeit, das technische Nutzungspotential einer Anlage durch Instandhaltung (fast) unbegrenzt ständig wieder aufzufüllen, übersteigt die technische Nutzungsdauer die wirtschaftliche Nutzungsdauer i. d. R. erheblich.

#### ▪ **Restnutzungsdauer $n$**

Als Restnutzungsdauer  $n$  ist stets die Anzahl der Jahre vom Zeitpunkt der Ablösung bis zur nächsten fälligen theoretischen Erneuerung der baulichen Anlage, des Bauwerksteils oder des Bauteils anzusetzen. Nach Ablauf der theoretischen Nutzungsdauer beträgt die Restnutzungsdauer Null.

### ▪ **Theoretische Nutzungsdauer $m$ (Lebensdauer)**

Die theoretische Nutzungsdauer  $m$  der Bauteile beginnt mit dem Jahr der verkehrsbereiten Fertigstellung der baulichen Anlage. Falls bereits früher einzelne Bauwerksteile erneuert wurden, gilt für diese das Jahr der letzten Erneuerung.

### 1.3.3 Kostenbegriffe

#### ▪ **Errichtungskosten $K_{er}$**

Die Errichtungskosten  $K_{er}$  setzen sich aus den reinen Baukosten  $K_B$  und den Verwaltungskosten  $K_V$  zusammen.

#### ▪ **jährliche Unterhaltungskosten $K_{ju}$**

Die Bezugsgröße, die der Ermittlung der kapitalisierten Unterhaltungskosten zugrunde zu legen ist, setzt sich aus den reinen Baukosten  $K_B$  und den Verwaltungskosten  $K_V$  in der Höhe von 10 % der reinen Baukosten zusammen. Die jährlichen Unterhaltungskosten  $K_{ju}$  werden mit pauschalen Prozentsätzen  $p$  von  $K_U$  ermittelt und kapitalisiert.

$$K_{ju} = p \cdot K_{er} = p \cdot (K_B + K_V) = p \cdot 1,10 \cdot K_B \quad (6)$$

Für die Ermittlung der Unterhaltungskosten ist der Preisstand zum Zeitpunkt der Ablösung maßgebend.

#### ▪ **Lebenszykluskosten LZK**

Die Lebenszykluskosten  $LZK$  eines Bauwerks sind die gesamten, verzinsten Kosten eines Bauwerks über die gesamte Lebensdauer  $m$  dieses Bauwerks. Sie sind durch die Voranstellung der Buchstaben  $LZ$  vor die entsprechenden Kosten  $K$  gekennzeichnet. Sie können als Barwert der Lebenszykluskosten  $LZK^{bar}$  oder als Endwert der Lebenszykluskosten  $LZK^{end}$  ausgewiesen werden.

#### ▪ **Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten $p$**

Dies ist jener Prozentsatz der Errichtungskosten  $K_{er}$ , der zur Bestimmung der jährlichen Unterhaltungskosten  $K_{ju}$  der Bauwerksteile dient.

#### ▪ **Reine Baukosten $K_B$ – Errichtungskosten/Herstellungskosten**

Die reinen Baukosten  $K_B$  sind die Herstellungskosten aller Fensterteile.

## 1.4 Abgrenzung im Kontext der Gebäudehülle und Öffnungsverschluss

Fenster sind Elemente der Gebäudehülle, deren primäre Aufgaben in der natürlichen Belichtung und der Belüftung von Räumen liegen. Aus bauphysikalischer Sicht stellen Fenster Schwachstellen in der Gebäudehülle dar. Daraus ergibt sich die Erfordernis, dass Fensterkonstruktionen sorgfältig hergestellt werden und auch der Anschluss an die raumumschließenden Elemente nach den Regeln der Technik erfolgen.

Folgenden Anforderungen muss ein Fenster genügen:

Lage in der Gebäudehülle

Dimensionierung der Fensterkonstruktion

Beständigkeit gegen Witterungsbeanspruchung von außen

- Beständigkeit gegen Wasserdampfbeanspruchung von innen
- Mechanische Festigkeit der Fensterkonstruktion z. B.: Windlasten, Schneelasten
- Wärmeschutz
- Schallschutz
- Brandschutz
- Blendschutz

Heutzutage geht der Trend bei modernen Fensterkonstruktionen in Richtung großzügige Dimensionierungen der Fensterflächen (große Beanspruchung der Rahmenkonstruktion durch Flügelgewicht), Wärme- und Schallschutz → 3-fach Verglasung. Fensterkonstruktionen stellen demnach ein wichtiges Element im bauphysikalisch optimierten Neubau (Passiv- und Niedrigstenergiebauweisen) sowie bei der Revitalisierung von Altbausubstanz dar.

Fensterkonstruktionen erfüllen neben den zuvor angeführten technischen und bauphysikalischen Eigenschaften auch die Funktion eines Gestaltungselementes. Die Wahl und Anordnung der Fensterkonstruktionen trägt entscheidend zum Gesamtbild des Gebäudes bei.

Gerade aus dem Spannungsfeld Architektur – Nutzungstauglichkeit – normative Anforderungen ergeben sich vielfach scheinbare Widersprüchlichkeiten, welche besonders in den letzten Jahren zu erhöhten Anforderungen an die Fensterhersteller führte. Jedoch kann dieses Mehr an Leistungsanforderungen wie beobachtet durchaus in einer entsprechenden Qualitätsoffensive fruchten.

### 1.5 Spannungsfeld Instandhaltung, Nutzung und Witterungseinflüsse

Die Nutzungsdauer bzw. Lebensdauer von Fensterkonstruktionen hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Neben der Lage des Fensters in der Gebäudehülle üben auch das Nutzerverhalten sowie die Durchführung von Kontrollmaßnahmen und Instandhaltungen<sup>3</sup> (Wartungen) einen wesentlichen Einfluss auf die Lebensdauer der Fensterkonstruktion aus.

Die ÖNORM B 5300:2007 „Fenster - Anforderungen“ regelt die Beanspruchungsklassen im Zusammenhang mit der Geländekategorie, der maximalen Windeinwirkung und besonderen Anforderungen. Daraus ergeben sich Beanspruchungsklassen in den Bereichen „Widerstandsfähigkeit bei Windlast gem. ÖNORM EN 12210:2002“, „Luftdurchlässigkeit gem. ÖNORM EN 12207:2000“, „Schlagregendichtheit gem. ÖNORM EN 12208:2000“, „Wärmeschutz“ und „Schallschutz“.<sup>4</sup>

Die in der ÖNORM B 5300:2007 definierten Eigenschaften in Abhängigkeit der Beanspruchungsklasse verschlechtern sich im Laufe der Zeit. In diesem Zusammenhang werden nachfolgend drei „Zustände“ beschrieben, die eine unterschiedliche Nutzungsdauer/Lebensdauer der Fensterkonstruktion nach sich zieht. An dieser Stelle wird angemerkt, dass die folgende Auflistung nicht vollständig ist.

Lage Fensterkonstruktion			Kontrolle und Instandhaltung			Nutzerverhalten			
geschützte Lage	teilweise geschützte Lage	nicht geschützte Lage	ja	nein	teilweise	sehr gut	normal	schlecht	
x			x			x			→ maximale Nutzungsdauer
	x				x		x		→ normale Nutzungsdauer
		x		x				x	→ minimale Nutzungsdauer

**Tab. 1: Nutzungsdauer in Abhängigkeit von Instandhaltung, Nutzerverhalten und Witterungseinflüsse**

<sup>3</sup> Vgl. ÖNORM B 5305:2006.

<sup>4</sup> Vgl. ÖNORM B 5300:2007 - Tabelle 5 „Allgemeine Anforderungen an Fenster und Fenstertüren“.

Tab. 1 verdeutlicht, dass eine maximale Nutzungsdauer der Fensterkonstruktion nur möglich ist, wenn diese in geschützter Lage, d. h. Minimierung der äußeren Witterungseinflüsse, situiert ist, kontinuierlich Instandhaltungen durchgeführt werden und auch der Nutzer mit entsprechender Sorgfalt das Fenster bedient. Befindet sich hingegen die betrachtete Fensterkonstruktion in nicht geschützter Lage bei unsachgemäßen Nutzerverhalten und ohne Instandhaltungen, so kann davon ausgegangen werden, dass sich die Nutzungsdauer rapide verkürzt (vgl. Kap. 1).

Das zuvor angeführte Beispiel veranschaulicht sehr deutlich die unterschiedlichen Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf die Nutzungsdauer der Fensterkonstruktion. Dabei stellt das Nutzerverhalten den einzigen Faktor dar, der variabel, d. h. in diesem konkreten Zusammenhang, von außen (z. B. durch den Vermieter) nicht beeinflussbar ist. Je nach gewähltem Rahmenwerkstoff, ergibt sich eine unterschiedliche Resistenz gegen äußere Witterungseinflüsse – dabei gilt, dass Holzwerkstoffe sicher witterungsempfindlicher als z. B. Aluminium sind. Zusätzlich zieht ein steifer Rahmenwerkstoff geringere Abnutzungen aus dem Nutzerverhalten nach sich, wodurch sich die Instandhaltungsmaßnahmen wiederum reduzieren bzw. vernachlässigt werden können.

Eine weitere Schwachstelle im Zusammenhang mit Fensterkonstruktionen stellt die Bauanschlussfuge dar. Eine nach dem Stand der Technik durchgeführte Bauanschlussfuge wirkt sich positiv auf die Qualität und die Kosten aus. Für die im Rahmen dieses Positionspapiers durchgeführten Untersuchungen und Berechnungen wird vorausgesetzt, dass die Bestimmungen, die unabhängig vom Rahmenwerkstoff definiert sind, gem. ÖNORM B 5320:2006 einzuhalten sind. Von einer weiterführenden Betrachtung wird daher Abstand genommen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass bereits durch die Auswahl des Rahmenwerkstoffes zwei wesentliche Einflussfaktoren auf die Nutzungsdauer, die mechanische Festigkeit und Witterungsbeständigkeit, beherrschbar werden.

Regelungen gemäß ÖNORM B 5305:2006, Fenster – Kontrolle und Instandhaltung, Ausgabe 1. November 2006 inklusive Formblatt zur Beurteilung von Fenstern. Geltungsbereich:

- Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen
- Veranlassung von Instandsetzungsmaßnahmen

Nicht Bestandteile der Norm (jedoch relevant im Rahmen des Forschungsprojektes):

- Reinigung
- Pflegemaßnahmen
- Instandsetzung
- Abschlüsse (Sonnenschutz, Insektenschutz etc.)

Anmerkung: Instandhaltung ist hier als Synonym für Wartung zu verstehen, beziehungsweise Instandsetzung für Reparatur

Die Norm besteht aus einem allgemeinen, werkstoffneutralen, sowie einem materialspezifischen Teil und verweist auf Kontrollmaßnahmen, die daraus resultierenden Instandhaltungsmaßnahmen sowie auf die entsprechende Hinweispflicht, wenn erforderliche Leistungen über das Maß von Instandhaltung hinausgehen.

Welche Reinigungs- und Pflegemaßnahmen erforderlich sind, ist vom Fensterhersteller in der Produktdokumentation dem Auftraggeber/ Nutzer in schriftlicher Form bekannt zu geben<sup>5</sup>, genauso wie Wartungsmaßnahmen (Intervalle, Maßnahmenkatalog) oder Bedienungsanleitungen. Daraus ergeben sich in Folge Fragestellungen hinsichtlich Haftung, wenn zum Beispiel ein Fenster nicht sachgemäß gewartet oder repariert wurde. Dies gilt ebenso für Fehlbedienung wie auch für „falsches“ Lüftungsverhalten.

Daher ist es wesentlich, den Nutzern die Informationen zukommen zu lassen, wann welche Leistungen durch qualifiziertes Personal durchzuführen sind.<sup>6</sup>

Gerade hinsichtlich Nutzerverhalten ist ein verbessertes Informationsniveau sicherzustellen, da die daraus resultierenden Konsequenzen noch zu wenig kommuniziert werden: gerade am Beispiel thermischer Sanierungen sowohl mit Fenstertausch als auch Aufbringen eines Wärmedämm-Verbundsystems zeigt sich nur allzu oft, dass die dadurch entstandene dichte Gebäudehülle bei nicht angepasstem Lüftungsverhalten zu Kondensatbildung an Fenstern führt. Aus scheinbar offensichtlichen Gründen wird die Schuld rasch den Fenstern zugeschoben, jedoch außer Acht gelassen, dass es sich vielmehr um ein Feuchteproblem handelt. Nur bei entsprechender Information kann der Großteil dieser „Bemängelungen“ beseitigt werden.

Wie wichtig ein optimal gewartetes Fenster für die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist bzw. wie sich die Luftdichtheit auf die Heizkosten auswirken, kann mit relativ einfachen Berechnungsmethoden, beispielsweise durch Einsatz der Rechenansätze zur Berechnung des Energieausweises, gemacht werden.

Wenn sich der Luftwechsel einer Wohnung um 20 % erhöht (was bei schlecht schließenden Fenstern versuchs-technisch nachgewiesen ist), wird es deutlich auch finanziell spürbare Auswirkungen auf die Heizkosten geben.

Berechnungen hinsichtlich der Auswirkung einer schlecht schließenden Balkontüre und deren finanzielle Auswirkungen wurden in der Vergangenheit bereits mehrfach gemacht.

Bei einer durchschnittlichen Wohnungsgröße von ca. 100 m<sup>2</sup> können jährlich oft bis zu mehrere hundert Euro zusätzliche Kosten anfallen.

Dies steht jedenfalls in keinem Verhältnis zu den Kosten für eine Wartung der Fenster.

## 1.6 Literaturstudie

Die im Rahmen des Positionspapiers durchgeführte Literaturrecherche hat folgende relevante Studien, Forschungsberichte und Stellungnahmen zum Ergebnis, die nachfolgend kurz erläutert werden.

---

<sup>5</sup> Z. B. „**Reinigung und Pflege von Fenster-, Türen- und Fassadenkonstruktionen aus Aluminium**“ (Merkblatt des AMFT-AFI Technischen Ausschuss in Kooperation mit dem ÖVA-Österreichischer Verband für Aluminiumveredelung), November 2009.

<sup>6</sup> Z. B. „**Fenster, Fassaden und Außentüren – Kontrolle u. Instandhaltung**“ (AMFT-Merkblatt K u. I – 02: Informationen für den Kunden), Juli 2008.

Titel	Verfasser	Jahr
Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden	VFF	1998
Ökologische Betrachtung von Fenstern aus verschiedenen Werkstoffen	Forschungsinstitut für Chemie und Umwelt, TU Wien	1997
Werkstoffvergleich "Fenster"	AFI	1996
6 Thesen für den Fenster- und Fassadenbau - Schlussfolgerungen aus der SZFF-EMPA-Studie	SZFF, P. Schneider	1996
Ökologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien (ohne Verglasung)	SZFF	1996
Das Beispiel Fenster - Ökobilanzen von Bauprodukten	K. Richter	1995
Wirtschaftlichkeit von Fenstern	E. Topritzhofer, T. Leopoldseder	1994
Ökologische Betrachtung der Fensterwerkstoffe	Öster. Forschungsinstitut für Chemie und Technik	1994

**Tab. 2: Übersicht bestehender Studien, Forschungsberichte und Stellungnahmen**

**VFF, Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden, 1998:**

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Ganzheitliche Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden“ bildet die „Ganzheitliche Bilanzierung von Fenstern und Fassaden“ einen von fünf Teilbereichen ab. Die zur Betrachtung herangezogenen Fensterkonstruktionen sind aus den Rahmenwerkstoffen Holz, Holz/Alu, Alu und PVC, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie im Jahr 1996 rund 97 % des Marktanteiles abdecken.

Zusammenfassend ergeben sich für die betrachteten Fensterkonstruktionen folgende Aussagen:

Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Holz weisen eine sehr gute CO<sub>2</sub>-Bilanz auf (nachwachsender Rohstoff). Die für die Herstellung und Wartung zum Einsatz kommenden Lacke enthalten großteils Stoffe, die sich wiederum nachteilig auf die Entsorgung auswirken können. Bei Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Aluminium ist positiv angeführt, dass es sich um ein sehr gut recycelbares Material handelt, das auch keine Wartung der Oberfläche hervorruft, da die Lebensdauer der Beschichtung (nahezu ohne Einsatz von Lösungsmittel) über der der Fensterkonstruktion liegt. Als negativ wird der hohe Primärenergiebedarf zur Herstellung des Primäraluminiums angeführt. Der Einsatz von erneuerbarer Energie (z. B. aus Wasserkraft) in Kombination mit einer Erhöhung des Einsatzes von Recyclingmaterial würde sich positiv auf die ganzheitliche Bilanzierung auswirken.

Fensterkonstruktionen aus den Rahmenwerkstoffen Holz/Alu erfordern im Vergleich zu den anderen betrachteten Rahmenwerkstoffen eine aufwendigere Konstruktion. Aus dem Grund, dass der Bewitterungsschutz vom Aluminium übernommen wird, könnten beim Holz/Alu-Fenster Holzschutzlasuren zum Einsatz kommen, die keine Sonderstoffe enthalten (→ kein Problem bei der Entsorgung). Eine Trennung der beiden Materialien Holz und Aluminium für die Entsorgung ist auch unproblematisch.

Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff PVC weisen einen höheren Primärenergiebedarf als jene aus dem Rahmenwerkstoff Holz auf. Probleme könnten beim Recycling von PVC entstehen, da in den letzten Jahrzehnten aufgrund des gestiegenen Umweltbewusstseins die Stabilisatorsysteme ständig weiterentwickelt wurden und aus diesem Grund eine Vielzahl an unterschiedlichen Systemen zu recyceln ist. Ein Recycling im großen Umfang würde sich positiv auf die Gesamtbilanz auswirken.

**Forschungsinstitut für Chemie und Umwelt, TU Wien, Ökologische Betrachtung von Fenstern aus verschiedenen Werkstoffen, 1997:**

In der Studie sollen alle umweltrelevanten Aufwendungen und Belastungen dargestellt werden, die während des gesamten Lebenszyklus bei Fenstern verschiedener Rahmenwerkstoffe (Aluminium, Holz und PVC) entstehen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen in weiterer Folge in Entscheidungen über die Anschaffungen im öffentlichen Bereich in Niederösterreich einfließen.

Zusammenfassend werden folgende Verbesserungspotentiale für die untersuchten Rahmenwerkstoffe aufgezeigt:

**Aluminiumfenster:**

Der Großteil der in der Studie betrachteten Emissionen ist der Herstellung des Hüttenaluminiums (Elektrolyse) zuzuschreiben. Aus diesem Grund ist eine Erhöhung der Recyclingquote von 40 % (1997) auf über 85 % anzustreben, um die Emissionssituation deutlich zu verbessern.

**PVC-Fenster:**

Eine Erhöhung des PVC-Altmaterials würde zu einer Verbesserung der Emissionssituation führen, da der Großteil der Emissionen durch der Fensterproduktion vorgelagerte Prozesse (z. B. Herstellung des PVC-Granulates) resultiert.

**Holz-Fenster:**

Die betrachteten Emissionen bei Holz-Fenstern sind nahezu als unauffällig einzustufen. Der hohe Rohstoffbedarf stellt kein Problem dar, da es sich um einen nachwachsenden Rohstoff handelt. Durch eine Reduktion des Lösemittelanteils in den Oberflächenbeschichtungen könnten diese weiter reduziert werden.

**AFI, Werkstoffvergleich "Fenster", 1996:**

Die im Jahr 1996 veröffentlichte Studie befasst sich mit den Themen „Kosten“ und „Umwelt“ von Fensterkonstruktionen der Rahmenwerkstoffe Holz, PVC und Aluminium. Aus dem Grund, dass eine rein objektive Betrachtung für die einzelnen Rahmenwerkstoffe schwer realisierbar ist, erfolgt die Darstellung der ausgewählten Fensterkonstruktionen in einem ganzheitlichen Bild.

Aus technischer Sicht müssen Fensterkonstruktionen über die gesamte Nutzungsdauer z. B. den Anforderungen an die Tragfähigkeit, optimalen Einfluss gegen Witterung, Beständigkeit, Schall- und Wärmeschutz und Sonderanforderungen entsprechen. In punkto Energie und Umwelt wird der Ansatz vertreten, dass der Energieeinsatz bei der Produktion in Relation zur Nutzungsdauer gesetzt werden muss. Dafür werden vergleichbare Werte für den jährlichen Energieeinsatz aufgelistet. In die Beurteilung der Kosten muss das Verhältnis der Investitionskosten zu den Wartungskosten bezogen auf die Nutzungsdauer betrachtet werden. Das Ergebnis dieser Untersuchung veranschaulicht bei einer Nutzungsdauer von 40 Jahren, dass Holz-Fenster aufgrund der großen Wartungsintensität die höchsten Kosten verursachen und Aluminiumfenster etwas teurer als PVC-Fenster sind.

Die veröffentlichten Ergebnisse sollen als Anregung zu einer offenen Diskussion führen.



**SZFF, 6 Thesen für den Fenster- und Fassadenbau - Schlussfolgerungen aus der SZFF-EMPA-Studie, 1996:**

Im Rahmen der Studie wurden die ökologischen Auswirkungen für sieben in der Schweiz hergestellte Fensterkonstruktionen (Alu, Stahl, Edelstahl, Buntmetall, Holz/Alu, Holz, PVC) über den gesamten Lebenszyklus untersucht.

Im Folgenden werden die generellen Aussagen der Studie angeführt, ohne dabei auf die einzelnen Materialvarianten einzugehen:

Umweltprobleme, die auf direkte Energieverluste während der Nutzungszeit (→ Optimierung des k-Wertes) zurückzuführen sind, übersteigen jene aus material- und bauteilspezifischen Belastungen.

Leichte Konstruktionen verursachen weniger Transport und Umweltlasten als schwere (→ Minimierung der Laufmetergewichte). Untersuchte Szenarien im Zusammenhang mit den maximal möglichen Rückführungs- und Wiederverwertungsanteilen haben die geringsten Umwelteinwirkungen zum Ergebnis. Daraus ergibt sich, dass geschlossene Recyclingkreisläufe bei allen Rahmenwerkstoffen umzusetzen sind. Dann würden Fenster aus Metallen und PVC ein vergleichbares Ökopprofil wie jene aus Holz erreichen.

Keiner der untersuchten Rahmenwerkstoffe weist in allen Bereichen nur deutliche Vorteile oder deutliche Nachteile auf.

**K. Richter, Ökobilanzen von Bauprodukten – Das Beispiel Fenster, 1995:**

Im Rahmen einer Studie wurde die Ökobilanz, sprich alle direkten und indirekten Aufwendungen (Energie- und Rohstoffverbrauch) und Auswirkungen (Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden) für alle Teilprozesse eines Produktlebenszyklus (Rohstoffgewinnung, Materialherstellung, Produktfertigung, Gebrauch und Entsorgung) erfasst. Die betrachteten Materialien sind Holz, PVC und Aluminium.

Nachfolgend sind Ergebnisse aus dem im Rahmen der Studie durchgeführten Vergleich angeführt. Die Basisdaten, die in die ökologische Bewertung einfließen, sind teilweise mit großen Unsicherheiten behaftet. Hier sieht der Verfasser der Studie für zukünftige Untersuchungen einen hohen Bedarf für eine bessere Erfassung der Basisdaten.

Unter damaligen (1995) Produktionsverhältnissen weisen Holz-Fenster das günstigste Ökopprofil auf.

Unterhaltsarbeiten (Instandhaltungsarbeiten) bei Holz-Fenstern führen zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie aus ökologischer Sicht zu keiner Verschlechterung der Rangfolge der untersuchten Rahmenwerkstoffe.

Die Rahmenwerkstoffe PVC und Holz/Alu können ihr Ökopprofil durch Umsetzung der Wiederverwertungsmöglichkeiten in der Praxis entscheidend verbessern.

Fensterkonstruktionen aus Rahmenwerkstoffen mit hohem Herstellungsaufwand können ganzheitlich betrachtet (gesamter Produktlebenszyklus) durch geringe Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten ökologische Pluspunkte sammeln.

Generell sollte jedoch bei allen Bemühungen, die ökologischen Kenndaten einer Fensterkonstruktion zu verbessern, eine Optimierung aus ökologischer und wirtschaftlich-technischer Sicht angestrebt werden.

**E. Topritzhof, T. Leopoldseher, Wirtschaftlichkeit von Fenstern, 1994:**

Die Studie „Wirtschaftlichkeit von Fenstern“ aus dem Jahr 1994 stellt ein betriebswirtschaftliches Entscheidungsmodell für einen Vergleich der Profilwerkstoffe PVC, Holz und Holz/Alu dar. Im Entscheidungsmodell finden die Kostenarten Anschaffung, Nutzung inkl. Wartung und Entsorgung Eingang.

Im Jahr 1995 werden von E. Keintzel die Ergebnisse der Studie um den Rahmenwerkstoff Aluminium ergänzt. Zusammenfassend ergibt die Wirtschaftlichkeitsanalyse (vgl. nachfolgende Tabelle), ergänzt um den Rahmenwerkstoff Aluminium folgende Verteilung (Kosten/Jahr bezogen auf den Barwert):

<b>PVC</b> 30 Jahre Nutzungsd.	<b>Aluminium</b> 40 Jahre Nutzungsd.	<b>Aluminium</b> 30 Jahre Nutzungsd.	<b>Holz/Alu</b> 30 Jahre Nutzungsd.	<b>Holz-deckend</b> 13 bzw. 18 Jahre N.	<b>Holz-lasiert</b> 10 bzw. 15 Jahre N.
<b>100%</b>	<b>129%</b>	<b>139%</b>	<b>152%</b>	<b>161%</b>	<b>198%</b>

**Tab. 3: Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, 1995**

**Österr. Forschungsinstitut für Chemie und Technik, Ökologische Betrachtung von Fensterwerkstoffe, 1996:**

Die im Jahr 1996 veröffentlichte ökologische Betrachtung der Fensterwerkstoffe Kunststoff, Aluminium und Holz hat unter Einbeziehung der Umweltkriterien:

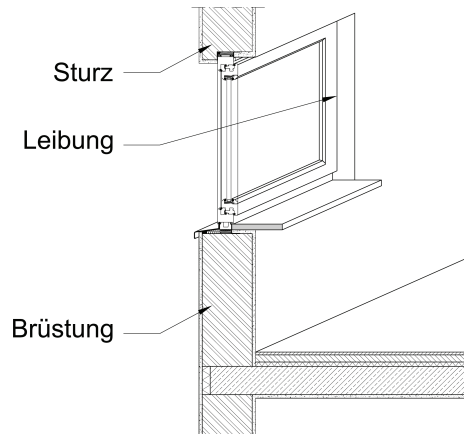
- Einsatz von Roh- und Hilfsstoffen,
- Energieverbrauch,
- Belastung von Luft, Wasser und Boden durch Schadstoffe,
- Entstehung von Abfällen,

zum Ergebnis, dass bei einer Nutzungsdauer von 30 Jahren die Gesamtenergiebilanz der betrachteten Rahmenwerkstoffe Kunststoff leichte Vorteile gegenüber Holz aufweist und dass die Energiebilanz von Aluminium deutlich über der für Holz und Kunststoff liegt. Jedoch ist angemerkt, dass deutliche Umweltentlastungen und damit einhergehende Verbesserungen der ökologischen Qualität im Fall von Aluminium und Kunststoff durch Recycling und den Einsatz von Sekundärmaterial zu erzielen sind. Eine Stellungnahme der Autoren verweist auf den Umstand, dass die in die Betrachtung eingeflossenen Werte tlw. mit Unsicherheiten behaftet sind.

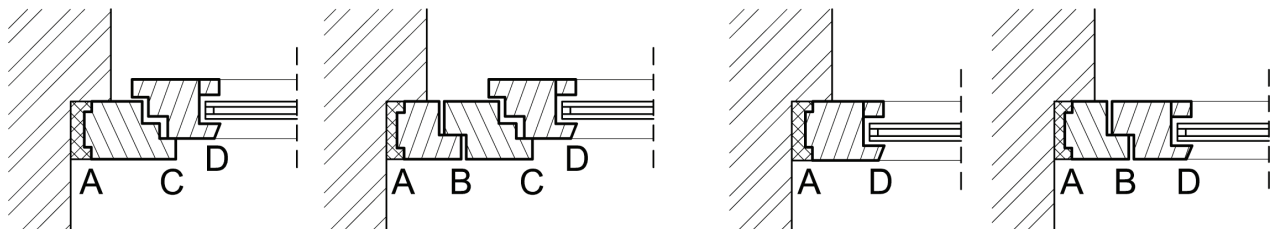
## 2 Wissensbasis Fenster (allgemein)

### 2.1 Terminologie und Skizzen zum Fenster allgemein<sup>7</sup>

Regelschnittbereiche einer Fensterkonstruktion



Die Dichtungszone des Fensters



OHNE BLINDSTOCK

MIT BLINDSTOCK

OHNE BLINDSTOCK

MIT BLINDSTOCK

ÖFFENBARE FENSTER

FIXVERGLASUNGEN

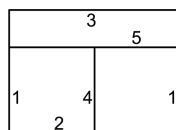
A: RAHMEN UND MAUERWERK

B: BLINDSTOCK UND RAHMEN

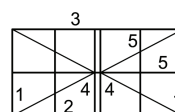
C: FLÜGELPROFIL UND RAHMEN

D: GLAS UND FLÜGEL

Profilbezeichnungen nach ÖNORM B 5306:1990 (Zurückziehung: 2005-11-01).



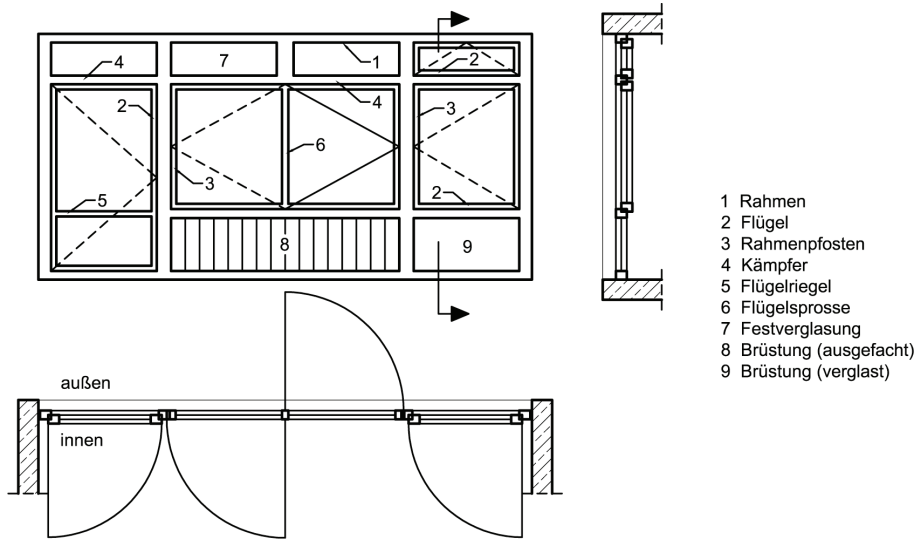
- 1 Lotrechtes Stockprofil
- 2 Unteres Stockprofil
- 3 Oberes Stockprofil
- 4 Pfosten
- 5 Kämpfer



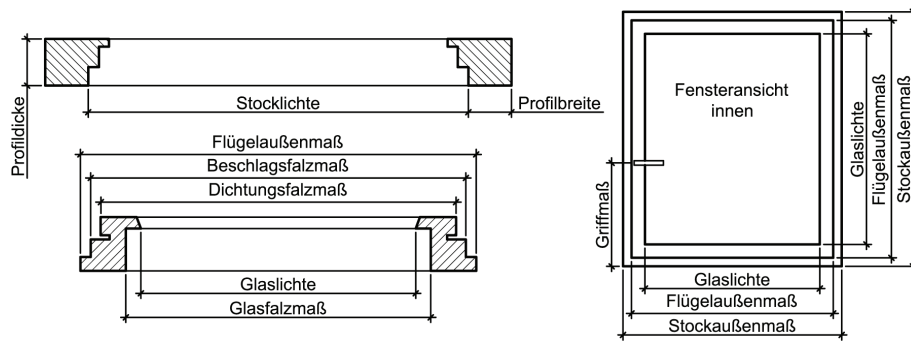
- 1 Lotrechtes Flügelprofil
- 2 Unteres Flügelprofil
- 3 Oberes Flügelprofil
- 4 Einschlagstück
- 5 Sprosse

<sup>7</sup> Quelle: Pech, A., Pommer, G., Zeininger, J. (2005): Fenster, 1. Auflage, Baukonstruktionen Band 11 (Wien, Springer)

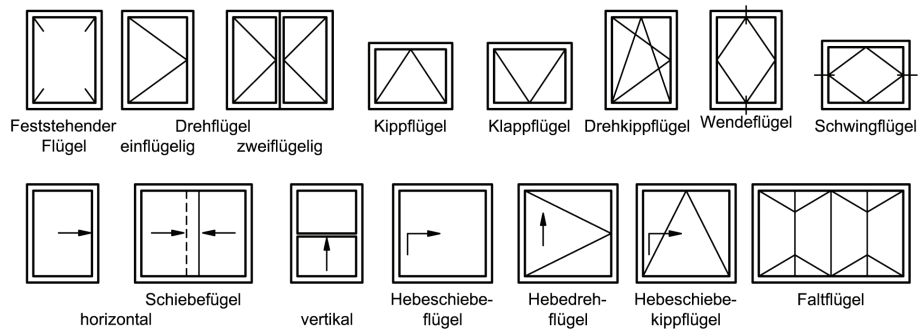
Teile von Stockrahmen und Flügelrahmen nach ÖNORM B :1990 (Zurückziehung: 2005-11-01).



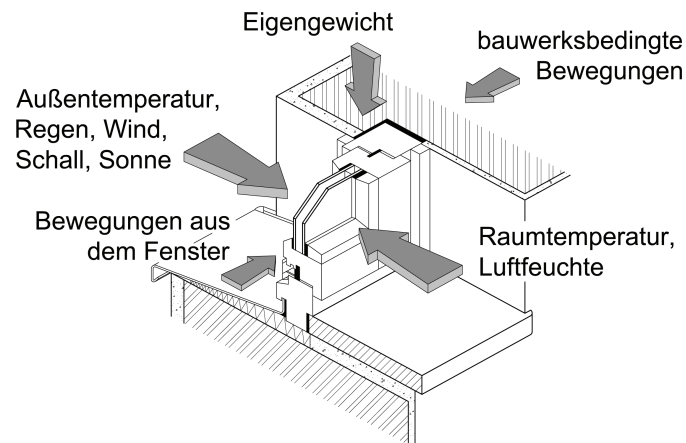
Maßbegriffe nach ÖNORM B 5306:1990 (Zurückziehung: 2005-11-01).



Flügelöffnungsarten nach ÖNORM B 5306:1990 (Zurückziehung: 2005-11-01).



Kraftwirkungen auf Fensterkonstruktionen



## 2.2 Fenster als Teil der Gebäudehülle

Aussparungen in Wänden, Decken und Dächern werden als Öffnungen bezeichnet. Öffnungen verbinden Räume, d. h. sie stellen Verbindungen in funktioneller und/oder visueller Hinsicht zwischen ansonsten abgeschlossenen Räumen her. Fenster bilden den Abschluss von Öffnungen. Das öffnbare Standardfenster besteht zumindest aus einem Stock- und Flügelrahmen, wovon ersterer in die Öffnung der Wand „angeschlagen“ wird. Mit Anschlag ist die Kontaktfläche zwischen Fenster und Bauwerk gemeint. Dieser Anschlag kann unterschiedlich erfolgen.

Fenster sind Elemente der Außenhaut eines Gebäudes, deren primäre Aufgaben in der natürlichen Belichtung bzw. (bei öffnbaren Fenstern) in der Belüftung eines Raumes liegen. In bauphysikalischer Hinsicht stellen sie aufgrund ihrer besonderen Aufgabenstellung Schwachstellen in der Bauwerkshülle dar. Dies erfordert die sorgfältige Ausbildung der Fensterkonstruktion selbst, wie auch deren Anschluss an die raumumschließenden Elemente. Zusammengefasst sind folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Definition der Lage und Proportion in der Wandkonstruktion
- Auslegung der Belichtung in Abhängigkeit von der Raumnutzung
- Beständigkeit gegen Witterungsbeanspruchung von außen
- Beständigkeit gegen Wasserdampfbeanspruchung von innen
- Mechanische Festigkeit der Fensterkonstruktion z. B.: Windlasten, Schneelasten
- Wärmeschutz
- Schallschutz
- Brandschutz
- Blendschutz

Moderne Fensterkonstruktionen mit Mehrfachverglasungen sind dabei in der Lage, die teilweise entgegengesetzt gerichteten Forderungen aus großer Belichtungsfläche und hohem Schall- und Wärmeschutz, weitgehend zu erfüllen. Sie stellen infolgedessen ein wesentliches Element im bauphysikalisch optimierten Neubau und bei der Revitalisierung der Altbausubstanz dar.

Besonderes Augenmerk ist auf die Abgrenzung zwischen Fenstern und Fassaden zu legen. Aus normativer Sicht gibt es hier keine eindeutige Aussage. Jedoch ist im Rahmen der Produktnorm für Fenster eine Koppelung von mehreren Fenstern, wie etwa bei Fensterbändern oder Stiegen-

hausverglasungen noch den Fenstern zuzuordnen. Vor allem hinsichtlich des Anschlusses an das Mauerwerk sowie die Beschaffenheit der Koppelungsausführung gelten klare Anforderungen, dass vorhandene Prüfberichte noch übertragbar sind.

Die ÖNORM B 5320:2006 „Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen“, gilt für die Planung und Festlegung der Ausführungsart der Bauanschlussfuge von Fenstern in beheizten oder klimatisierten Gebäuden und Gebäudeteilen, die im direkten Kontakt zum Außenklima stehen und regelt auch die Festlegung der Materialien für die Abdichtung der Bauanschlussfuge (z. B. Dichtbänder, Dichtfolien und Dichtstoffe).

Für Fenstertüren und Türen, ist diese ÖNORM dann anwendbar, wenn an die Bauanschlussfuge vergleichbare Anforderungen gestellt werden. Bei Instandsetzung und Revitalisierung ist die Anwendbarkeit dieser ÖNORM durch den Planer fallspezifisch zu prüfen. Ergänzt wird diese Norm durch Beispiele von Bauanschlussfugen.

Wie wichtig ein qualitätsvoller, dichter Bauanschluss ist, kann auch aus den Betrachtungen über die Dichtheit der Fensterkonstruktionen in Verbindung mit den Heizkosten abgelesen werden.

Neben den Problemen der Wärmeverluste über Bauanschlussfugen können aber auch teils massive Probleme durch sogenannte „Leck-Kondensate“ im Anschlussfugenbereich entstehen. Bei diesem Phänomen tritt örtlich begrenzt warme, feuchte Innenraumluft nach außen, kondensiert und kann zu einer Schädigung sowohl der Bausubstanz als auch des Rahmen-Werkstoffes führen.

Die ÖNORM B 5320:2006 legt sowohl auf die Luft- und Schlagregendichtheit, als auch auf die bauphysikalisch optimale Ausführung von Dampfbremsen mit einer inneren und einer äußeren Dichtebene Wert.

Für eine optimale, dauerhafte Fensterkonstruktion ist daher unumgänglich, auch einen korrekten und richtigen Fensteranschluss auszuführen. Auf die Vorgaben der ÖNORM B 5320:2006 ist daher sowohl im Neubau als auch, soweit möglich, im Rahmen der Sanierung achtzugeben.

Die Art der Verglasung richtet sich nach den Anforderungen an Wärme-, Schall- und Sichtschutz. Aus normativer Sicht gibt es, abhängig von den Anforderungen (Ausschreibung) der Einbaulage im Gebäude noch eine Vielzahl zu prüfender Leistungseigenschaften, wie bspw.:

- Widerstand gegen Windlast
- Widerstandsfähigkeit gegen Schnee- und Dauerlasten
- Brandverhalten
- Stoßfestigkeit
- Schallschutz
- Wärmedurchgangskoeffizient
- Strahlungseigenschaften Gesamtenergiedurchlassgrad
- Strahlungseigenschaften Lichttransmissionsgrad
- Durchschusshemmung
- Differenzklimaverhalten
- Einbruchhemmung

Mit der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften sind die wesentlichen Anforderungen nunmehr in den OIB-Richtlinien 4 (Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit), 6 (Energieeinsparung und Wärmeschutz), 5 (Schallschutz) und in Teilbereichen der Richtlinie 2 (Brandschutz) zusammengefasst.

In diesem Zusammenhang ist es besonders wichtig zu erwähnen, dass durch die steigenden Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäudehülle die Wärmedämmung der Verglasung extrem hohen Anforderungen unterliegt. Es ist zu erwarten, dass in den nächsten Jahren für den Wohnbau ausschließlich Drei-Scheiben-Verglasungen mit einem  $U_g$ -Wert von  $< 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  eingesetzt werden.

Der Einsatz der Vakuum-Technologie für Verglasungen ist zwar über ein Versuchsstadium bereits herausgekommen, eine Anwendung in großen Dimensionen steht jedoch noch bevor.

Abschließend soll noch erwähnt werden, dass mit Februar 2010 die CE-Kennzeichnungen für Fenster bindend eingeführt werden.

Basis für diese CE-Kennzeichnung ist die ÖNORM EN 14351:2006 Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften.

Im Rahmen der Produkt-Kennzeichnung sind die wesentlichen Parameter zu klassifizieren. Allgemein wird erwartet, dass mit dieser Produkt-Kennzeichnung ein weiterer Qualitätsschub bei Fenstern und Fenstertüren zu bemerken sein wird.

Die derzeit geltende ÖNORM B 5300:2007 nimmt bereits als nationale Ergänzungsnorm auf diese europäische Produktnorm Bezug. Probleme werden bei kleinen Fensterherstellern erwartet, die auf Grund der Kapazität und ihrer Möglichkeit nur beschränkt über Nachweismöglichkeiten verfügen.

## 2.3 Arten von Fenster, Konstruktionsmerkmale, Einbaukriterien

### ▪ Typologie

Die Konstruktionsart basiert auf einer technologischen Entwicklung - ausgehend vom Einfachfenster mit Einfachverglasung und dem Kastenfenster (bzw. Doppelfenster) mit getrennt beweglichen Innen- und Außenflügeln hin zum Einfachfenster mit Mehrfachverglasung und dem Verbundfenster mit mechanisch verbundenen Innen- und Außenflügeln.

Die grundlegenden Konstruktionstypen sind:

- Drehflügelfenster
- Schiebefenster
- Drehkipfenster
- Stulpfenster (Fenster zweiflügelig)
- Dreiflügeliges Fenster ohne Kämpfer
- Schwingflügelfenster
- Wendefenster
- Kipp-Schiebe-Elementfenster
- Mischformen und Sonderkonstruktionen – v. a.: gekoppelte Elemente; Abgrenzung Fenster-Vorhangfassade
- Fenstertüren: (z. B.: Hebedrehtüren, HSK)

### ▪ Die Lage des Fensters in der Leibung

Durch die Lage des Fensters in der Leibung und die Detailausbildung des Anschlags wird der architektonische Eindruck eines Gebäudes wesentlich beeinflusst. Werden Fenster bündig in die Fassadenoberfläche integriert, tritt die Öffnungswirkung zu Gunsten einer Betonung der Gesamtgestalt eines Gebäudes (Silhouettenwirkung) zurück. Durch tiefe Fensteröffnungen wird dagegen die plastische

Gliederung innerhalb der einzelnen Fassadenflächen selbst betont und das Gesamtvolumen dadurch in der Tendenz optisch zurückgenommen. Auf der Feinebene der Gestaltung kann durch die Fensterteilung und die Ansichtsbreiten der Rahmen die angestrebte Grundhaltung verstärkt oder abgeschwächt werden.

Bautechnisch ist die Lage des Fensters in der Leibung mit dem geplanten Wandaufbau abzustimmen. Die Art des Wandaufbaus ist durch die Notwendigkeit nach ausreichender Wärmedämmung im Regelfall als mehrschichtig anzunehmen, bei dem Tragfunktion, Dämmung, Außen- und Innenbekleidung zu unterscheiden sein wird. Nur in Ausnahmefällen kommen noch homogene Wandaufbauten zum Einsatz.

Beim Bauablauf ist zu beachten, dass der Rohbau durch Schließen der Öffnungen rasch für den nachfolgenden Innenausbau witterungsfest gemacht wird. Allerdings können durch den frühzeitigen Einbau die hochwertigen Fensterelemente bei nachfolgenden Bauarbeiten Schaden nehmen. Daher hat sich der Einsatz von so genannten „Blindstöcken“, das sind maßhaltige Montagerahmen, die unter Aufnahme der Rohbautoleranzen frühzeitig durch den Fensterhersteller versetzt werden, durchgesetzt. Die Blindstöcke erhalten sogleich als Witterungsschutz eine temporäre Auskleidung mit reißfester Baufolie. In der Folge kann der Fassaden- und der raumseitige Anschluss hergestellt werden. Abhängig von der Jahreszeit, der Konstruktionsweise des Fensters mit den Erfordernissen der witterungs- und dampfdichten Anschlussausbildung, der Schichtfolge der Fassade und des Innenausbaus kann der Zeitpunkt des eigentlichen Fenstereinbaus dann innerhalb des Bauablaufs gesteuert werden. Grundsätzlich wird zwischen den Anschlagarten Innenanschlag und Außenanschlag unterschieden.

#### ▪ Einbaukriterien

Bei der Verbindung des Fensterelements mit dem Bauwerk ist auf einen dichten, stabilen jedoch elastischen Anschluss zu achten. Temperaturbedingte Dimensionsänderungen sowie minimale Bauwerkssetzungen sind zwängungsfrei durch entsprechende Fugenausbildung aufzunehmen. In der Regel werden die Fensterrahmen mit Schrauben und/ oder Montagewinkel (korrosionsfreie Materialien) in die Leibung montiert. Folgende Parameter sind zu bedenken:

- Wasser und Wind von außen
- Wasserdampf von innen
- Aufnahme klimatisch bedingter Bewegungen des Mauerwerks
- Schall

Der Fugenraum wird elastisch aufgefüllt und dampfdicht auf der inneren warmen Seite des Bauteilanschlusses rundum abgedichtet. Außen ist die Fuge gegen Bewitterung, Wind und eindringende Feuchtigkeit ebenfalls abzudichten. Folgende Kriterien gilt es einzuhalten:

- Abdichtung des Bauteilanschlusses soll umlaufend in einer Ebene sein
- Äußere Abdichtungsebene zur Herstellung der Schlagregensicherheit
- Innere Abdichtungsebene zur Vermeidung von Tauwasser im Fugenbereich, besonders bei Raumüberdruck (Klimaanlagen)
- Mobiler Wetterschenkel ermöglicht wartbare äußere Abdichtung

Für die Ableitung des Niederschlagswassers nach außen ist eine Fensterbank (Sohlbank) notwendig. Die Neigung der äußeren Fensterbank sollte 5 ° nicht unterschreiten und der Überstand der Abtropfkante der Vorderkante soll einen Abstand zur Fassadenfläche von mindestens 30 mm haben.



## 2.4 Verwendete Materialien (wesentliche Eigenschaften)

Im kommunalen Wohnbau kommen für Rahmen und Flügel insbesondere folgende Materialien zum Einsatz:

- Aluminium
- Stahl
- Holz
- Kunststoff

Darüber hinaus finden auch Material-Kombinationen aus

- Holz/Aluminium,
- Holz/Kunststoff und
- Kunststoff/Aluminium

Anwendung.

Fenster dienen zur Belichtung und eventuell auch zur Belüftung. Sie beeinflussen damit unter anderen die Behaglichkeit, tragen wesentlich zum Raumklima bei und übernehmen somit eine wesentliche Aufgabe in der Gebäudehülle. Darüber hinaus erfüllen sie Aufgaben in puncto Schallschutz, Wärmeschutz, Brandschutz und Witterungsschutz. Auch wirken oft mechanische Belastungen – insbesondere Wind – auf Fenster ein. In Sonderfällen können an sie weitere Anforderungen gestellt werden, wie der Einbruchschutz oder der Lawinenschutz.

Bei der Wahl der Materialien sind diese technischen Aspekte zu beachten, die meist lokal variieren können. Die technischen Anforderungen sind je nach Produktart in den einschlägigen Produktnormen geregelt, wobei für die wesentlichsten Anforderungen zumeist Klassifizierungen möglich sind.

Weiteres Augenmerk wird auf die Herstellungs- und die Erhaltungskosten gelegt.

### 2.4.1 Aluminium

Aluminiumfenster sind nahezu wartungsfrei und von Natur aus witterungsbeständig, weshalb die Kosten während der Nutzungsphase gering sind und sich die Anschaffungskosten relativieren. Die Gestaltungsmöglichkeiten von Aluminium-Fensterprofilen als auch die Oberflächenqualitäten können in einem weiten Bereich gesteuert werden, weshalb architektonische Aspekte bestmöglich erfüllt werden können. Auch der Werthaltigkeit von Alu-Konstruktionen kommt immer mehr Bedeutung zu.

Die Entwicklung von Profilen, wie sie heute angeboten werden, nahm ihren Ausgang zur Zeit der Energiekrise in den 70er Jahren. Wärme gedämmte Profile für Fenster, Türen und Fassaden sind entstanden. Sie setzen sich aus einem inneren und einem äußeren stranggepressten Aluminiumprofil zusammen. Die beiden Profiltteile sind durch Isolierstege exakt und dauerhaft verbunden. Dadurch entsteht eine Wärmedämmzone ohne Kältebrücken. Neue Anforderungen an den Wärmeschutz haben diese Entwicklung weiter vorangetrieben. So wurde die Geometrie der Isolierstege und der Dichtungen durch eine größere Anzahl von luftgefüllten und damit isolierenden Kammern angepasst oder durch andere Dämmmaterialien verbessert. Das Ergebnis sind hochwärme gedämmte Profile, die heute standardmäßig eingesetzt werden. Zur Ableitung von Kondensat bzw. eventuell eingedrungenem Wasser werden die Glasfälze über entsprechende Öffnungen entwässert.

Die geringen Erhaltungskosten sind besonders hervorzuheben, zumal Aluminium einen hohen Korrosionsschutz aufweist und nicht verwittern kann. Im Bauwesen werden Systemprofile aus Aluminium mit einer schützenden und dekorativen Oberfläche versehen, um einen zusätzlichen Korrosionsschutz zu bieten und um architektonischen Vorstellungen bei der Farbgebung zu entsprechen. Die Oberflächenveredelung durch Eloxieren – auch anodische Oxidation genannt – ist ein elektrochemischer Vorgang. Dabei wird die Metalloberfläche des Profils elektrolytisch in Aluminiumoxid umgewandelt. Die Oxidschicht wird fixer Bestandteil des Profils. Der metallspezifische Gesamtcharakter bleibt erhalten. Die zweite Art der Oberflächenveredelung ist die Pulverbeschichtung. Das Beschichtungspulver wird nach einer Vorbehandlung der Aluminium-Oberfläche mittels elektrostatischer Sprüheinrichtung auf die zu beschichtenden Aluminiumteile appliziert, die so höchsten Beanspruchungen standhalten.

Da das Recycling von Aluminium ohne Qualitätseinbußen erfolgt, lassen sich aus Schrotten wieder neue Halbzeuge für Fenster, Fassaden oder andere Produkte herstellen. Im Bausektor werden heute rund 90 Prozent des eingesetzten Aluminiums recycelt; großflächige Produkte wie Fenster, Türen und Fassaden kommen nahezu vollständig in den Stoffkreislauf zurück. Dies schon allein deshalb, weil gebrauchtes Aluminium wirtschaftlich wertvoll ist und die gleiche Werkstoffqualität besitzt wie Hüttenaluminium. Unabhängige Studien bestätigen die hohe Recyclingquote für Aluminium im Bau.<sup>8</sup>

Des Weiteren wird für die Herstellung von Recyclingaluminium aus Alt- und Neuschrotten nur etwa fünf Prozent der für die Hüttenaluminiumproduktion aufgewandten Energie benötigt und der gesamte Produktionsprozess laufend verbessert, wobei die nachfolgende Grafik die einzelnen Schritte in diesem Zusammenhang darstellt (siehe Abb. 2).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Herstellung der Strangpress-Hohlprofile mit hoher Präzision üblich ist und Aluminium eine vielseitige Gestaltung des Fensterelementes (Profilierung im Strangpressverfahren, Oberflächenbehandlungen, Farbgestaltung) zulässt.

Aufgrund der hohen Materialfestigkeit, des geringen Gewichtes, des minimalen Materialaufwandes sowie der geringen Unterhaltskosten kommen Aluminiumprofile unter anderem auch für die Ausführung von Vorhangfassaden zur Anwendung.

Aluminium-System-Konstruktionen, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER führen, zeichnen sich durch folgende Aspekte aus, welche u. a. auch durch die im Rahmen dieses Positionspapiers durchgeführten Recherchen, Prüfungen und wirtschaftlichen Betrachtungen bestätigt wurden:<sup>9</sup>

**Hochwertige Lösungen** für alle bautechnischen Anforderungen vom Rahmen bis zum konstruktiven Wandanschluss

**Optimale Tragfähigkeit** auch bei hohen Glasgewichten und Windbelastungen

**Hohe Nutzerfreundlichkeit** durch eine Vielzahl leichtgängiger Öffnungsvarianten

**Schutz vor Lärm, Einbruch, Beschuss und Brand** durch bedarfsgerechte Stufenprogramme mit speziellen Profilen, Beschlägen und Verglasungen

**Qualitätskontrollen** aller einzelnen Komponenten inklusive einer Bauteil- bzw. Systemprüfung

---

<sup>8</sup> „Ökologische Bewertung von Fenstern“: AMFT (Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden) und AFI (Aluminium-Fenster-Institut) in Kooperation mit dem IBO (Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie)

<sup>9</sup> Webpage: <http://www.alufenster.at/>, Bereich Gemeinschaftsmarke/Aluminiumkonstruktionen/Vorteile.

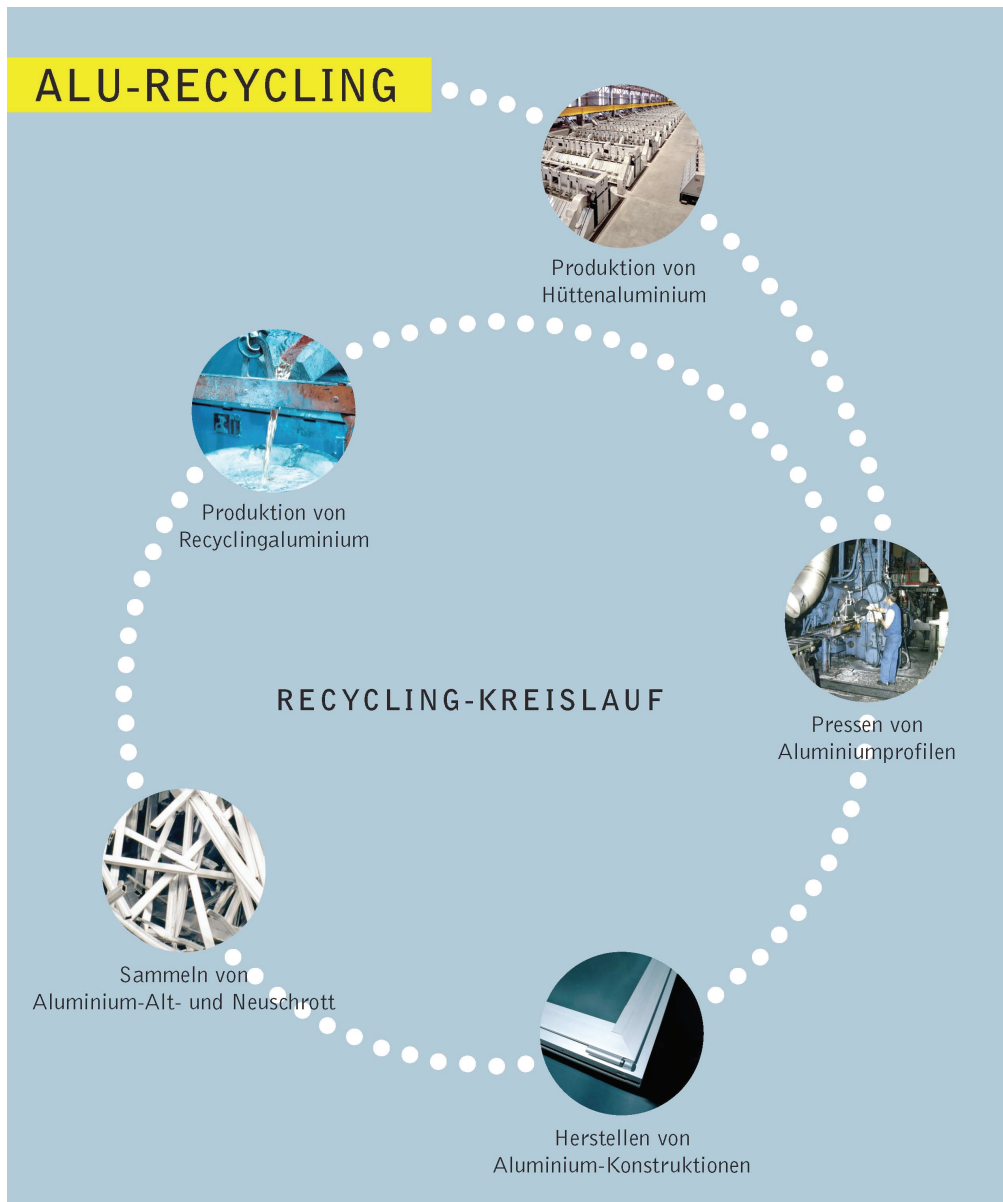


Abb. 2: Recycling-Kreislauf<sup>10</sup>

**ALU-FENSTER-Fachbetriebe** mit Lizenzverträgen, die hohe Qualitätsauflagen vorschreiben

**RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK** zusätzlich zu verbindlichen Normen<sup>11</sup>

**Nahezu alle Größen und Ausführungen** für Fenster, Türen, Portale, Glasanbauten und Fassaden

**Einsatz im Neubau und in der Renovierung** für architektonische Ideen und stilgerechte Erneuerung

**Hochwertiger Oberflächenschutz** durch Pulverbeschichtung oder Eloxierung

**Einsatz für aktive Energiefassaden** z. B. Lichtlenkung, Sonnenenergienutzung & Wärmerückgewinnung

**Dauerhaft funktionsfähig:** Systemgarantie für Funktionsfähigkeit

<sup>10</sup> Quelle: AFI-Info-Blatt „Ökologie“, Wien: Aluminium-Fenster-Institut, 2007.

<sup>11</sup> Webpage: <http://www.alufenster.at/>, Bereich Service und Information/RICHTLINIEN METALLBAUTECHNIK.

**Geprüfte Qualität** durch Prüfzeugnisse sichergestellt

**Nahezu wartungsfrei:** nur Pflegen, Reinigen sowie Einfetten von beweglichen Teilen

**Werthaltigkeit:** hochwertige Materialien stellen dauerhaften Wert dar

**Recycling ohne Qualitätsverlust:** Aluminiumprofile sind voll wiederverwertbar

## 2.4.2 Stahl

Stahl hat eine hohe Materialfestigkeit und ungünstige Wärmeschutzeigenschaften. Eine thermische Trennung ist erforderlich, es sei denn die Fenster werden lediglich in untergeordneten Bereichen eingesetzt. Die thermische Trennung kann gegebenenfalls durch zweischalige Profile verwendet, welche aus zwei Einzelprofilen mit eingeschobenen Abstandhaltern oder Dämmstoffeinlagen bestehen, erzielt werden.

Stahl erfordert einen Korrosionsschutz, der mit Beschichtungen oder Kunststoffüberzügen erzielt wird. Optimal ist eine Feuerverzinkung aller luftberührten Teile.

## 2.4.3 Holz

Holz unterliegt einem Alterungsprozess und zieht daher hohe Instandhaltungskosten nach sich. Grundsätzlich sind für die Dauerhaftigkeit von Holz-Fenstern der konstruktive und der chemische Holzschutz von maßgeblicher Bedeutung. Die Kriterien für die Wahl der Holzart bzw. des Holzwerkstoffes für Fenster sind insbesondere

- die Beständigkeit gegen holzerstörende Pilze und Insekten,
- die Beständigkeit gegen UV-Belastung und Wärmebeanspruchung,
- das Quell- und Schwindverhalten des Holzes,
- die technologischen Eigenschaften der Verarbeitung (Verleimung, Lackierung etc.),
- die Qualität und Optik der Oberfläche sowie
- die Instandhaltungskosten.

Die bestgeeignetste Holzart ist, aufgrund des hohen Harzanteiles (Erhöhung der Witterungsbeständigkeit), die heimische Föhre. Andere in- und ausländische Holzarten werden durch verstärkte Vorbehandlung veredelt. Die Fichte, Kiefer, Lärche, Tanne, Douglasie und Eiche sind nach ÖNORM B 5312:1992 weitere geeignete europäische Holzarten.

Der relativ intensiven Wartung stehen allerdings die leichte Bearbeitbarkeit und die geringen Produktionskosten gegenüber.

Den wesentlichsten Einfluss hat die Holzfeuchtigkeit.

Holz mit einer Ausgleichsfeuchtigkeit von > 18 % wird in der Regel von holzerstörenden Pilzen befallen und beschädigt. Ein konstruktiver Holzschutz, der eine Vermeidung einer dauerhaften Durchfeuchtung des Holzes ermöglicht, ist daher unbedingt vorzusehen. Für die Bearbeitung wird Holz bei einer Ausgleichsfeuchtigkeit von unter 14 % verwendet (üblicherweise 12 %), wobei diese Holzfeuchtigkeit je nach Rohdichte des Holzes bzw. der Holzart schwanken kann. Holzgleichsfeuchtigkeiten unter 14 % benötigen eine künstliche technische Trocknung.

Die Festigkeit des Holzes ist sehr stark vom Feuchtigkeitsgehalt (mit steigender Feuchtigkeit nimmt die Festigkeit ab) und von der Orientierung abhängig.

Für Fenster in Brandabschnitten kommen nur Hölzer mit einer Rohdichte von über 600 kg in Frage.

Die Wärmedehnung ist bei allen Holzarten außerordentlich gering und beträgt ca. 30-70 [ $\mu\text{m}/\text{mK}$ ]. Letztgültig sind auch die chemischen Eigenschaften von Hölzern bei der Verleimung maßgeblich für deren Einsatz.

Problematisch für die Verwendung von Holz stellen an sich die Quell- und Schwindeigenschaften des Materials dar. Für maßhaltige Bauteile sollten diese Quell- und Schwindeigenschaften auf ein möglichst geringes Maß reduziert werden. Dies erfolgt durch Beschichtung bzw. durch Vorsatzschalen (Aluminiumvorsatzschale bei Holz/Alu-Fenster).

UV-Strahlung schädigt die Zellulose, in weiterer Folge kommt es bei höheren Einstrahlungen zu einer Schädigung des Verbundes zwischen Lasierung und Deckbeschichtung. Zur Verbesserung des UV-Schutzes des Holzes werden Farbpigmente beigesetzt.

Für Holz-Fenster gibt es betreffend Gestaltung ein weites Spektrum an möglichen Holzprofilen. Besonderes Augenmerk ist jedoch wie oben ausgeführt auf die Feuchtigkeit zu legen, die nicht in die Profile eindringen darf.

Moderne Isolierglasfenster mit Zwei- oder Dreischeibenverglasungen werden mit mindestens zwei Dichtebenen ausgeführt. Für die Anwendung im Wohnbau haben sich eine Mitteldichtung sowie eine zusätzliche innere Dichtebene bewährt. Für den konstruktiven Holzschutz wird eine Regenschutzschiene eingesetzt. Die seitliche Abdichtung der Regenschutzschiene zu den vertikalen Stockprofilteilen muss sorgfältig abgedichtet werden, da es sonst hier zu einer Durchfeuchtung der Holzsubstanz und in weiterer Folge zu einer Schädigung durch holzerstörende Pilze kommen kann. Eine thermische Trennung der Dichtebene von der Aluminium-Regenschutzschiene ist zur Vermeidung eines Anfrierns der Dichtung bei Außentemperaturen unter dem Gefrierpunkt notwendig. Moderne Konstruktionen weisen thermische getrennte Regenschutzschienen aus Aluminium auf. Für die versenkte Montage der Beschläge wird umlaufend in das Flügelprofil eine Nut eingefräst (Euro-Nut). In diese Nut werden die entsprechenden Beschlagskomponenten verschraubt.

#### 2.4.4 Kunststoff

Für die Herstellung von Kunststoffprofilen eignen sich thermoplastische Kunststoffe, die meist auf PVC-Basis sind.

Zur Auswahl stehen:

- Hohlprofile aus extrudiertem Material im Ein- und Mehrkammersystem
- Vollprofile aus hochpolymeren Kunststoffen

Nachdem Kunststoff für sich auf Dauer keine ausreichende Verwindungssteifigkeit gewährleisten kann, werden Stahl- oder Aluminiumprofile in Form eines Grundrahmens eingearbeitet.

Weiters sind die Wasserunempfindlichkeit, die schwierige Behebung von mechanischen Schäden, die Aggressivität von Lösungsmittel und chemischen Stoffen, die Verfärbung durch Sonnenbestrahlung infolge der UV-Belastung sowie die Unverwertbarkeit von Altprofilen anzumerken.

### 2.4.5 Holz/Aluminium

Zur Verbesserung der Witterungsbeständigkeit werden Holzprofile mit Aluminium-Vorsatzschalen versehen. Diese Aluminium-Vorsatzschalen wurden ursprünglich aus den vorderen Deckschalen von thermisch getrennten Aluminium-Fensterprofilen entwickelt und mit Verbesserung der Beschichtungstechnologie (Pulverbeschichtung) bzw. dem Eloxieren wurden diese Aluminium-Deckschalen auch für den Witterungsschutz von Holzprofilen adaptiert. Die Holz/Alu-Fenster werden heute für den Neubau als auch für die Renovierung bereits bestehender Fensterkonstruktionen durch Aufklipsen von Aluminium-Deckschalen angewandt. Da Aluminium eine thermische Ausdehnung von ca.  $23 \mu\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$  aufweist, sind die Aluminiumdeckschalen mit Kunststoffabstandhalter vom Holzprofil thermisch zu trennen. Insbesondere bei dunklen Farbtönen können die thermischen Längsänderungen von der Fensterkonstruktion nicht aufgenommen werden.

### 2.4.6 Holz/Kunststoff

Die Kombination von Holz und Kunststoff stellt wie die Kombination von Holz und Aluminium eine Weiterentwicklung unter Nutzung der Vorteile der einzelnen Materialien hinsichtlich Haltbarkeit und wohnlichem Charakter dar. Im Vergleich zu den Holz/Alu-Fenstern ist der Einsatz von Kunststoffen für die Außenhülle etwas kostengünstiger, jedoch mit den Nachteilen des Kunststoffes hinsichtlich Alterung und Reparatur.

### 2.4.7 Kunststoff/Aluminium

Das Kunststoff/Aluminiumfenster ist mit Ausnahmen der vorgeschalteten Aluminiumschale dem Kunststoff-Fenster gleichzusetzen. Die Aluminiumschale dient einem verbesserten Witterungsschutz.

## 2.5 Mechanische Kennwerte von Fenstern

Die ÖNORM EN 14351-1:2006 – Produktnorm für Fenster und Außentüren ist seit 1. August 2006 gültig, eine CE-Kennzeichnungspflicht gilt ab 1. Februar 2010.

Damit verbunden sind in Zukunft einige wesentliche Änderungen, wie zum Beispiel:

- erhöhter Eigenverantwortung des Herstellers (v.a. bezüglich Änderungen der Konstruktion)
- Werkseigene Produktionskontrolle (dokumentieren und aufrechterhalten)
- besondere Regelungen für zusammengesetzte Elemente
- diverse Angaben in Eigenverantwortung des Herstellers (gefährliche Substanzen, Dauerhaftigkeit, etc.)
- Geltungsbereich von Prüfzeugnissen und Übertragbarkeiten auf andere Elementgrößen und Typen
- Beilegen detaillierter Unterlagen (Bildung von Produktfamilien, Bedienungs-, Wartungs-, Reinigungs-, Instandhaltungs-, Einbauanleitungen, Lagerungs- und Transporthinweise, Unterlagen über Zubehör, wie Lüfter, Rollläden u. dgl.)

vor allem aber:

- gänzlich andere Prüffolge der Einzelprüfungen für System- bzw. Ersttypprüfungen im Vergleich zur Prüfreihenfolge zur ÖNORM B 5300:2007

CE-Kennzeichnung in Abhängigkeit der Anforderungen eines Bauvorhabens bzw. gemäß des Leistungsprofils des Produktes

Jedenfalls ist für die Berechtigung zur CE-Kennzeichnung Folgendes erforderlich:

Ersttypprüfung

Werkseigene Produktionskontrolle in Eigenverantwortung des Herstellers

Konformitätserklärung, dass das Produkt mit den erklärten Eigenschaften produziert und in den Verkehr gebracht wird

Letztlich führen diese erhöhten Aufwände trotzdem lediglich zur Berechtigung zum Kennzeichnen des Produktes (bzw. der Produktunterlagen) mit dem CE-Kennzeichen, um das Produkt verkaufen zu dürfen. Ein Qualitätsnachweis, wie ihn Kunden oft verlangen, lässt sich daraus im Gegensatz zu einem Eignungsnachweis gemäß ÖNORM B 5300:2007 jedoch nicht ableiten.

Die wesentlichen Eigenschaften sind in den nachfolgenden Kapiteln angeführt.

### 2.5.1 Luftdurchlässigkeit gemäß ÖNORM EN 12207:2000

Bei der Luftdurchlässigkeitsprüfung werden die Fenster einer in regelmäßigen Intervallen gesteigerten Druck- und Sogbelastung unterzogen. Dabei wird festgestellt wie viel Luft über die Fensterfugen verloren geht. Gemessen wird dies bezogen auf Kubikmeter Luftverlust pro Laufmeter Fugenlänge und Stunde [ $\text{m}^3/\text{hm}^1$ ] beziehungsweise ebenso pro Quadratmeter Fensterfläche. Die Ergebnisse werden in die Klassen 1 bis 4 der Norm eingereiht.

### 2.5.2 Schlagregendichtheit gemäß ÖNORM EN 12208:2000

Hierbei wird eine Schlagregenmenge ( $2,0 \text{ l/m}^2$  Fensterfläche) zuerst 15 Minuten drucklos aufgebracht. Anschließend erfolgt eine zusätzliche Drucksteigerung in 5-Minutenintervallen. Die Ergebnisse werden gemäß Norm in die Klassen 1A (kein Wassereintritt nach druckloser Beregnung) bis 9A schlagregendicht bei 600 Pa) beziehungsweise Sonderklassen (höhere Druckstufen gemäß erhöhter Erfordernis) eingereiht.

### 2.5.3 Widerstand gegen Windlast ÖNORM EN 12210:2002

Diese Prüfung unterteilt sich in drei Teilprüfungen:

1.: Druck-Sog-Wechselbelastung mit 50 Zyklen mit Prüfdruck P1 (z. B.: 1.000 Pa für Klasse 5)

2.: Messung der Verformung bei Prüfdruck P2 (doppelter Prüfdruck P1 – 2.000 Pa) Klassifizierung A, B oder C, je nach Durchbiegung

3.: Sicherheitsprüfung mit Prüfdruck P3 (dreifacher Prüfdruck P1 für Klasse 5)

Gesamtklassifizierung als Kombination der drei Teilprüfungen z. B.: B5, C4.

### 2.5.4 Mechanische Festigkeit ÖNORM EN 14608:2004

Hierbei wird gemäß Anforderung die Verwindung der Flügel bzw. die Verformung unter Vertikalbelastung gemessen.

### 2.5.5 Dauerfunktionsfähigkeit ÖNORM EN 1191:2000

Dabei erfolgt eine definierte Anzahl an Bedienungszyklen (jeweils drehen-verriegeln-kippen-verriegeln) gemäß der zu erreichenden Klassifizierung (z. B.: 20.000 Zyklen für Klasse 2), um eine mehrjährige Nutzung zu simulieren. Entscheidend dabei ist, dass sich zeigt, ob seitens des Fensterherstellers ausreichend viele Verriegelungspunkte montiert wurden.

## 2.6 Bauphysikalische Kennwerte von Fenstern

Bauphysikalisch betrachtet muss das Fenster die Trennung vom Raum- zum Außenklima und die Abschottung von Lärmbelastungen leisten. Dazu muss es wärme- und schalldämmende Eigenschaften sowie Feuchteschutz-Qualitäten aufweisen. Die Hauptbeanspruchung von Fensterkonstruktionen stellt das in allen Aggregatzuständen anfallende Wasser und damit Feuchtigkeit dar, mit der sowohl innen (Luftfeuchtigkeit) als auch außen (Regenwasser, Schnee und Tauwasser) zu rechnen ist. Durch entsprechende konstruktive Maßnahmen ist ein Wassereintritt in den Bauteil und seine Anschlüsse möglichst zu verhindern. Trotzdem anfallendes Wasser ist kontrolliert wieder abzuführen. Ähnliches gilt für die Luftdichtheit von Fenstern. Ist aus Energiespargründen ein möglichst dichtes Fenster sinnvoll, wird die Versorgung der zugeordneten Innenräume mit ausreichender Frischluft von der Fensterfuge weg zu kontrollierten Raumlüftungssystemen mit Wärmerückgewinnung verlagert.

Die Anforderungen für Raumbehaglichkeit bilden die Zielvorgaben für die Konstruktionsvoraussetzungen moderner Fensterkonstruktionen. Bei der Planung ist der unterschiedliche, jedoch normgemäße Toleranzbereich von Rohbauöffnung und Fensterelement mit zu berücksichtigen. Knappe Ausführungszeiten erfordern eine Produktion nach Planmaßen, deren Werkplanung die größeren zulässigen Bautoleranzen des Rohbaus aufnehmen können muss. Alternativ dazu, wird auch heute noch, erst nach abgenommenen Naturmaßen mit der Werkplanung und Produktion begonnen. Entsprechend lange Stehzeiten im Fassadenausbau sind dabei in Kauf zu nehmen. Der Einsatz von Blindstöcken, das sind seitens des Fensterbauers maßhaltig in den Rohbau eingebaute Montagerahmen, schafft hier Abhilfe. Diese können nach einer Naturmaßabnahme des Rohbaus rasch gefertigt und eingebaut werden, sodass der Fassaden- und Innenausbau während der Fensterproduktion nicht aufgehalten wird. Ist ein Sonnenschutz im Sturzbereich des Fensters vorgesehen, so ist dieser sorgfältig (potentielle 3-dimensionale Wärmebrücke, erhöhte Dampfdiffusionsgefahr) auszuführen.

### 2.6.1 Wärme

Der  $U_w$ -Wert (Wärmedurchgangskoeffizient [ $W/m^2K$ ]) von Fenstern oder Fenstertüren wird durch Prüfung oder Berechnung, (tabellarische Werte gemäß ÖNORM EN ISO 10077-1:2006) gemäß ÖNORM EN ISO 10077-1:2006 und –2:2006 sowie ÖNORM EN ISO 12567-1:2001 und –2:2006 ermittelt.

### 2.6.2 Schall

Die normgemäß festgestellten Werte  $R_w$ <sup>12</sup> werden durch Messung gemäß ÖNORM EN ISO 140-3:2005 oder Berechnung gemäß ÖNORM EN ISO 717-1 festgestellt wobei die Messung stets das genauere

---

<sup>12</sup>  $R_w'$ : Schallmessung im eingebauten Zustand. Unter bestimmten Bedingungen auch geeignet für Sonderelemente, welche nicht in Normfensterabmessungen hergestellt werden können.



Ergebnis darstellt, die Berechnung ist dabei auf der „sicheren“ Seite. Die Prüfungen erfolgen am Normfenster mit den Stockaußenmaßen  $b \times h = 123 \text{ cm} \times 148 \text{ cm}$ .

### 2.6.3 Strahlungseigenschaften

Die Strahlungseigenschaften ergeben sich durch festgestellte Werte gemäß den ÖNORMEN EN 410:1998, 13363-1:2009 und 13363-2:2006. Zumeist werden diese Werte vom Glaserzeuger selbst angegeben. Dabei ist zwischen Lichttransmissionswert und Lichtreflexionswert zu unterscheiden.

### 2.6.4 Brandverhalten

Das Brandverhalten gemäß ÖNORM EN 13501-1:2009 sowie der Schutz gegen Brand von außen gem. ÖNORM EN 13501-5:2009 sind, wenn erforderlich, durch Bauteilversuche zu ermitteln.

## 2.7 Lebens(Nutzungs-)dauer von Fenstern

Im Zusammenhang mit Aussagen zu Lebensdauern der Fensterkonstruktionen werden Daten aus zwei unterschiedlichen Quellen nachfolgend angeführt.

Im Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteil<sup>13</sup> finden sich folgende Lebensdauern für Fensterkonstruktionen und Beschläge:

Fenster (jede Bauart):

- Holz: 20 – 40 Jahre
- Holz/Alu: 30 – 50 Jahre
- Kunststoff: 20 – 30 Jahre
- Kunststoff/Alu: 20 – 40 Jahre

Beschläge: Tür-, Fenster-: 20 – 50 Jahre

- Einfach: 30 – 50 Jahre
- Sonderformen: 20 – 30 Jahre

Die Lebensdauern der Fensterkonstruktionen laut Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteile enthalten keine Angaben für Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Aluminium. Auch sind die dort angeführten Lebensdauern geringer als in der nachfolgenden Quelle<sup>14</sup>. Dort sind folgende Lebensdauern in Abhängigkeit des Rahmenwerkstoffes angegeben:

Fenster:

- Holz: 40 – 50 Jahre
- Holz/Alu: 60 Jahre
- Kunststoff: 40 – 50 Jahre
- Aluminiumfenster: 60 Jahre

---

<sup>13</sup> Nutzungsdauerkatalog baulicher Anlagen und Anlagenteil, 3. Auflage 2006.

<sup>14</sup> Bauelemente B.1.7 Fenster (Quelle: <http://www.crtib.lu/Leitfaden/content/DE/113/C569/#Toc4>).

Zusammenfassend geht aus den aufgelisteten Werten beider Quellen hervor, dass Fensterkonstruktionen aus den Rahmenwerkstoffen Holz und Kunststoff die geringsten Lebensdauern aufweisen und die Rahmenwerkstoffe Holz/Alu und Aluminium die größten Lebensdauern.

Aluminiumfenster als auch Aluminiumfassaden mit Fensterbänder sind seit mehr als 40 Jahren (bzw. in Form von gedämmten Profilen seit ca. 30 Jahren) am Markt, und praktische Erfahrungswerte sind durchaus vorhanden.

So wurde beispielsweise in Wien bereits die erste Aluminium-Fassadenkonstruktion unter Denkmalschutz gestellt. Diese Fassade (siehe Abb. 3, ungedämmte Profile) wurde 1962 errichtet und im Rahmen einer Befundaufnahme für eine thermische Sanierung 2008 befundet. Dabei wurde festgestellt, dass Material, Eckverbindung und im Wesentlichen auch die Beschläge in sehr guten Zustand waren und dass mit einem relativ geringen Aufwand eine schlag- und winddichte Fassade herstellbar wäre.



Abb. 3 Fassade Bürogebäude 1030 Wien, Baujahr 1962/1963, Originalzustand, Architekt G. LIPPERT

## 2.8 Besondere Betrachtung zum Aluminiumfenster

### 2.8.1 Einbau und Wartungsmerkmale

Der Einbau von Fenstern und Fenstertüren erfolgt laut Stand der Technik gemäß ÖNORM B 5320:2006. Da der normkonforme Fenstereinbau gemäß ÖNORM B 5320:2006 materialunabhängig bedungen ist und sich vor allem an den Planer richtet, wird hier nicht näher darauf eingegangen. Jedoch ist nachdrücklich darauf hinzuweisen, dass aus bauphysikalischer Sicht die größten Probleme auftreten, wenn aufgrund eines nicht-normkonformen Gebäudeanschlusses eine luftdurchlässige Bauanschlussfuge vorliegt beziehungsweise infolge die Oberflächentemperatur der Fenster absinkt. Die Folgen sind Kondensat- und Schimmelbildung sowie geringere Wohnbehaglichkeit aufgrund niedrigerer Oberflächentemperaturen und nicht zuletzt höhere Heizkosten – zu Zeiten des Strebens nach Energieeinsparung „um jeden Preis“ (Stichwort Energieausweis) ein brisantes Thema. Es muss betont werden, dass es generell abzulehnen ist, wenn heute noch qualitativ hochwertige Fenster mit ausgezeichneten wärmedämmenden Eigenschaften dennoch ohne beidseitigen Folienanschluss eingebaut werden. Die hohe Qualität der Fenster wird so ad Absurdum geführt.

Ebenfalls heiß diskutiert ist die Thematik des Fensterbankanschlusses. Auch hier ist technisches Verständnis gefordert, um Regenwasser vom Fenster abzuleiten und um Schäden zu vermeiden.

Insbesondere im Bereich der Wärmedämm-Verbundsysteme ist hier gewerkübergreifendes Know-How gefordert, wobei der Leistung des Planers eine entscheidende Rolle zufällt.

Auf die Wartung im Allgemeinen wird im Punkt 1.4 eingegangen. Zur Wartung von Aluminiumfenstern ist zu sagen, dass sich die Wartung weitgehend auf das Schmieren der Beschläge und die augenscheinliche Beurteilung hinsichtlich erforderlicher Reparaturen (z. B.: Schäden in der Pulverbeschichtung) beschränkt.

## 2.8.2 Ökologische Betrachtung

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ wird in der prEN 15643-1:2009 begrifflich im Punkt 3.57 als *„Fähigkeit eines Systems, für gegenwärtige und zukünftige Generationen erhaltbar zu sein“* definiert. Dabei ist in der prEN 15643-1:2009 angemerkt, dass der Begriff „System“ in diesem Kontext *„umweltbezogene, soziale und ökonomische Aspekte“* umfasst.

Das Konzept der Nachhaltigkeit geht u. a. auf die Welt-Umweltkonferenz in Rio de Janeiro von 1992 zurück.

Mitte der 1990er-Jahre erstellte Prognosen verdeutlichten, dass die Kohlendioxid-Emissionen bis 2010 drastisch ansteigen, sofern keine wirksamen Maßnahmen getroffen werden.

In Wien wurde in diesem Zusammenhang „KliP Wien“<sup>15</sup> unter der Leitung der MA 22 (Umweltschutzabteilung der Stadt Wien) ausgearbeitet.

Ziele des KliP Wien sind<sup>16</sup>:

- Minus 14 Prozent bei den Kohlendioxid-Emissionen (CO<sub>2</sub>) gegenüber dem Wert für 1990
- Minus 26 Prozent bei den Kohlendioxid-Emissionen (CO<sub>2</sub>) im Vergleich zum prognostizierten Wert für das Jahr 2010
- Minus 22 Prozent bei den Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1987
- Minus 1,3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent

Einen Beitrag liefert das Klimaschutzmaßnahmenprogramm „Bau-Klima“, das einen Ausstieg aus der Verwendung von Baustoffen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen zur Folge hatte.

Im geförderten Wohnungsneubau ist seit 1999 die Verwendung halogener Kohlenwasserstoffe verboten, die Sanierung von Wohnbauten wird eine THEWOSAN-Förderung nur bei Verzicht auf Baumaterialien mit halogenierten Kohlenwasserstoffen und Schwefelhexafluorid möglich.<sup>17</sup>

Damit ist bereits das Ziel der Thewosan-Förderung erkennbar: durch Reduktion von Luftschadstoffen und CO<sub>2</sub> zur Verbesserung der Umweltsituation beizutragen.<sup>18</sup>

Somit stellt eine thermische Sanierung eines Bestandsobjektes nicht nur eine Einsparung in punkto Heizkosten dar, sondern leistet auch einen Beitrag zur Klimapolitik im Sinne der Nachhaltigkeit.

Förderbar sind alle baulichen Maßnahmen, die der Verringerung des Heizwärmebedarfes dienen:

---

<sup>15</sup> Klimaschutzprogramm, Quelle: <http://www.magwien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/index.htm> .

<sup>16</sup> Quelle: <http://www.magwien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/ziele.htm> .

<sup>17</sup> Quelle: <http://www.magwien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/umsetzung/verzicht.htm> .

<sup>18</sup> Quelle: <http://www.magwien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/umsetzung/thewofoerder.htm> .

- Wärmedämmung umgebungsexponierter Bauteile (wie Außenwände, oberste Geschoßdecke, Kellerdecke)
- Erneuerung der Fenster und Außentüren
- Beseitigung von Wärmebrücken

Nach § 37 Z 4 WWFSG 1989<sup>19</sup> werden „Maßnahmen zur Erhöhung des Schall- oder Wärmeschutzes, wie die Verbesserung der Schall- oder Wärmedämmung von Fenstern [...]“ gefördert.

Auf der Hand liegt auch, dass wenn weniger fossile Energiequellen eingesetzt werden, in der Folge auch weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen wird.

Dies kann einerseits durch den Umstieg auf erneuerbare Energien bzw. der Ausbau dieser Energien, andererseits durch Reduktion des Energieverbrauchs, z. B. durch verminderten Heizbedarf, erzielt werden.

Die Bewertung von Gebäuden im energetischen Zusammenhang erfolgt mit Energiekennzahlen. Darauf zielt auch der Energieausweis ab, wobei in einer grafischen Darstellung auf einen Blick die Effizienz des Gebäudes erkennbar ist.

Energieausweis für Wohngebäude		LOGO	
<small>gemäß ONORM H 5055 und Richtlinie 2002/91/EG</small>			
<b>GEBÄUDE</b>			
Gebäudart:	Einfamilienhaus	Erbaut:	
Gebäudezone:		Katastralgemeinde:	
Strasse:	Musterstraße 123	KÜ-Nummer:	
PLZ/Ort:	1234 Wien	Einlagenzahl:	
Eigentümer:		Grundstücknummer:	
<b>SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF bei 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)</b>			
<b>ERSTELLT</b>			
Erstellende:		Organisation:	
Erstellungs-Nr.:		Datum:	04.02.2008
ÖNRF-Zahl:		Gültigkeit:	keine
Geschäftszeit:		Unterschrift:	
<small>Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie 8 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG).</small>			

Abb. 4: Muster der ersten Seite eines Energieausweises<sup>20</sup>

Wird eine Wohnung oder ein Gebäude verkauft oder neu vermietet, so ist vom Verkäufer bzw. Vermieter ein Energieausweis vorzulegen.

Grundsätzlich ist dabei zu beachten, dass die Vorlagepflicht seit 1. Jänner 2009 für neu errichtete Gebäude oder umfassend sanierte Bestandsobjekte gilt.

<sup>19</sup> Gesetz über die Förderung des Wohnungsneubaus und der Wohnhaussanierung und die Gewährung von Wohnbeihilfe (Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz – WWFSG 1989), Wr. LGBl. 1989/18 idF 2006/67.

<sup>20</sup> Quelle: Muster Energieausweis – Wohngebäude, Wien: MA 39, 2008.

Allerdings gibt es in den meisten Bundesländern Ausnahmebestimmungen.

Ziel ist es, im Rahmen der Erhebung und Berechnung gegebenenfalls Empfehlungen über Maßnahmen zu verfassen.

Eine der Maßnahmen kann die Verbesserung der thermischen Qualität der Gebäudehülle sein, zu der erfahrungsgemäß

- die Dämmung der obersten Geschoßdecke bzw. Dachfläche;
- das Anbringen einer außenliegenden Wärmedämmung;
- ein Fenstertausch;
- das Dämmen der Kellerdecke

zählen<sup>21</sup>.

Von der Förderung werden in Wien nur Holz- oder Metallfenster bzw. PVC-freie Kunststoff-Fenster erfasst. Dabei sind folgende technische Voraussetzungen zu beachten:<sup>22</sup>

- „Bei Wärmeschutzfenster: U-Wert von höchstens 1,35 W/m<sup>2</sup> K
- Bei Schallschutzfenster: dB-Wert von mindestens 43 dB im eingebauten Zustand und einem U-Wert von höchstens 1,35 W/m<sup>2</sup> K
- Einsatz ökologischer Baustoffe: Für nicht lastabtragende Konstruktionen der Gebäudehülle dürfen bei der Ausführung keine treibhauswirksamen (halogenierten) Wärmedämmstoffe (FCKW, H-FKW, H-FCKW) verwendet werden. Es sind nur polyvinylchlorid (PVC)- freie Fenster- und Türkonstruktionen zulässig (Ausnahme: Lichtschachtfenster im Keller).“

Da die Fensterfläche in der Regel einen wesentlichen Anteil an der Gebäudefläche umfasst, ist häufig ein Fenstertausch ein immenser Beitrag zur thermischen Sanierung bzw. zur Verbesserung der Energiekennzahl, zumal sich die U-Werte der Fenster wesentlich verbessert haben.

Nachdem der spezifische Heizwärmebedarf eines Objektes stark von der Geometrie des Objektes abhängig ist, können keine pauschalen Verbesserungspotentiale angegeben werden. Jedoch zeigen einige Beispiele, dass bei einer Veränderung des U-Wertes der Fenster von 2,5 W/m<sup>2</sup> K auf 1,5 W/m<sup>2</sup> durch einen Fenstertausch der spezifische Heizwärmebedarf durchaus um 10 kWh/m<sup>2</sup>a (in einer gewissen Bandbreite) gesenkt werden kann.

Bei Neubau eines Gebäudes sowie bei Erneuerung oder Instandsetzung des betreffenden Bauteiles bei konditionierten Räumen dürfen gemäß Abschnitt 5.1 der OIB-Richtlinie 6 folgende Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) bei wärmeübertragenden Bauteilen nicht überschritten werden, wobei nachfolgende Tabelle lediglich ein Auszug ist und nur transparente Bauteile widerspiegelt.

Gemäß den FAQs<sup>23</sup> zu der OIB-Richtlinie 6 ist der U-Wert für sonstige transparente Bauteile derart nachzuweisen, als dass die Konstruktion auf ein Prüfnormmaß von 1,23 m x 1,48 m zu beziehen ist, wobei die Symmetrie-Ebenen an den Rand des Prüfnormmaßes zu legen sind.

---

<sup>21</sup> Vgl. OIB-Leitfaden energietechnisches Verhalten von Gebäuden, Punkt 5.2.

<sup>22</sup> Quelle: MA 27, Energieförderungen in Wien – Haushalte.

<sup>23</sup> Quelle: URL: <http://www.oib.or.at/FAQ.htm>

Die Nachhaltigkeit umfasst somit ein zukunftsorientiertes, effizientes Bauen, wobei auch die Nutzungsphase (= Wohnen, z. B. eingesetzte Energien) zu beachten ist.

Am Ende der Nutzungsphase spielt die Entsorgung und Verwertung eine wesentliche, umweltrelevante Rolle.

Wie eingangs erwähnt, erfolgte in Wien im Rahmen des Klimaschutzmaßnahmenprogramms „Bau-Klima“ ein Ausstieg aus der Verwendung von Baustoffen mit halogenierten Kohlenwasserstoffen, gefördert werden in Wien nur Holz- oder Metallfenster bzw. PVC-freie Kunststoff-Fenster.

Bauteil	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
FENSTER, FENSTERTÜREN, VERGLASTE oder UNVERGLASTE TÜREN (bezogen auf Prüfnormmaß) und sonstige vertikale TRANSPARENTE BAUTEILE gegen unbeheizte Gebäudeteile	2,50
FENSTER und FENSTERTÜREN in Wohngebäuden gegen Außenluft (bezogen auf Prüfnormmaß)	1,40
Sonstige FENSTER, FENSTERTÜREN und vertikale TRANSPARENTE BAUTEILE gegen Außenluft, VERGLASTE oder UNVERGLASTE AUSSENTÜREN (bezogen auf Prüfnormmaß)	1,70
DACHFLÄCHENFENSTER gegen Außenluft	1,70
Sonstige TRANSPARENTE BAUTEILE horizontal oder in Schrägen gegen Außenluft	2,00

**Tab. 4: Auszug aus OIB-Richtlinie 6, Abschnitt 5.1**

Holz-Fenster müssen mit einem Witterungsschutz versehen werden, der regelmäßig durch entsprechende „Nachbehandlungen“ aufrecht erhalten (Streichen) bzw. auch erneuert werden muss (Risse/Kerben ausbessern, Schleifen und Streichen).

Aluminium bildet an der Atmosphäre und in Gewässern eine dünne Oxidschicht von ca. 0,00001 bis 0,0001 mm Dicke. In oxidierender Atmosphäre wird die Aluminiumoberfläche passiviert, und es bilden sich aufgrund der großen Affinität zum Sauerstoff sehr harte, dichte Oxidschichten, die im Normalfall einen ausreichenden Schutz vor weiterer Korrosion bieten, d. h. Aluminium „rostet nicht“ bzw. erreicht auf natürlichem Wege den Zustand einer erhöhten Korrosionsbeständigkeit.<sup>24</sup>

Um einen zusätzlichen Korrosionsschutz zu bieten und auch um architektonischen Vorstellungen bei der Farbgebung zu entsprechen werden Systemprofile aus Aluminium im Bauwesen mit einer schützenden und dekorativen Oberfläche versehen (Oberflächenveredelung durch Eloxieren oder Pulverbeschichtung).

Da das Recycling von Aluminium ohne Qualitätseinbußen erfolgt, lassen sich aus Schrotten wieder neue Halbzeuge für Fenster, Fassaden oder andere Produkte herstellen. Im Bausektor werden heute rund 90 Prozent des eingesetzten Aluminiums recycelt; großflächige Produkte wie Fenster, Türen und Fassaden kommen nahezu vollständig in den Stoffkreislauf zurück. Dies schon allein deshalb, weil gebrauchtes

<sup>24</sup> Aluminium/Glas (Baustoffe und ihre Anwendungen), Ulrich Schneider, Heinrich Bruckner, Elmar Bölcskey; Springer Verlag.

Aluminium wirtschaftlich wertvoll ist und die gleiche Werkstoffqualität besitzt wie Hüttenaluminium. Unabhängige Studien bestätigen die hohe Recyclingquote für Aluminium im Bau.<sup>25</sup>

Des Weiteren wird für die Herstellung von Recyclingaluminium aus Alt- und Neuschrotten nur etwa fünf Prozent der für die Hüttenaluminiumproduktion aufgewandten Energie benötigt und der gesamte Produktionsprozess laufend verbessert, wobei die nachfolgende Grafik die einzelnen Schritte in diesem Zusammenhang darstellt.

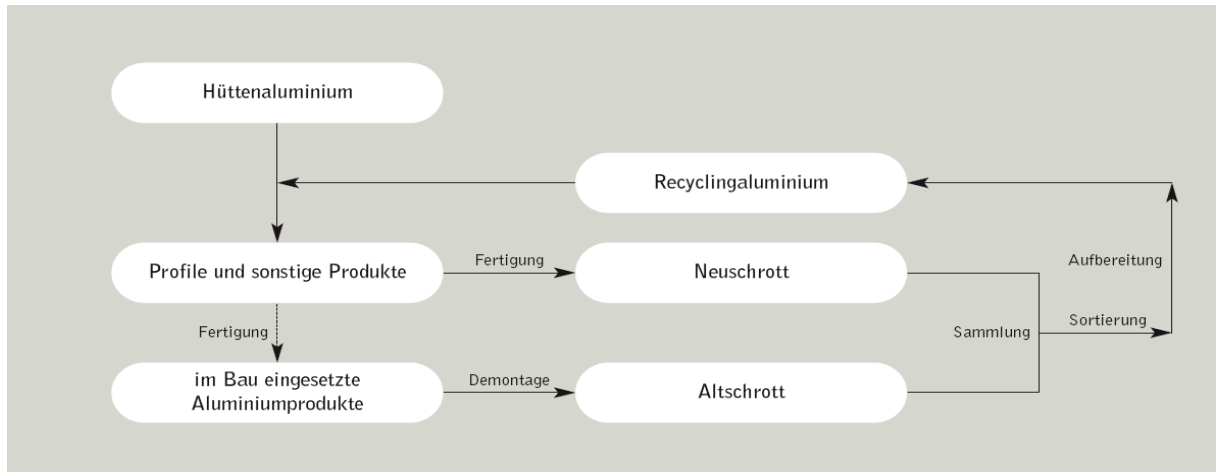


Abb. 5: Produktion und Recycling von Aluminium<sup>26</sup>

Im Zusammenhang mit „KliP Wien“ wurde „ÖkoKauf Wien“ geschaffen, bei dem es sich um ein Projekt zur „Ökologisierung der Beschaffung“ der Stadt Wien handelt.

Im Rahmen des Projektes wurden bzw. werden die notwendigen Kriterien für einen Einkauf nach ökologischen Gesichtspunkten definiert und zur verbindlichen Grundlage des Vergabewesens der Stadt Wien erklärt.

Das klassische Beispiel dabei ist die Energiesparlampe, bei der nicht nur die Umwelt durch einen niedrigeren Energiebedarf geschont und damit Treibhausgase reduziert werden, sondern auch Energiekosten eingespart werden können.

Bei der Bewertung der Produkte und Leistungen werden Kriterien (Quelle: ÖkoKauf Wien) betreffend

- Herstellung
  - Ökologischer Rucksack
  - Primärenergieinhalt
  - Emissionen
- Verarbeitung/Einbau

<sup>25</sup> „Ökologische Bewertung von Fenstern“: AMFT (Arbeitsgemeinschaft der Hersteller von Metall-Fenster/Türen/Tore/Fassaden) und AFI (Aluminium-Fenster-Institut) in Kooperation mit dem IBO (Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie).

<sup>26</sup> Quelle: AFI-Info-Blatt „Ökologie“, Wien: Aluminium-Fenster-Institut, 2007.

- Nutzung
  - Dauerhaftigkeit
  - Instandhaltung
  - Immissionen
- Verwertung/Entsorgung
  - Recyclierbarkeit
  - Deponierfähigkeit
  - Trennbarkeit
- Allgemeine Bemerkungen

Die Fenster betreffend fallen die Bewertungen erwartungsgemäß aus:

Zusammenfassend liegen bei der Bewertung die Stärken des Holz-Fensters bei der Herstellung, insbesondere in punkto Primärenergieinhalt, die Schwächen bei der Recyclierbarkeit und Deponierfähigkeit.

Aluminium hingegen ist bei der Herstellung, insbesondere wiederum beim Primärenergieinhalt, schlechter bewertet, die Stärken liegen in der Kategorie Nutzung, speziell beim Punkt Dauerhaftigkeit.

Eine vereinfachte, quantitative, ökologische Bewertung von Baustoffen und Bauteilen für Gebäude stellt der vom Institut für Baubiologie, IBO, herausgegebene Öko-Index 3 (Abkürzung OI3) dar.

Dieser Index ist ein Leitindikator für die ökologische Bewertung von Baustoffen, Bauteilen und Konstruktionen. Energie- und Stoffströme bei der Herstellung werden erfasst, dokumentiert und nach Treibhauspotenzial (GWP), Versäuerungspotenzial (AP) und Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen (PEI ne) bewertet und in einer einzigen umweltrelevanten Kennzahl, dem sogenannten „OI3-Index“ zusammengefasst.

Je niedriger der OI3-Index ist, umso umweltverträglicher ist das bewertete Produkt bzw. Gebäude. Für jedes Baumaterial ist eine charakteristische OI3-Kennzahl bestimmbar, und demnach kann jedem Baustoff, und folglich jedem Produkt (auch Fenstern), ein Indexwert eindeutig zugeordnet werden.

Der Öko-Index 3 wurde in den letzten Jahren von mehreren Bundesländern bereits für die Wohnbauförderung eingesetzt. Weiters wird dieser OI3-Index in einer weiterentwickelten Form (OI4) für die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden eingesetzt werden.

Betrachtet man die im Internet publizierten Indizes für Fenster ([www.baubook.at](http://www.baubook.at)), so können für ein Normfenster (STAM 1,23 m x 1,48 m) die in Tab. 5 zusammengestellten Bewertungen ermittelt werden.

In diesen Berechnungen wurden auf Basis der Datenbank mit vereinfachten Werkstoff-Kenngrößen, Holzrahmen „natur“ und Holzrahmen „geschäumt“, Aluminiumrahmen thermisch getrennt, Holz-, Aluminium- und Kunststoffrahmen OI3-Indizes berechnet.

Als Vorgabe für diese Berechnungen war ein Wärmeschutz des Gesamtfensters  $U_w$  von 1,26 W/m<sup>2</sup>K (Zwei-Scheiben-Verglasung) bzw. 0,898 W/m<sup>2</sup>K für eine Drei-Scheiben-Verglasung einzuhalten.



## 2- Scheibenverglasung (OI3 23)

Rahmenwerkstoff	Uw	PEI n.e.	GWP 100	AP	OI3
	[W/m <sup>2</sup> K]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg/CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[kgSO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
Holzrahmen, natur	1,260	921,5	-1,0	0,32	38
Holzrahmen, geschäumt	1,260	847,8	23,0	0,27	46
<b>Aluminium therm. getrennt</b>	<b>1,260</b>	<b>1116,3</b>	<b>24,3</b>	<b>0,37</b>	<b>54</b>
Holz/Aluminium	1,260	1140,4	13,9	0,39	57
Kunststoff	1,260	1987,4	81,6	0,59	123

## 3- Scheibenverglasung (OI3 36)

Rahmenwerkstoff	Uw	PEI n.e.	GWP 100	AP	OI3
	[W/m <sup>2</sup> K]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg/CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[kgSO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
Holzrahmen, geschäumt	0,898	966,6	28,5	0,34	46
Holzrahmen, natur	0,898	1040,3	4,4	0,39	51
<b>Aluminium therm. getrennt</b>	<b>0,898</b>	<b>1235,0</b>	<b>29,8</b>	<b>0,43</b>	<b>68</b>
Holz/Aluminium	0,898	1259,1	19,4	0,46	70
Kunststoff	0,898	2106,2	87,1	0,66	136

**Tab. 5: Zusammenstellung der OI3-Indizes unterteilt nach Rahmenwerkstoffen Holz, Kunststoff, Holz/Alu, Aluminium<sup>27</sup>**

Betrachtet man nun die Ergebnisse, so wird deutlich, dass es naturgemäß Unterschiede zwischen der Zwei-Scheiben- und einer Drei-Scheiben-Verglasung auf Grund des Glasanteiles gibt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Drei-Scheiben-Verglasung mit einem OI3-Index von 36 deutlich ungünstiger liegt als die Zwei-Scheiben-Verglasung mit einem OI3-Index von 23.

Die Rahmenwerkstoffe sind auf Grund der unterschiedlichen Dimensionen ebenfalls zu differenzieren. Hervorzuheben ist, dass das Aluminium-Fenster in etwa gleich bzw. sogar etwas günstiger liegt als das Holz/Aluminium-Fenster und dass zu einem Naturholzrahmen, bedingt durch die Konzeption des Fensters, ein etwa 25 %-iger Aufschlag vorliegt.

### 2.8.3 Entwicklungsmöglichkeiten als Niedrigstenergie(Passivhaus-)komponenten

Aufgrund der weiter zu erwartenden Anforderungen hinsichtlich Energieeinsparung von Gebäuden sind natürlich auch die Entwickler und Hersteller von Aluminiumfenstern gefordert dem Trend zu folgen.

<sup>27</sup> Quelle: <http://www.baubook.at/BTR/?SW=5>.

Die weitere Verbesserung des U-Wertes wird vorwiegend die durch den Einsatz immer höherwertigerer Verglasungen möglich. Dabei wird es in naher Zukunft nicht bei der Verwendung von Dreifach-Verglasungen bleiben. Nur Vier- oder (langfristig) gar Fünffach-Isolierverglasungen können diesen hohen Anforderungen entsprechen. Von den erhöhten Fensterpreisen abgesehen hat der Einsatz von immer dickeren und letztendlich auch schwereren Verglasungen noch entscheidenden Einfluss auf die Statik der Rahmenkonstruktionen. Gerade hier kann das Aluminiumfenster punkten. Aufgrund der Profilgeometrie und der Materialeigenschaften sind Aluminiumfensterkonstruktionen in der Lage diese höheren Lasten aufzunehmen.

Lösbar erscheinen auch die Anforderungen einer Verbesserung der Wärmedämmung der Alu-Rahmenprofile selbst. Dickere Glasaufbauten ermöglichen es auch den wärmedämmenden Kunststoffsteg dicker auszuführen, wenn dabei die Verwindung der Profile gering gehalten werden kann. So reduzieren sich die U-Werte weiter, die Fenster tragen so zur Energieeinsparung bei.

Bei den Beschlägen muss ebenfalls „aufgerüstet“ werden, um die erhöhten Flügelgewichte in die Rahmenkonstruktion abzuleiten. Hier haben die erforderlichen Entwicklungen bereits eingesetzt.

Erwähnenswert erscheint auch die Tatsache, dass die Entwicklung im Niedrigenergiehaus-Standard zu vermehrtem Einsatz von nicht-öffnbaren Fensterelementen, sowie dem Einsatz von Lüftungssystemen kommt. Dabei tragen die Fenster zu Energiegewinnung/Schutz vor Überhitzung etc. bei (siehe Energieausweis). Die Entwicklung setzt sich nahtlos fort, wenn aufgrund von architektonischen Anforderungen großflächige Verglasungen eingesetzt werden. Der Übergang von gekoppelten Fenster- und Fenstertürelementen zu Fensterbändern und dergleichen erfolgt hier nahtlos und endet letztlich im Wintergartenbau – ebenfalls eine Domäne des Alu-Baues.

Eine Beispielsammlung hocheffizienter Gebäude findet sich in Kap. 8.1 Anhang A.

## 2.9 Marktanalyse

Für Fensterkonstruktionen sind keine detaillierten Marktanalysen öffentlich zugänglich. Einzig vom Institut Kreuzer Fischer und Partner wurden für die Erstellung des Positionspapiers Daten der Materialanteile von Fensterkonstruktionen, die im Zeitraum 2004 bis 2008 (Wert 2008 stellt eine Prognose dar) zum Einsatz kamen, zur Verfügung gestellt. Regionale Unterscheidungen sind daraus nicht ableitbar.

Materialanteile	2004	2005	2006	2007	2008e
in %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Holz	17,8	17,2	16,4	15,3	14,4
Kunststoff	59,0	59,4	59,9	59,6	60,3
Holz/Alu	17,9	18,0	18,3	19,5	19,8
Alu	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5
Angaben sind mengenbezogen					
Quelle: BRANCHENRADAR Fenster in Österreich 2008 von KREUTZER FISCHER & PARTNER, Marktanalyse					

**Tab. 6: Marktanteile in Österreich unterteilt nach Rahmenwerkstoffe Holz, Kunststoff, Holz/Alu, Alu**

Aus den in Tab.6 angeführten Zahlenwerten geht hervor, dass die Marktanteile der Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Holz kontinuierlich abgenommen haben (i. M. um 0,9% pro Jahr), die Marktanteile der Fensterkonstruktionen aus Kunststoff und Alu nahezu unverändert sind (geringfügige Erhöhung der Marktanteile) und die Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Holz/Alu zulegen konnten. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Zeitraum 2004 bis 2008

der Rahmenwerkstoff Holz an Attraktivität verloren hat und die verlorenen Marktanteile primär vom Rahmenwerkstoff Holz/Aluminium und untergeordnet von den Rahmenwerkstoffen Aluminium und Kunststoff aufgefangen wurden.

## **2.10 Status und Erfahrungen aus der Verwendung im kommunalen Wohn- und Objektbau**

Die Erfahrungen mit Aluminium-Fensterkonstruktionen beziehen sich hauptsächlich auf Büro- und Geschäftsgebäude, da sie im Wohnbau noch nicht häufig eingesetzt werden.

Einerseits ist dies zurückzuführen auf den Preisdruck im Wohnbau, als auch auf förderungsrelevante Vorgaben. Beispielsweise wird in Wien durch die Vermeidung von PVC im Hochbau ein Kunststoff praktisch vom Markt im geförderten Wohnbereich ausgeschlossen.

Dennoch gibt es einige, typische Beispiele für die Verwendung von Aluminium-Fensterprofilen, speziell im Bereich von Fassadenbändern und ähnlichen Konstruktionen. Ebenso werden die Aluminium-Fensterprofile für höher belastete Bauteile, wie beispielsweise Stiegenhausfenster, Portalkonstruktionen u. ä. durchaus mit großem Erfolg eingesetzt.

Betrachtet man den Wiener Bereich, so werden beispielsweise von den großen Bauträgern und Genossenschaften, generell Holz/Aluminium-Fenster oder Kunststofffenster eingebaut. „Wiener Wohnen“ beispielsweise setzt grundsätzlich nur Holz/Aluminium-Fenster, mit Ausnahme einiger Sonderfälle, ein.

Durchaus anders stellt sich die Situation im Bereich von Kindergärten, Schulen, Amtshäuser, Bürogebäude u. ä. nicht Wohngebäuden dar. Hier überwiegen teilweise bereits die Aluminium-Fenster- und Fenstertür-Konstruktionen.

Eine Beispielsammlung hocheffizienter Gebäude findet sich Kap. 8.1 Anhang A.

### 3 Laborprüfungen

In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung der zur Untersuchung (in technischer und auch wirtschaftlicher Sicht) gelangten Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Aluminium. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf den Umstand gelegt, dass ausschließlich Standardfenster, die auch den Standards der Wohnbauförderung in Wien entsprechen, ausgewählt wurden.

Folgende drei Fensterkonstruktionen, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER<sup>28</sup> führen, wurden demnach einer technischen Prüfung im Labor der MA 39 unterzogen, bzw. bilden auch die Grundlagen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (vgl. Kap. 1):

#### **Fenster einflügelig (DK) mit fixverglaster Unterlichte**

- DK-Flügel: h = 1.500 mm, b = 1.100 mm; Fixverglasung: h = 500 mm
- Verglasung: 4/14/4/14/4; PSI = 0,05; U<sub>g</sub> = 0,6 W/m<sup>2</sup>K

#### **Balkontür einflügelig**

- Abmessungen: h = 2.500 mm, b = 1.100 mm
- Verglasung: 6/12/4/12/6; PSI = 0,05; U<sub>g</sub> = 0,7 W/m<sup>2</sup>K

#### **Fenster zweiflügelig**

- Abmessungen: h = 1.480 mm, b = 1.800 mm
- Verglasung: 4/12/4/12/4; PSI = 0,06; U<sub>g</sub> = 0,6 W/m<sup>2</sup>K

Zweck der Prüfungen ist darzustellen, ob beziehungsweise inwiefern sich Qualitätsmerkmale und Leistungseigenschaften der Fenster nach einer Belastungssimulation verändern. Der hierfür festgelegte Prüfablauf stellt sich wie folgt dar:

Eingangsprüfung: es erfolgt eine Luftdurchlässigkeitprüfung gemäß ÖNORM EN 1026:2000 und Schlagregendichtheitsprüfung gemäß ÖNORM EN 1027 mit der entsprechenden Klassifizierung gemäß ÖNORM EN 12207:2000 für Luftdurchlässigkeit beziehungsweise ÖNORM EN 12208:2000 für die Schlagregendichtheit.

Im Anschluss wird die Dauerfunktionsprüfung mit 30.000 Zyklen gemäß ÖNORM EN 1191:2000 durchgeführt. Ein Zyklus besteht dabei aus „drehen-verriegeln-kippen-verriegeln“. Die Dauerfunktionsprüfung simuliert die mechanische Alterung einer mehrjährigen Nutzung. Bei dieser Prüfung zeigen sich stets die Schwachpunkte einer Fensterkonstruktion. Nicht zu Unrecht gilt die Dauerfunktionsprüfung als das KO-Kriterium der Fensterprüfung.

Als Standard-Zyklusanzahl hat sich am Fenstermarkt Klasse 2 mit 10.000 Zyklen etabliert. Klasse 3 wird bei 20.000 Zyklen erreicht. Die gewählte Zyklusanzahl stellt somit eine entsprechend ambitionierte Anforderung an die Fensterkonstruktionen, über die Anforderungen der ÖNORM EN 1191:2000, dar.

Zum Abschluss wird die Luftdurchlässigkeits- und Schlagregendichtheitsprüfung wiederholt um festzustellen, ob und wenn, inwieweit sich die Qualität des Fensters verschlechtert hat oder gleichgeblieben ist.

---

<sup>28</sup> Webpage: <http://www.alufenster.at/>, Bereich Gemeinschaftsmarke/Über uns/Lizenzvertrag.

### 3.1 Prüffenster 1

Einflügeliges linkes Drehkipp-Einfachfenster mit fix verglaster Unterlichte.

Abmessungen b x h [mm]

Stock: 1100 x 1500

Flügel: 1034 x 956

Unterlichte (Glaslichte):

980 x 400

Profilquerschnitt:

Stock: 77 x 62

Kämpfer: 77 x 83

Flügel: 88 x 68

Beschläge:

Dreh-Kippbeschlag mit Fehlschaltsicherung

Flügelmasse:

33,7 kg

Verriegelungen:

2-fach (2 x Griffseite)

Dichtungen:

Mitteldichtung mit Eckprofilformstücken

Anschlagdichtung, Ecken umlaufend

Entwässerung im Stockrahmen:

2 Schlitze 8 mm x 28 mm mit Abdeckung für Flügel und

2 Schlitze 8 mm 28 mm mit Abdeckung für Fixverglasung

Druckausgleichsöffnungen im Flügel:

unten zwei Bohrungen mit 8 mm Durchmesser

Verglasung:

3-fach Isolierglas 4/14/4/14/4, Glasleisten geklemmt

Abdichtung innen und außen:

Dichtung

Stoßfuge der Glasleiste:

< 0,01 mm



Abb. 6: Prüffenster 1 nach den Prüfungen

### 3.2 Prüffenster 2

Zweiflügeliges Einfachfenster ohne Mittelsteher, links Drehkippflügel, rechts Drehflügel

Abmessungen b x h [mm]

Stock: 1800 x 1480

Flügel: 860 x 1406 links

895 x 1406 rechts

Profilquerschnitt:

Stock: 77 x 68

Flügel: 88 x 80

Stulp: 77 x 66

Beschläge:

linker Flügel: Dreh-Kippbeschlag mit Fehlschaltsicherung

rechter Flügel: 1 x Drehbeschlag, 1 x Stulpgetriebe

Verriegelungen:

linker Flügel: 2-fach (2 x Griffseite rechts)

rechter Flügel: 2-fach (1 x oben, 1 x unten)

Flügelmasse:

41,5 kg

Dichtungen:

Mitteldichtung

Anschlagdichtung, 1 x Stulpdichtung, im Stulpbereich

oben und unten je eine Stulpabdeckung

Entwässerung im Stockrahmen:

3 Schlitz 5 mm x 30 mm mit Abdeckung

Druckausgleichsöffnungen:

an jedem Flügel: unten zwei Bohrungen mit 5 mm

Durchmesser

Verglasung:

3-fach Isolierglas 4/12/4/12/4

Abdichtung innen und außen:

Dichtung

Glasleisten geklemmt



Abb. 7: Prüffenster 2 im Prüfstand

### 3.3 Prüffenster 3

Einflügelige Drehkipp-Fenstertüre  
Abmessungen: b x h [mm]

Stock: 1000 x 2500

Flügel: 923 x 2422

Profilquerschnitt:

Stock: 75 x 68

Flügel: 85 x 88

Beschläge:

verdeckter Drehkippbeschlag mit Fehlbedienungs-  
sicherung und Zusatzschere an der oberen, linken Seite  
89,0 kg

Flügelmasse:

Verriegelungen:

6-fach (4 x links, 2 x rechts)

Dichtungen:

1 x Mitteldichtung

1 x Anschlagdichtung

Entwässerung im Stockrahmen:

2 Schlitze 10 mm x 24 mm

Druckausgleichsöffnungen im Flügel:

unten 2 Schlitze 5 mm x 20 mm,  
rechts, seitlich oben 1 Schlitz

Verglasung:

3-fach Isolierglas 6/12/4/12/6 mit Argonfüllung

Abdichtung innen und außen:

Dichtung

Glasleisten geklemmt



Abb. 8: Fenster 3 im Dauerfunktionsprüfstand

Die Ergebnisse der Dauerfunktionsprüfung mit 30.000 Zyklen gemäß ÖNORM EN 1191:2000 sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Als Standard-Zyklusanzahl hat sich am Fenstermarkt Klasse 2 mit 10.000 Zyklen etabliert. Klasse 3 wird bei 20.000 Zyklen erreicht. Die gewählte Zyklusanzahl, welche wartungsfrei (ohne Schmierer und Nachstellarbeiten) von allen drei geprüften Konstruktionen erreicht wurde, stellt somit ein herausragendes Ergebnis dar, welches weit über den Anforderungen der ÖNORM EN 1191:2000 liegt.

Prüfung	Fenster 1	Fenster 2	Fenster 3
Eingangsprüfung			
Bedienkräfte	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 2
Luftdurchlässigkeit	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4
Schlagregendichtheit	Klasse 9A	Klasse 9A	Klasse 9A
Dauerfunktionsprüfung	Bei ca. 4.000 Zyklen beginnt leichtes Schleifen beim Auflaufkeil. Ab ca. 10.000 Zyklen beginnt eine leichte Funktionsstörung des Getriebes, der Auflaufkeil streift – leichtes Hängen des Flügels. Bei 27.000 Zyklen: Getriebe-Funktionsstörung, starke Abnutzung im Getriebekasten. Bei 30.000 Zyklen ist die Funktion noch gegeben.	Nach 30.000 Zyklen ist die Funktion weiterhin gegeben. Es ist lediglich ein geringes Schleifen beim Auflaufbock festzustellen. Die Anschlagdichtung weist leichte Quetschungen in den Eckbereichen auf	Nach 30.000 Zyklen ist die Funktion der Fenstertüre weiterhin gegeben.
Schlussprüfung			
Bedienkräfte	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 1
Luftdurchlässigkeit	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4
Schlagregendichtheit	Klasse 9A	Klasse 9A	Klasse 9A

**Tab. 7: Zusammenfassung der Prüfergebnisse**

Die geprüften Elemente hielten den geforderten 30.000 Zyklen (jeweils drehen-verriegeln-kippen-verriegeln) wartungsfrei (ohne Schmierer und Nachstellarbeiten) stand. Zum Wissensgewinn wurden an einem Produkt (zweiflügeliges Fenster) 20.000 weitere Zyklen durchgeführt. Auch diese überstand das Produkt ohne allzu große Probleme. Nach optischer Beurteilung ist nach 50.000 Zyklen ohne Wartung - das entspricht einer Nutzungsdauer von etwa 68 (!) Jahren - eine Wartung jedoch unbedingt erforderlich, da ein Schließteil locker, sowie der Flügel höher zu stellen wäre.

Zum Vergleich sind in Kap. 8.3 Anhang C mehrere typische Vergleichsfenster (Holz/Alu beziehungsweise PVC) angeführt. Jedoch wurden bei diesen Fenstern die Dauerfunktionsprüfungen normgemäß Klasse 2 geprüft (10.000 Zyklen). Für das Verhalten dieser Fensterkonstruktionstypen bei 30.000 Zyklen gibt es keine vergleichbaren beziehungsweise verfügbaren Daten.



### 3.4 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Wie sind die Ergebnisse nun zu bewerten? In Hinblick auf die Aufgabenstellung eines Nachweises für die Wartungsfreiheit von Alu-Elementen, die die Gemeinschaftsmarke ALU-FENSTER führen, kann Folgendes gesagt werden:

Alle drei geprüften Elemente hielten der angestrebten Anzahl von 30.000 Zyklen (drehen-verriegeln-kippen-verriegeln) stand. Bei zwei Elementen besteht sogar noch weiteres Potential für hinsichtlich Dauerfunktionsbeanspruchung nach einer Wartung. Bei einem Fenster ist zusätzlich der Tausch eines Getriebeteiles erforderlich.

Zusammengefasst wird die Hypothese aufgrund der durchgeführten Prüfzyklen untermauert, dass Aluminiumfenster mit einem geringeren Wartungsaufwand auskommen, ohne dass die wesentlichen Anforderungen Luftdurchlässigkeits- und Schlagregendichtheit negativ beeinträchtigt werden. Dies spielt im Vergleich mit den anderen Rahmenwerkstoffen Holz und Kunststoff vor allem dort eine Rolle, wo zwecks Wartung kaum oder kein Zugang zu den Fenstern möglich ist.

Bei einer hypothetisch angenommenen Anzahl von täglich zwei Mal geöffneten Fenstern im Jahresschnitt (im Sommer öfter, im Winter seltener), entsprechen die 30.000 Zyklen einer Nutzungsdauer von etwa 40 Jahren. Erklärend dazu ist festzuhalten, dass zwei Bedienungen eines Fensters pro Tag aus der langjährigen Erfahrung der MA 39 einen realistisch anzunehmenden Durchschnittswert darstellen, wobei einzelne Fenster oder Fenstertüren durchaus öfter bedient werden können (z. B.: Balkontüren), andere wieder seltener (Badezimmer, Nebenräume) (vgl. auch Kap. 4.5).

## 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In diesem Kapitel wird die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von drei Fensterkonstruktionen aus den Rahmenwerkstoffen Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff durchgeführt.

Dazu wird einleitend die Fensterkonstruktion in Einzelteile (Bauteile) unterteilt (vgl. Kap. 4.1), anschließend werden die Lebenszyklusmodelle nach der Barwertmethode (vgl. Kap. 4.2) und Endwertmethode (vgl. Kap. 4.3) näher erläutert, die die Grundlage der Vergleichsrechnungen der ausgewählten Fensterkonstruktionen bilden. Kap. 4.4 enthält die theoretische Berechnung nach der Endwertmethode der Lebenszykluskosten für die Einzelteile Stock- und Flügelrahmen und der auswechselbaren Teile (Griffe, Beschläge, Dichtungen und Verglasung). In Kap. 4.5 werden die Lebenszykluskosten für ein Aluminium-Fenster einflügelig, eine Aluminium-Balkontür einflügelig und ein Aluminium-Fenster zweiflügelig dargestellt. Kap. 4.6, Kap. 4.7 und Kap. 4.8 enthalten die Gegenüberstellungen der Lebenszykluskosten der zuvor beschriebenen drei Fensterkonstruktionen aus Aluminium und den Rahmenwerkstoffen Holz, Holz/Alu und Kunststoff. Kap. 4.10 zeigt einen Vergleich der Lebenszykluskosten mit und ohne Wartung für alle Fensterkonstruktionen der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff. Die Bauanschlussfuge ist nicht Teil der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (siehe Kap. 1.5).

### 4.1 Lebenszyklus von Aluminiumfenster und Fensterkomponenten

Abweichend von der ÖNORM B 5305:2006 erfolgt die Einteilung der Bauteile wie folgt (teilweise wurden mehrere Bauteile in Gruppen zusammengefasst):

- Stock, Rahmen inkl. Oberflächenveredelung (Pulverbeschichtung bzw. Eloxierung) und Glas (Verglasung - für alle Materialien gleich)
- Griffe und Beschläge
- Dichtungen

Der Vollständigkeit halber werden die gem. ÖNORM B 5305:2006 „Fenster – Kontrolle und Instandhaltung“ definierten Bestandteile eines Fensters angeführt:

- Griffe
- Ecklager
- Scherenlager
- Schließmechanismus (innere Mechanik des Beschlages)
- Schließteile
- Dichtungen
- Verglasung:
  - Scheiben
  - Klotzung
  - Glasabdichtung
  - Glashalteleisten
  - Elastische Dichtprofile
  - Dampfdruckausgleich

Verklebte Verglasungen  
 Bauanschluss  
 Zier- und Abdeckprofile  
 Stock- und Flügelrahmen  
 Verbindungen

Für all diese Teile werden die theoretischen Nutzungsdauern sowie der Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten festgelegt (vgl. Kap. 4.5ff).

## 4.2 Lebenszyklusmodell nach der Barwertmethode

Der Barwert der Lebenszykluskosten entspricht der Summe aus Barwert der Errichtungskosten und dem Barwert der Unterhaltungskosten.

### 4.2.1 Barwert der Errichtungskosten

Der Barwert der Errichtungskosten  $LZK_{er}^{bar}$  entspricht den Errichtungskosten  $K_{er}$ .

$$LZK_{er}^{bar} = K_{er} \quad (7)$$

### 4.2.2 Barwert der Unterhaltungskosten

Der Barwert der jährlich, gleichmäßigen Unterhaltungskosten  $K_{ju}$  ergibt sich aus dem Barwert einer nachschüssigen Rentenrechnung.

$$LZK_U^{bar} = \frac{1}{q^m} \cdot LZK_U^{snd} = \frac{1}{q^m} \cdot K_{ju} \cdot \frac{q^m - 1}{q - 1} \quad (8)$$

## 4.3 Lebenszyklusmodell nach der Endwertmethode

Bei der Endwertmethode werden die Kosten am Ende der Lebenszeit betrachtet. Als Endwert versteht man dabei den Betrag auf den die bis zum Ende der Lebenszeit angefallenen Kosten bei einem entsprechenden Zinssatz angewachsen sind.

### 4.3.1 Einmalige Kosten

Einmalige Kosten werden auf das Ende der Laufzeit aufgezinst. Dazu wird folgende Formel verwendet.

$$K^{snd} = K^{bar} \cdot q^m \quad (9)$$

Hier sind  $K^{snd}$  der Endwert zum Ende der Lebensdauer und  $K^{bar}$  der Barwert zum Beginn der Lebensdauer. Die Laufzeit der Verzinsung ist normalerweise die Lebensdauer, ansonsten ist die Laufzeit die Differenz zwischen Betrachtungs- und Errichtungsjahr.

### 4.3.2 Jährliche, gleichmäßige Kosten

Jährlich anfallende, gleichmäßige Kosten – wie z. B. Unterhaltungskosten – werden ebenfalls auf die Lebensdauer aufgezinst. Dies erfolgt mittels nachschüssiger Rentenrechnung nach folgender Formel.

$$K_U^{end} = K_{jU} \cdot \frac{q^m - 1}{q - 1} \quad (10)$$

Hier sind  $K_U^{end}$  der Endwert der Unterhaltungskosten und  $K_{jU}$  die jährlichen Unterhaltungskosten sind.

#### 4.4 Lebenszykluskostenberechnung Aluminiumfenster

Es werden die Einzelteile des Aluminiumfensters gesondert betrachtet. Für jedes Einzelteil werden die Lebenszykluskosten nach der Endwertmethode berechnet. Die Lebenszykluskosten nach der Barwertmethode werden durch Division mit dem Faktor  $q^m$  erhalten. Die Gesamtkosten des Aluminiumfensters werden durch eine Summierung über alle Einzelteile erhalten. Das Aluminiumfenster wird dabei in zwei Bereiche unterteilt:

Stock- und Flügelrahmen

Auswechselbare Teile / Verschleißteile

Unter „auswechselbare Teile“ fallen:

- Griffe
- Beschläge
- Dichtungen
- Verglasung
- Bauanschluss
- Zier- und Abdeckprofile
- (Verbindungen entfallen, da wartungsfrei)

Die Gesamtlebensdauer des Aluminiumfensters hängt von der Lebensdauer des Stockrahmens ab.

Es müssen für alle Bauteile folgende Kosten über den gesamten Betrachtungszeitraum berücksichtigt werden:

Errichtungskosten  $K_{er} =$  Baukosten  $K_B$  + einmalige Verwaltungskosten  $K_V$

Jährliche Unterhaltungskosten  $K_{jU}$

Abbruchkosten  $K_A$

##### 4.4.1 Stock- und Flügelrahmen

Die Lebenszeit des Stockrahmens definiert die Gesamtlebenszeit des Aluminiumfensters. Im Folgenden werden alle Begriffe, die sich auf den Rahmen beziehen, mit dem Index  $RA$  gekennzeichnet.

In der Lebenszeit des Stockrahmens fallen die zuvor erwähnten Kosten zu folgenden Zeitpunkten an (siehe Abb. 9, in der eine Lebensdauer von  $m_{RA} = 60$  Jahren angenommen wird):

Errichtungskosten  $K_{er,RA}$ , bestehend aus Baukosten  $K_{B,RA}$  und einmalige Verwaltungskosten  $K_{V,RA}$ , fallen einmal am Beginn an (siehe durchgezogene Linie in Abb. 9).

Jährliche Unterhaltungskosten  $K_{jU,RA}$  fallen jährlich, gleichbleibend an (siehe punktierte Linie in Abb. 9).

Abbruchkosten  $K_{A,RA}$  fallen einmal am Ende an (siehe graue Linie in Abb. 9).

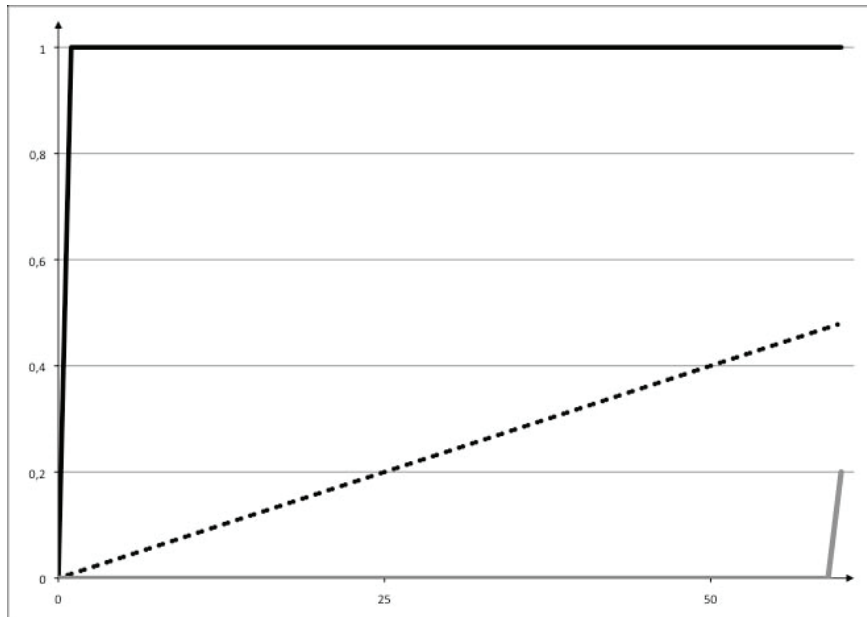


Abb. 9: Rahmen: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (unverzinst)

Die Aufsummierung der unverzinsten Kostenentstehung zeigt Abb. 10.

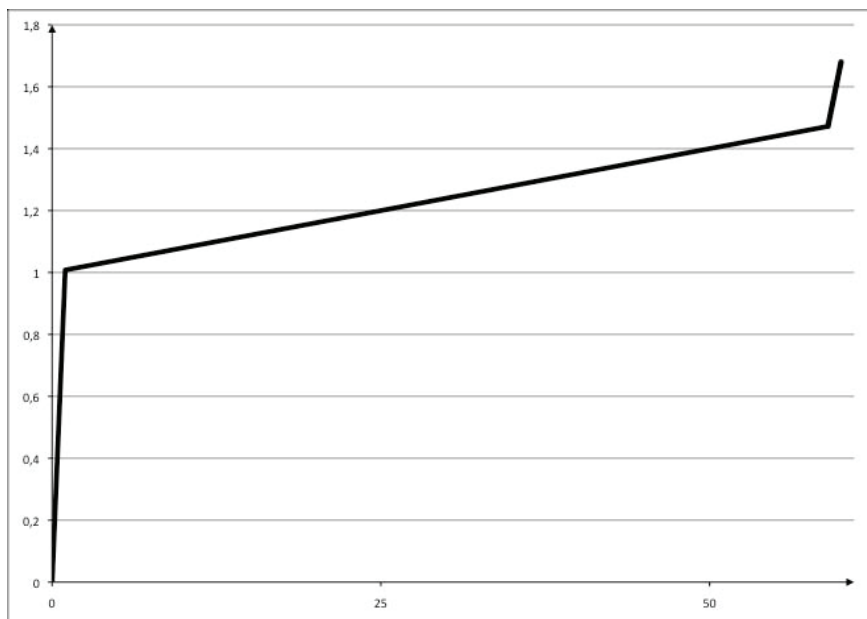


Abb. 10: Rahmen: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (unverzinst)

Die Lebensdauer des Stockrahmens wird mit  $m_{RA}$  (Jahren) angegeben. Der Barwert der Errichtungskosten  $LZK_{er,RA}^{bar}$  ist gleich den Errichtungskosten  $K_{er,RA}$ .

$$LZK_{er,RA}^{bar} = K_{er,RA} \quad (11)$$

Der Endwert der Errichtungskosten  $LZK_{er,RA}^{end}$  ergibt sich aus der Aufzinsung der Errichtungskosten  $K_{er,RA}$  über die Lebensdauer  $m_{RA}$ .

$$LZK_{er,RA}^{end} = q^{m_{RA}} \cdot K_{er,RA} \quad (12)$$

Die jährlichen, gleichbleibenden Unterhaltungskosten  $K_{ju,RA}$  können über den Prozentanteil,  $p_{RA}$ , der Errichtungskosten  $K_{er,RA}$  berechnet werden.

$$K_{jU,RA} = K_{er,RA} \cdot p_{RA} \quad (13)$$

Der Barwert der Unterhaltungskosten,  $LZK_{U,RA}^{bar}$ , ergibt sich zu:

$$LZK_{U,RA}^{bar} = \frac{1}{q^{m_{RA}}} \cdot K_{jU} \cdot \frac{q^{m_{RA}} - 1}{q - 1} \quad (14)$$

Der Endwert der Unterhaltungskosten,  $LZK_{U,RA}^{end}$ , ergibt sich über die nachschüssige Rentenrechnung zu:

$$LZK_{U,RA}^{end} = K_{jU,RA} \cdot \frac{q^{m_{RA}} - 1}{q - 1} = K_{er,RA} \cdot p_{RA} \cdot \frac{q^{m_{RA}} - 1}{q - 1} \quad (15)$$

Die Abbruchkosten für den Stockrahmen  $K_{A,RA}$  entstehen am Ende der Lebenszeit. Der Barwert der Abbruchkosten  $LZK_{A,RA}^{bar}$  ergibt sich durch Abzinsung der Abbruchkosten zu:

$$LZK_{A,RA}^{bar} = \frac{1}{q^{m_{RA}}} \cdot K_{A,RA} \quad (16)$$

Der Endwert der Abbruchkosten  $LZK_{A,RA}^{end}$  für den Stockrahmen ist gleich den Abbruchkosten  $K_{A,RA}$ :

$$LZK_{A,RA}^{end} = K_{A,RA} \quad (17)$$

### Beispiel: Stockrahmen

Annahmen:

Für den Stockrahmen aus Alu gilt eine Lebensdauer von 60 Jahren. Der Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten wird mit 0,8 % angesetzt und der Zinssatz ist mit 4 % festgelegt. Somit ist  $m_{RA} = 60$ ,  $p_{RA} = 0,008$  und  $z = 0,04$ . Für die Verwaltungskosten werden 10 % und für die Abbruchkosten 20 % der Errichtungskosten angesetzt. Als Eingangswert für die Berechnung dienen die reinen Baukosten des Stockrahmens  $K_{B,RA}$ .

Die Endwert- und Barwertkosten des Stockrahmens ergeben sich zu:

Errichtungskosten:

$$LZK_{er,RA}^{bar} = 1,10 \cdot K_{B,RA} \quad (18)$$

$$LZK_{er,RA}^{end} = 1,04^{60} \cdot 1,1 \cdot K_{B,RA} = 11,57 \cdot K_{B,RA} \quad (19)$$

Unterhaltungskosten:

$$LZK_{U,RA}^{bar} = \frac{1}{1,04^{60}} \cdot 1,1 \cdot K_{B,RA} \cdot 0,008 \cdot \frac{1,04^{60} - 1}{1,04 - 1} \quad (20)$$

$$LZK_{U,RA}^{bar} = 0,20 \cdot K_{B,RA}$$

$$LZK_{U,RA}^{end} = 1,1 \cdot K_{B,RA} \cdot 0,008 \cdot \frac{1,04^{60} - 1}{1,04 - 1} = 2,09 \cdot K_{B,RA} \quad (21)$$

Abbruchkosten:

$$LZK_{A,RA}^{bar} = \frac{1}{1,04^{60}} \cdot 0,20 \cdot K_{B,RA} = 0,02 \cdot K_{B,RA} \quad (22)$$

$$LZK_{A,RA}^{end} = 0,20 \cdot K_{B,RA} \quad (23)$$

Ergebnis:

$$LZK_{RA}^{bar} = LZK_{er,RA}^{bar} + LZK_{U,RA}^{bar} + LZK_{A,RA}^{bar} = 1,32 \cdot K_{B,RA} \quad (24)$$

$$LZK_{RA}^{end} = LZK_{er,RA}^{end} + LZK_{U,RA}^{end} + LZK_{A,RA}^{end} = 13,87 \cdot K_{B,RA} \quad (25)$$

Erläuterung:

Die Lebenszykluskosten betragen zum Zeitpunkt der Errichtung betrachtet (Barwert) das 1,32-fache der reinen Errichtungskosten. Zum Zeitpunkt des Lebensendes betrachtet (Endwert) betragen die Lebenszykluskosten das 13,87-fache der ursprünglichen Errichtungskosten.

### 4.4.2 Auswechselbare Teile

Beispielhaft wird nun ein auswechselbares Teil mit einer Lebensdauer von 25 Jahren herangezogen. Im Folgenden werden alle Begriffe, die sich auf das auswechselbare Teil beziehen, mit dem Index *AT* gekennzeichnet.

In der Lebenszeit des Aluminiumfensters fallen die am Beginn dieses Kapitels erwähnten Kosten für jedes auswechselbare Teil zu folgenden Zeitpunkten an (siehe Abb. 11, in der eine Lebensdauer von 25 Jahren für den betrachteten Bauteil angenommen wird):

Errichtungskosten  $K_{er,AT}$ , bestehend aus Baukosten  $K_{B,AT}$  und einmalige Verwaltungskosten  $K_{V,AT}$ , fallen am Beginn sowie mehrmals danach bei jeder Erneuerung an (siehe durchgezogene Linie in Abb. 11).

Jährliche Unterhaltungskosten  $K_{JU,AT}$  fallen jährlich, gleichbleibend an (siehe punktierte Linie in Abb. 11).

Abbruchkosten  $K_{A,AT}$  fallen mehrmals, jeweils am Ende der Lebensdauer des auszuwechselnden Teiles sowie einmal am Ende der Lebensdauer des Aluminiumfensters an (siehe graue Linie in Abb. 11).

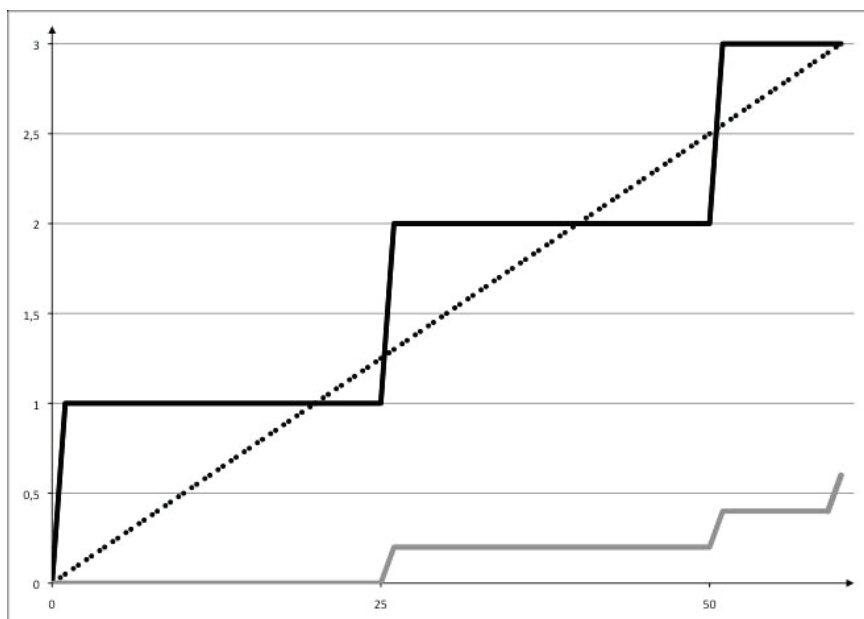


Abb. 11: Teile: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (unverzinst)

Die Aufsummierung der unverzinsten Kostenentstehung zeigt Abb. 12.

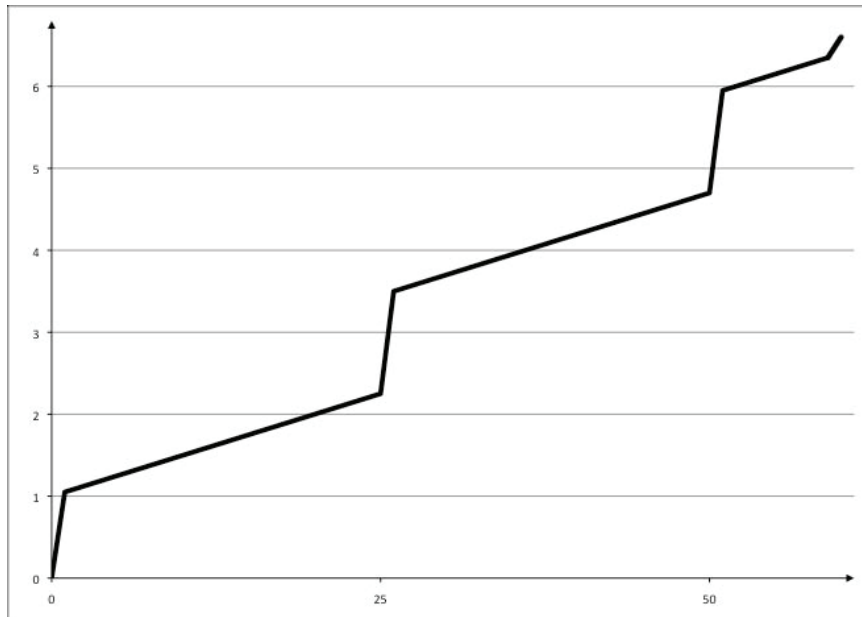


Abb. 12: Teile: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (unverzinst)

Im Regelfall ist die Lebensdauer von auswechselbaren Teilen niedriger als jene des Aluminiumfensters. Daher müssen auswechselbare Teile innerhalb der Lebensdauer des Aluminiumfensters mehrfach ausgetauscht werden. Da die Entwicklung der Errichtungskosten der Bauteile über die Lebensdauer des Aluminiumfensters nicht gesichert abgeschätzt werden kann, werden diese vereinfachend als gleichbleibend angenommen. Somit werden gleich hohe Errichtungskosten für die einzelnen auswechselbaren Teile für jede Auswechslung angesetzt. Die Lebensdauer der auswechselbaren Teile wird mit  $m_{AT}$  (Jahren) angegeben.

Die Barwerte der Errichtungskosten ergeben sich aus der Abzinsung der Errichtungskosten jeder einzelnen Errichtung auf den Zeitpunkt Null. Der Barwert der Ersterrichtung ist daher gleich den Errichtungskosten:

$$LZK_{sr,AT}^{bar,0} = K_{sr,AT} \quad (26)$$

Der Barwert der Errichtungskosten für die folgenden Erneuerungen ergeben sich zu

$$LZK_{sr,AT}^{bar,1} = \frac{1}{q^{1 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{sr,AT} \quad (27)$$

$$LZK_{sr,AT}^{bar,2} = \frac{1}{q^{2 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{sr,AT} \quad (28)$$

$$LZK_{sr,AT}^{bar,3} = \frac{1}{q^{3 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{sr,AT} \quad (29)$$

usw. Dies wird durchgeführt, solange ein Vielfaches von  $m_{AT}$  noch kleiner als die Lebensdauer des Stockrahmens  $m_{RA}$  ist:

$$LZK_{sr,AT}^{bar} = \sum_{i=0}^x \frac{1}{q^{i \cdot m_{AT}}} \cdot K_{sr,AT} = \left( \sum_{i=0}^x \frac{1}{q^{i \cdot m_{AT}}} \right) \cdot K_{sr,AT} \quad \text{mit } x \cdot m_{AT} < m_{RA} \quad (30)$$

Der Index  $i$  steht dabei für die Anzahl der Erneuerungen, der Faktor  $x$  für die maximale Anzahl an durchführbaren Erneuerungen.



Der Endwert der Errichtungskosten ergibt sich aus der Aufzinsung der Errichtungskosten jeder einzelnen Errichtung über die gesamte Lebensdauer. Somit werden zu den Errichtungskosten für die Ersterrichtung

$$LZK_{er,AT}^{end,0} = q^{m_{RA}} \cdot K_{er,AT} \quad (31)$$

noch die Endkosten für die während der Lebensdauer des Aluminiumfensters durchgeführten Neuerrichtungen der auswechselbaren Teile hinzugezählt. Diese werden über eine geringere Lebenszeit verzinst:

$$LZK_{er,AT}^{end,1} = q^{m_{RA}-1 \cdot m_{AT}} \cdot K_{er,AT} \quad (32)$$

$$LZK_{er,AT}^{end,2} = q^{m_{RA}-2 \cdot m_{AT}} \cdot K_{er,AT} \quad (33)$$

$$LZK_{er,AT}^{end,3} = q^{m_{RA}-3 \cdot m_{AT}} \cdot K_{er,AT} \quad (34)$$

usw. Dies wird durchgeführt, solange ein Vielfaches von  $m_{AT}$  noch kleiner als die Lebensdauer des Aluminiumfensters  $m_{RA}$  ist:

$$LZK_{er,AT}^{end} = \sum_{i=0}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}} \cdot K_{er,AT} = \left( \sum_{i=0}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}} \right) \cdot K_{er,AT} \quad (35)$$

mit  $x \cdot m_{AT} < m_{RA}$

Der Index  $i$  steht dabei für die Anzahl der Erneuerungen, der Faktor  $x$  für die maximale Anzahl an durchführbaren Erneuerungen.

Da die Errichtungskosten gleich bleiben, ändern sich auch die jährlichen Unterhaltungskosten nicht. Der Barwert ergibt sich wie für den Stockrahmen (das Aluminiumfenster) zu:

$$LZK_{U,AT}^{bar} = \frac{1}{q^{m_{RA}}} \cdot K_{JU,AT} \cdot \frac{q^{m_{RA}} - 1}{q - 1} = \frac{1}{q^{m_{RA}}} \cdot K_{er,AT} \cdot p_{AT} \cdot \frac{q^{m_{RA}} - 1}{q - 1} \quad (36)$$

Der Endwert ergibt sich wie für den Stockrahmen zu:

$$LZK_{U,AT}^{end} = K_{JU,AT} \cdot \frac{q^{m_{RA}} - 1}{q - 1} = K_{er,AT} \cdot p_{AT} \cdot \frac{q^{m_{RA}} - 1}{q - 1} \quad (37)$$

Die Abbaukosten für den Bauteil fallen genauso oft wie die Errichtungskosten an. Sie müssen nun auch abgezinst werden:

$$LZK_{A,AT}^{bar,1} = \frac{1}{q^{1 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{A,AT} \quad (38)$$

$$LZK_{A,AT}^{bar,2} = \frac{1}{q^{2 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{A,AT} \quad (39)$$

$$LZK_{A,AT}^{bar,3} = \frac{1}{q^{3 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{A,AT} \quad (40)$$

usw. Dies wird durchgeführt, solange ein Vielfaches von  $m_{AT}$  noch kleiner als die Lebensdauer des Aluminiumfensters  $m_{RA}$  ist. Dazu werden noch die abgezinsten Abbaukosten am Ende der Lebenszeit des Aluminiumfensters addiert:

$$LZK_{A,AT}^{bar} = \frac{1}{q^{m_{RA}}} \cdot K_{A,AT} + \sum_{i=1}^x \frac{1}{q^{i \cdot m_{AT}}} \cdot K_{A,AT} = \left( \frac{1}{q^{m_{RA}}} + \sum_{i=1}^x \frac{1}{q^{i \cdot m_{AT}}} \right) \cdot K_{A,AT} \quad (41)$$

mit  $x \cdot m_{AT} < m_{RA}$

Für die Endkosten der Abbruchkosten müssen die Abbruchkosten aufgezinst werden (ausgenommen für die Abbaukosten am Ende der Lebensdauer des Aluminiumfensters):

$$LZK_{A,AT}^{end,1} = q^{m_{RA}-1 \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} \quad (42)$$

$$LZK_{A,AT}^{end,2} = q^{m_{RA}-2 \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} \quad (43)$$

$$LZK_{A,AT}^{end,3} = q^{m_{RA}-3 \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} \quad (44)$$

usw. Dies wird durchgeführt, solange ein Vielfaches von  $m_{AT}$  noch kleiner als die Lebensdauer des Aluminiumfensters  $m_{RA}$  ist. Dazu werden noch die nicht verzinsten Abbaukosten am Ende der Lebenszeit des Aluminiumfensters addiert:

$$LZK_{A,AT}^{end} = K_{A,AT} + \sum_{i=1}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} = \left(1 + \sum_{i=1}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}}\right) \cdot K_{A,AT} \quad (45)$$

mit  $x \cdot m_{AT} < m_{RA}$

Der Index  $i$  steht dabei für die Anzahl der Erneuerungen, der Faktor  $x$  für die maximale Anzahl an durchführbaren Erneuerungen.

Der Barwert kann nun wiederum aus der Abzinsung der Endkosten auf den Beginn der Lebensdauer errechnet werden:

$$LZK_{A,AT}^{bar} = \frac{1}{q^{m_{RA}}} \cdot \left(1 + \sum_{i=1}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}}\right) \cdot K_{A,AT} \quad \text{mit } x \cdot m_{AT} < m_{RA} \quad (46)$$

Folgende Abbildungen zeigen den verzinsten Kostenverlauf (Endwertmethode) für die einzelnen Kostenarten (Abb. 13) eines auswechselbaren Teiles (Lebensdauer: 25 Jahre) sowie die aufsummierten Kosten dieses Teiles (Abb. 14).

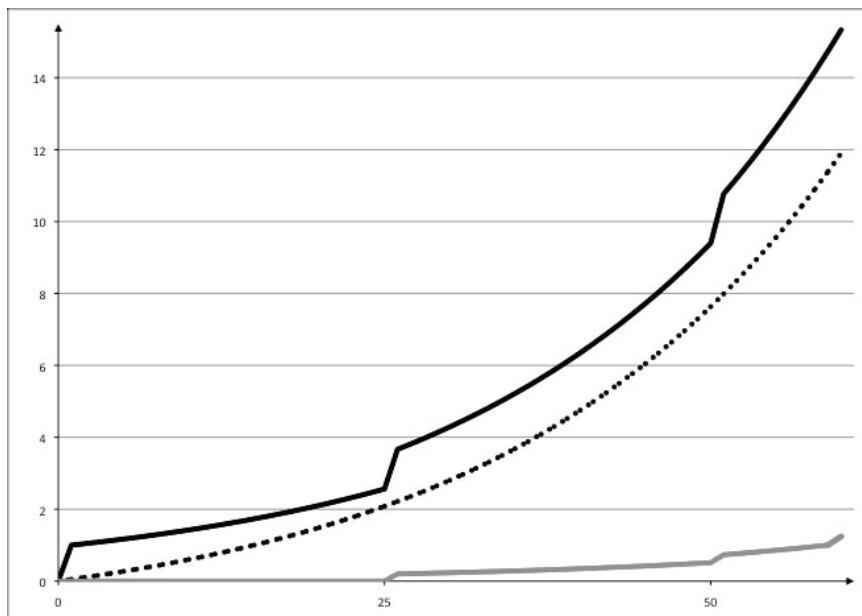


Abb. 13: Bauteile: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (verzinst)

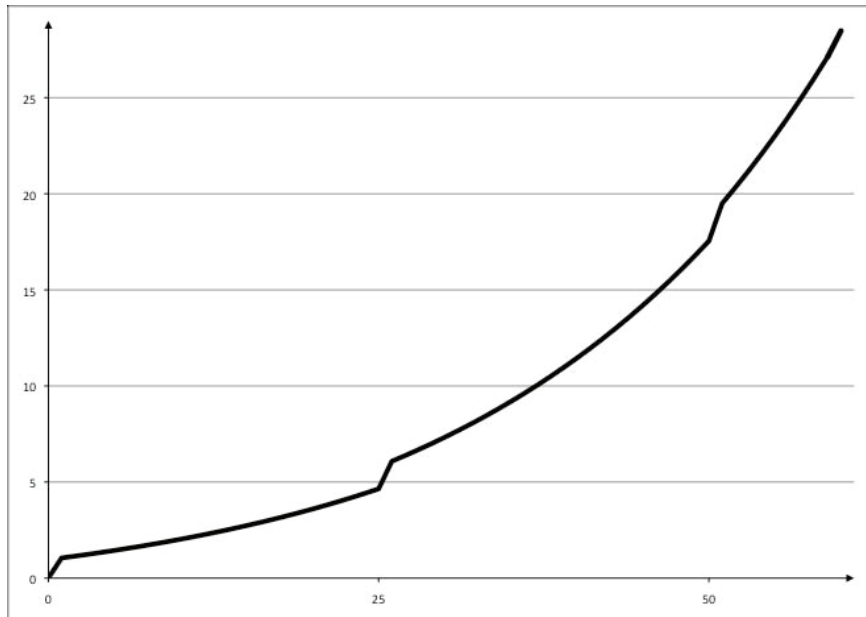


Abb. 14: Bauteile: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (verzinst)

Beispiel: Auswechselbare Teile

Annahmen:

Für diese gilt eine Lebensdauer von 25 Jahren. Der Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten wird mit 5,0 % angesetzt und der Zinssatz ist mit 4 % festgelegt. Somit ist  $m_{AT} = 25$ ,  $p_{AT} = 0,05$  und  $z = 0,04$ . Die Lebensdauer des Aluminiumfensters ist – wie zuvor angeführt – 60 Jahre. Somit ist  $m_{RA} = 60$ . Dieser Bauteil wird also einmal errichtet und zweimal (nach 25 und 50 Jahren) erneuert. Es ergibt sich  $n = 2$ . Somit fallen Verzinsungsperioden von 60, 35 und 10 Jahren an.

Für die Verwaltungskosten werden 10 % und für die Abbruchkosten 20 % der Errichtungskosten angesetzt. Als Eingangswert für die Berechnung dienen die reinen Baukosten des auswechselbaren Teiles  $K_{B,AT}$ .

Die Endwert- und Barwertkosten ergeben sich zu:

Errichtungskosten:

$$LZK_{er,AT}^{bar} = \left(1 + \frac{1}{1,04^{25}} + \frac{1}{1,04^{50}}\right) \cdot 1,1 \cdot K_{B,AT} \quad (47)$$

$$LZK_{er,AT}^{bar} = 1,67 \cdot K_{B,AT}$$

$$LZK_{er,AT}^{end} = (1,04^{60} + 1,04^{35} + 1,04^{10}) \cdot 1,1 \cdot K_{B,AT} \quad (48)$$

$$LZK_{er,AT}^{end} = 17,54 \cdot K_{B,AT}$$

Unterhaltungskosten:

$$LZK_{U,AT}^{bar} = \frac{1}{1,04^{60}} \cdot 1,1 \cdot K_{B,AT} \cdot 0,05 \cdot \frac{1,04^{60} - 1}{1,04 - 1} \quad (49)$$

$$LZK_{U,AT}^{\text{bar}} = 1,24 \cdot K_{B,AT}$$

$$LZK_{U,AT}^{\text{end}} = 1,1 \cdot K_{B,AT} \cdot 0,05 \cdot \frac{1,04^{60} - 1}{1,04 - 1} = 13,09 \cdot K_{B,AT} \quad (50)$$

Abbruchkosten:

$$LZK_{A,AT}^{\text{bar}} = \left( \frac{1}{1,04^{60}} + \frac{1}{1,04^{25}} + \frac{1}{1,04^{50}} \right) \cdot 0,20 \cdot K_{B,AT} = 0,12 \cdot K_{B,AT} \quad (51)$$

$$LZK_{A,AT}^{\text{end}} = (1 + 1,04^{35} + 1,04^{10}) \cdot 0,20 \cdot K_{B,AT} \quad (52)$$

$$LZK_{A,AT}^{\text{end}} = 1,29 \cdot K_{B,AT}$$

Summe:

$$LZK_{AT}^{\text{bar}} = LZK_{er,AT}^{\text{bar}} + LZK_{U,AT}^{\text{bar}} + LZK_{A,AT}^{\text{bar}} = 3,03 \cdot K_{B,AT} \quad (53)$$

$$LZK_{AT}^{\text{end}} = LZK_{er,AT}^{\text{end}} + LZK_{U,AT}^{\text{end}} + LZK_{A,AT}^{\text{end}} = 31,92 \cdot K_{B,AT} \quad (54)$$

Erläuterung:

Die Lebenszykluskosten der auswechselbaren Teile betragen zum Zeitpunkt der Errichtung betrachtet (Barwert) das 3,03-fache der reinen Errichtungskosten. Zum Zeitpunkt des Lebensendes betrachtet (Endwert) betragen die Lebenszykluskosten das 31,92-fache der ursprünglichen Errichtungskosten.

**Beispiel: Gegenüberstellung der Lebenszykluskosten des Stockrahmens mit jenen eines auswechselbaren Teiles:**

	Stockrahmen		Auswechselbares Teil	
	Barwert	Endwert	Barwert	Endwert
$LZK_{er}$	$1,10 \cdot K_{B,RA}$	$11,57 \cdot K_{B,RA}$	$1,67 \cdot K_{B,AT}$	$17,54 \cdot K_{B,AT}$
$LZK_U$	$0,20 \cdot K_{B,RA}$	$2,09 \cdot K_{B,RA}$	$1,24 \cdot K_{B,AT}$	$13,09 \cdot K_{B,AT}$
$LZK_A$	$0,02 \cdot K_{B,RA}$	$0,20 \cdot K_{B,RA}$	$0,12 \cdot K_{B,AT}$	$1,29 \cdot K_{B,AT}$
$LZK$	$1,32 \cdot K_{B,RA}$	$13,87 \cdot K_{B,RA}$	$3,03 \cdot K_{B,AT}$	$31,92 \cdot K_{B,AT}$

## 4.5 Beispiele aus dem kommunalen Wohnbau

In diesem Kapitel wird der Verlauf der Kosten von drei Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Aluminium dargestellt. Bei den ausgewählten Fensterkonstruktionen handelt es sich im Hinblick auf die Abmessungen um Standardfenster, welche im kommunalen Wohnbau zum Einsatz kommen.

Basis der Darstellung der jeweiligen Lebenszykluskosten sind die Durchschnittspreise einer Recherche der TU Wien für 500 Stück Fenster für ein fiktives Projekt im Wiener kommunalen Wohnbau. Die

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen fußen demnach auf marktüblichen Rahmenbedingungen. Die diesbezüglichen Ausschreibungsunterlagen der TU Wien finden sich in Kap. 8.2 Anhang B<sup>29</sup>.

Die je nach Fensterkonstruktion für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angesetzten Lebensdauern der einzelnen Bauteile resultieren zum einen aus publizierten Lebensdauern (vgl. Kap. 2.7) und zum anderen aus den Laborprüfungen (siehe Kap. 8.3 Anhang C).

#### Einschub: Herleitung Zusammenhang zwischen Prüfzyklen und Nutzerverhalten

Aus dem Grund, dass die ÖNORMEN EN 1191:2000, EN 12207:2000 und EN 12208:2000 keine Vorgaben betreffend erforderliche Prüfzyklen enthalten, und darüber hinaus auch keine Angaben zur Umrechnung von Prüfzyklen in Nutzerzyklen angeführt sind, wird anhand einer einfachen Herleitung die durchschnittlichen Nutzerzyklen für eine Musterwohnung ermittelt.

Die Musterwohnung setzt sich aus folgenden Fensterkonstruktionen zusammen:

- 1 Stück Balkontüre einflügelig und
- 5 Stück Fenster einflügelig

Das vereinfachte Nutzerverhalten sieht vor, dass ein Stück Balkontüre einflügelig, und drei Stück Fenster einflügelig täglich vier Mal (unabhängig ob Sommer oder Winter) einen vollen Prüfzyklus erfahren. Die übrigen Fenster bleiben geschlossen.

Daraus ergibt sich folgende Anzahl an Nutzerzyklen je Tag:

$$4 \text{ Fensterkonstruktionen} \times 4 \text{ Prüfzyklen je Tag} = 16 \text{ Nutzerzyklen/Tag.}$$

Durch Multiplikation mit 365,25 Tage pro Jahr ergeben sich die Nutzerzyklen je Jahr zu:

$$16 \text{ Nutzerzyklen/Tag} \times 365,25 \text{ Tage} = 5.844 \text{ Nutzerzyklen/Jahr.}$$

Umgelegt auf alle 8 Fensterkonstruktionen der Standardwohnung erhält man folgende durchschnittliche Anzahl an Nutzerzyklen je Fensterkonstruktion und Jahr:

$$5.844 \text{ Nutzerzyklen/Jahr} : 8 \text{ Fensterkonstruktionen} = 730,5 \text{ Nutzerzyklen/Fenster/Jahr.}$$

Das bedeutet, müsste beispielsweise eine Fensterkonstruktion nach 2.500 Prüfzyklen im Zuge der Laborprüfung nachgestellt werden (vgl. Kap. 8.3 Anhang C), entspricht dies einer Nutzungsdauer von 3,42 Jahren (= 2.500 Prüfzyklen : 730,5 Nutzerzyklen/Fenster/Jahr) bzw. nach 30.000 Prüfzyklen einer Nutzungsdauer von 41,07 Jahren (= 30.000 Prüfzyklen : 730,5 Nutzerzyklen/Fenster/Jahr) (siehe auch Kap. 2.7).

---

<sup>29</sup> Recyclingkosten bzw. Erlöse aus Recycling wurden in der Berechnung der Lebenszykluskosten nicht berücksichtigt, da die daraus resultierenden Kosten bzw. Erlöse über den langen Betrachtungszeitraum von untergeordneter Bedeutung sind. Anzumerken ist an dieser Stelle jedoch, dass beim Recycling des hochwertigen Werkstoffes Aluminium die höchsten Erlöse erzielt werden (Stand 06/2009: i.M. 0,80 €/kg).

### 4.5.1 Aluminium-Fenster einflügelig

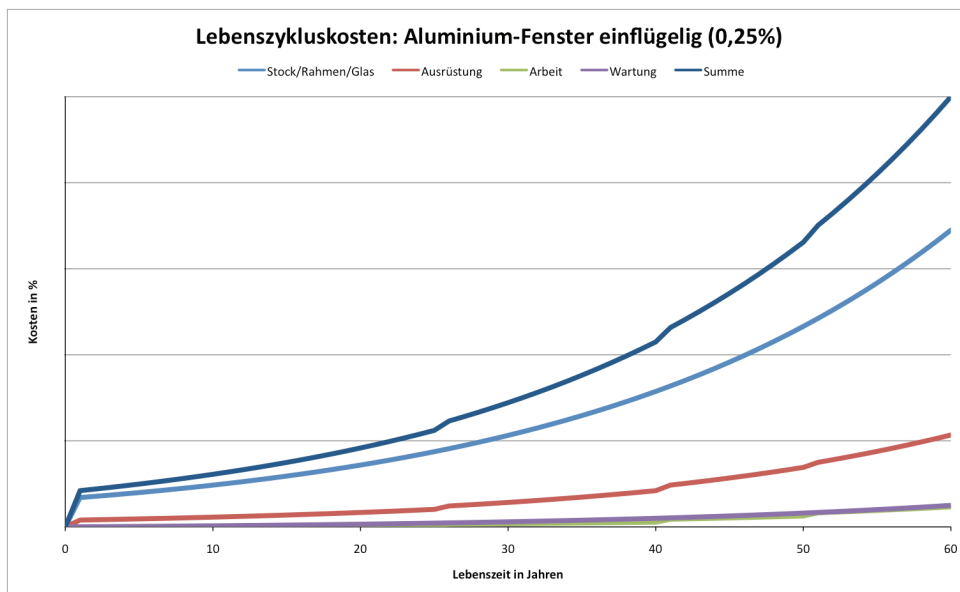
Produktdaten: Fenster einflügelig (DK) mit fixverglaster Unterlichte (DK-Flügel: h = 1500 mm, b = 1100 mm; Fixverglasung: h = 500 mm): Verglasung 4/14/4/14/4; PSI=0.05; Ug=0.6

Als erstes Beispiel wird ein einflügeliges Aluminium-Fenster mit einer Stocklebensdauer von 60 Jahren herangezogen. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 8). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer von 60 Jahren. Die Wartung ist jährlich mit 0,25 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	60
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

**Tab. 8: Aluminium-Fenster einflügelig: Lebensdauer**

Der Verlauf der Lebenszykluskosten in Abb. 15 dargestellt.



**Abb. 15: Aluminium-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt<sup>30</sup>**

### 4.5.2 Aluminium-Balkontür einflügelig

Produktdaten: Balkontüre einflügelig (b = 1000 mm, h = 2500 mm): Verglasung 6/12/4/12/6; PSI=0.05; Ug=0.7

In diesem Kapitel wird eine einflügelige Aluminium-Balkontür mit einer Stocklebensdauer von 60 Jahren herangezogen. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 9). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster

<sup>30</sup> Unter dem Begriff „Ausrüstung“ sind der Griff, die Beschläge und Dichtungen zusammengefasst.

nach Ablauf der Lebensdauer von 60 Jahren. Die Wartung ist jährlich mit 0,25 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	60
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 9: Aluminium-Balkontür: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten in Abb. 16 dargestellt.

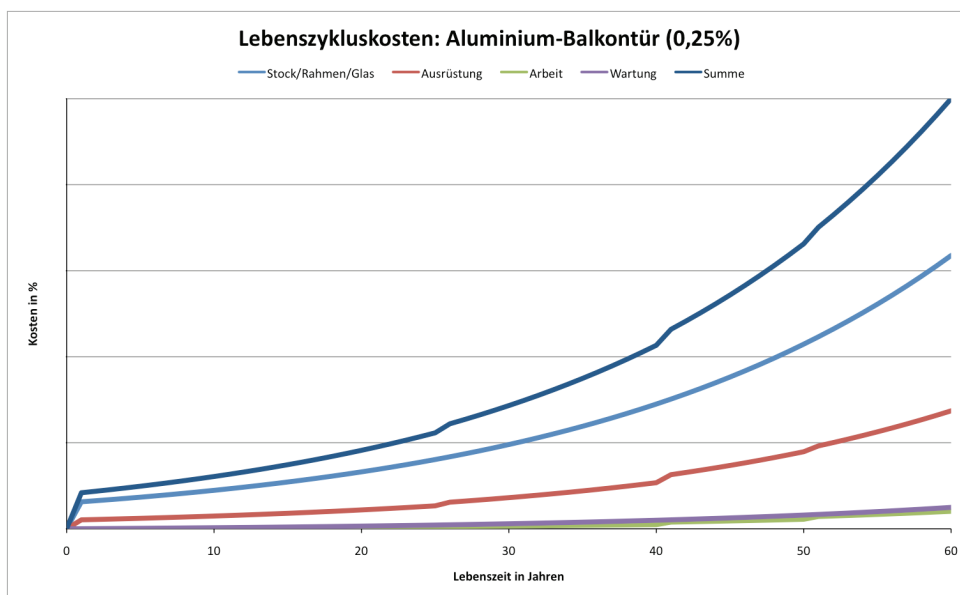


Abb. 16: Aluminium-Balkontür einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

### 4.5.3 Aluminium-Fenster zweiflügelig

Produktdaten: Fenster zweiflügelig (h = 1480 mm, b = 1800 mm): Verglasung 4/12/4/12/4; PSI=0.06; Ug=0.6

In diesem Kapitel wird ein zweiflügeliges Aluminium-Fenster mit einer Stocklebensdauer von 60 Jahren herangezogen. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 10). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer von 60 Jahren. Die Wartung ist jährlich mit 0,25 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	60
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 10: Aluminium-Fenster zweiflügelig: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 17 dargestellt.

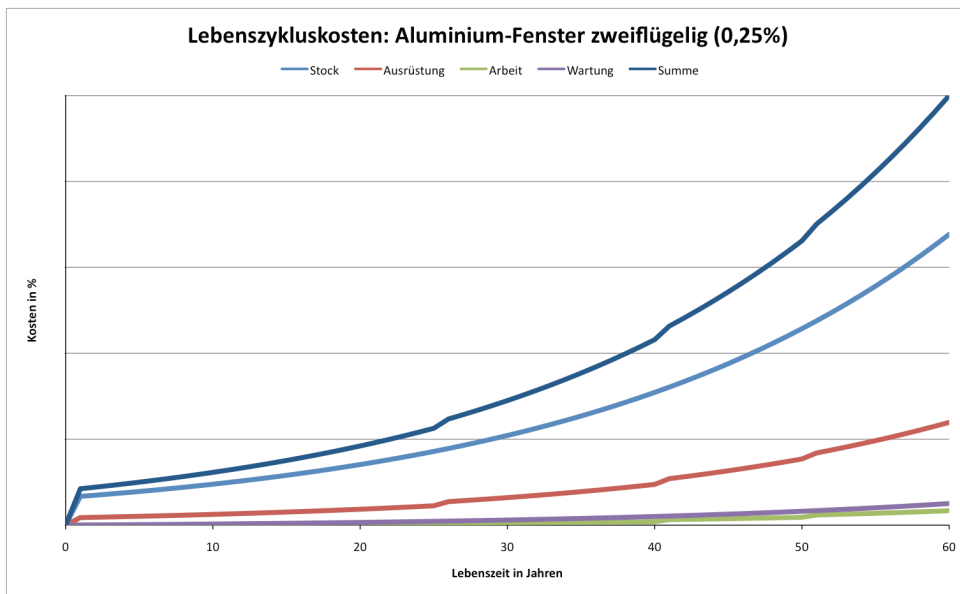


Abb. 17: Aluminium-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

#### 4.6 Vergleich Kosten Aluminium-Fenster einflügelig – Andere

In diesem Kapitel werden die Lebenszykluskosten des „Aluminium-Fensters einflügelig“ jenen der einflügeligen Fensterkonstruktion der Rahmenwerkstoffe Holz, Holz/Alu und Kunststoff gegenübergestellt.

##### 4.6.1 Holz-Fenster einflügelig

Ein einflügeliges Holz-Fenster wird mit dem einflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 40 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 11). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer des Aluminium-Fensters von 60 Jahren. In dieser Zeit muss das Holz-Fenster einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 2,5 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	40
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 11: Holz-Fenster einflügelig: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 18 dargestellt.



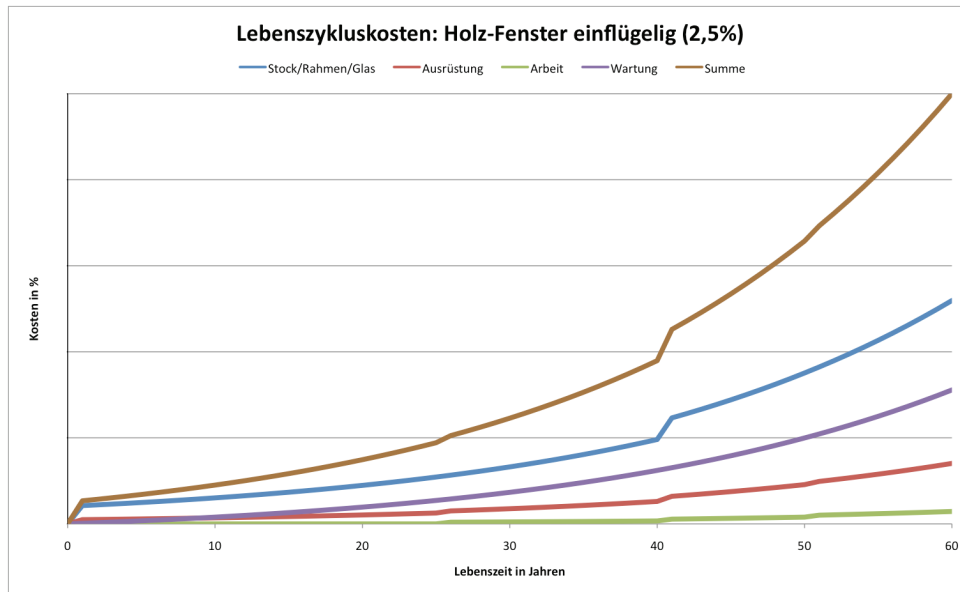


Abb. 18: Holz-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das Aluminium-Fenster über die ganze Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als das Holz-Fenster aufweist (siehe Abb. 19).

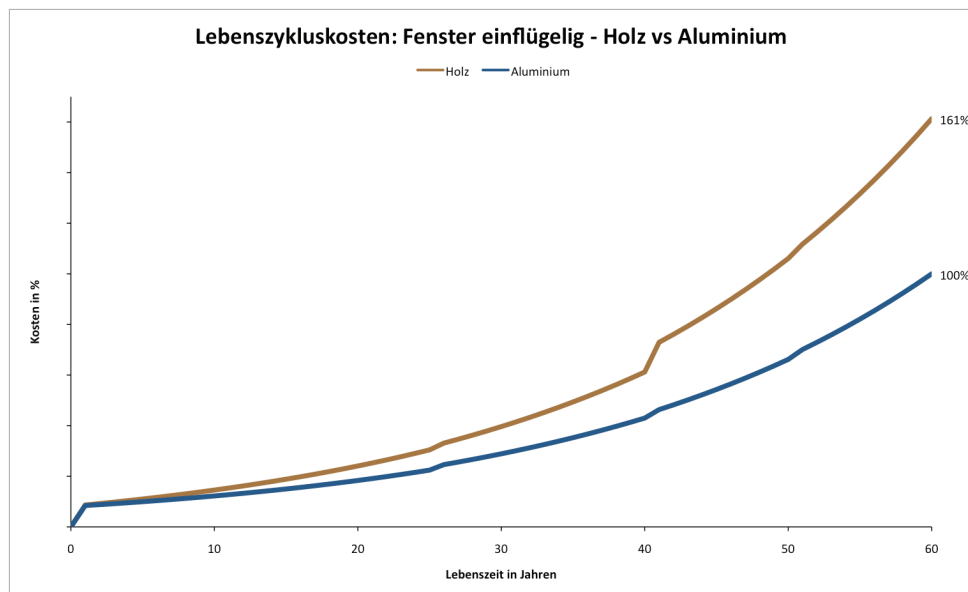


Abb. 19: Lebenszykluskosten: Holz-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 4.6.2 Holz/Alu-Fenster einflügelig

Ein einflügeliges Holz/Alu-Fenster wird mit dem einflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 50 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 12). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer des Aluminium-Fensters von 60 Jahren. In

dieser Zeit muss das Holz/Alu-Fenster einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 1,0 %<sup>31</sup> des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	50
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 12: Holz/Alu-Fenster einflügelig: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 20 dargestellt.

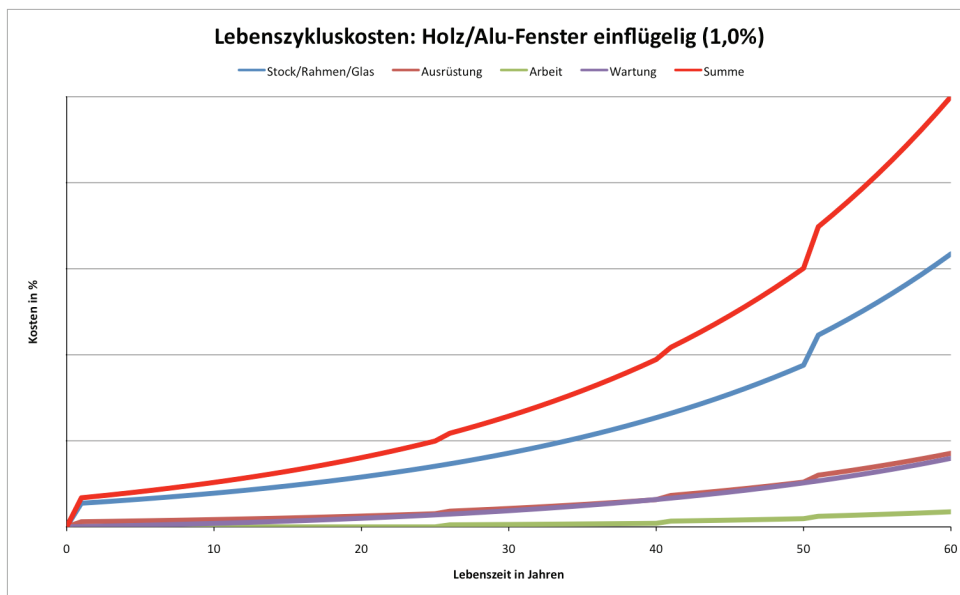


Abb. 20: Holz/Alu-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das Aluminium-Fenster über die ganze Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als das Holz/Alu-Fenster aufweist (siehe Abb. 21).

<sup>31</sup> Der gegenüber dem Aluminiumfenster erhöhte Wartungsaufwand resultiert aus der Wartung der raumseitigen Holzteile (z. B. Kondenswasserbildung).

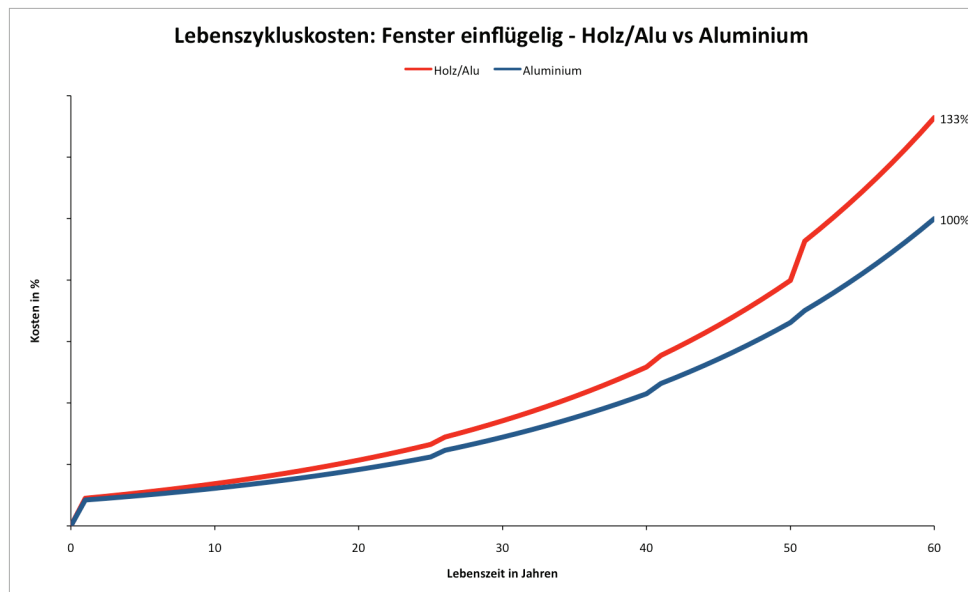


Abb. 21: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Fenster vs. Aluminium-Fenster

### 4.6.3 Kunststoff-Fenster einflügelig

Ein einflügeliges Kunststoff-Fenster wird mit dem einflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 25 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 25 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 13). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer des Aluminium-Fensters von 60 Jahren. In dieser Zeit muss das Kunststoff-Fenster einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 2,5 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	25
Griff + Beschläge:	25
Dichtungen:	25

Tab. 13: Kunststoff-Fenster einflügelig: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 22 dargestellt.

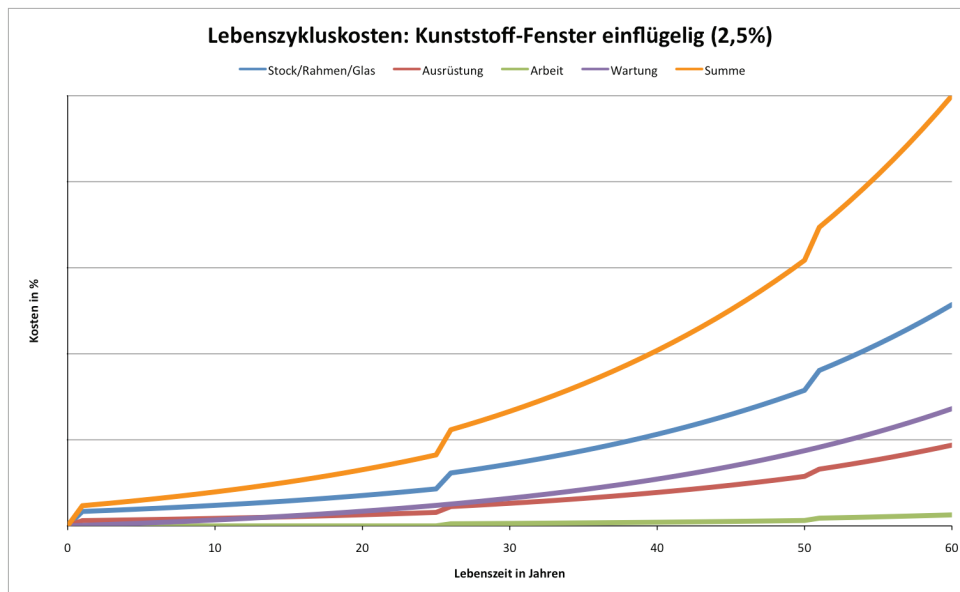


Abb. 22: Kunststoff-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 26 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das Kunststoff-Fenster aufweist (siehe Abb. 23).

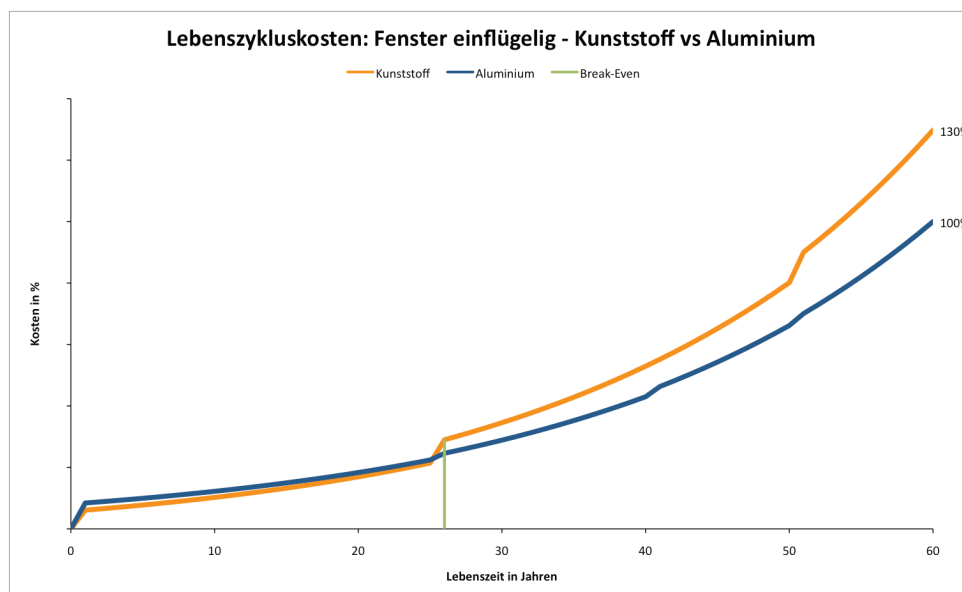


Abb. 23: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 4.6.4 Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster – Andere

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

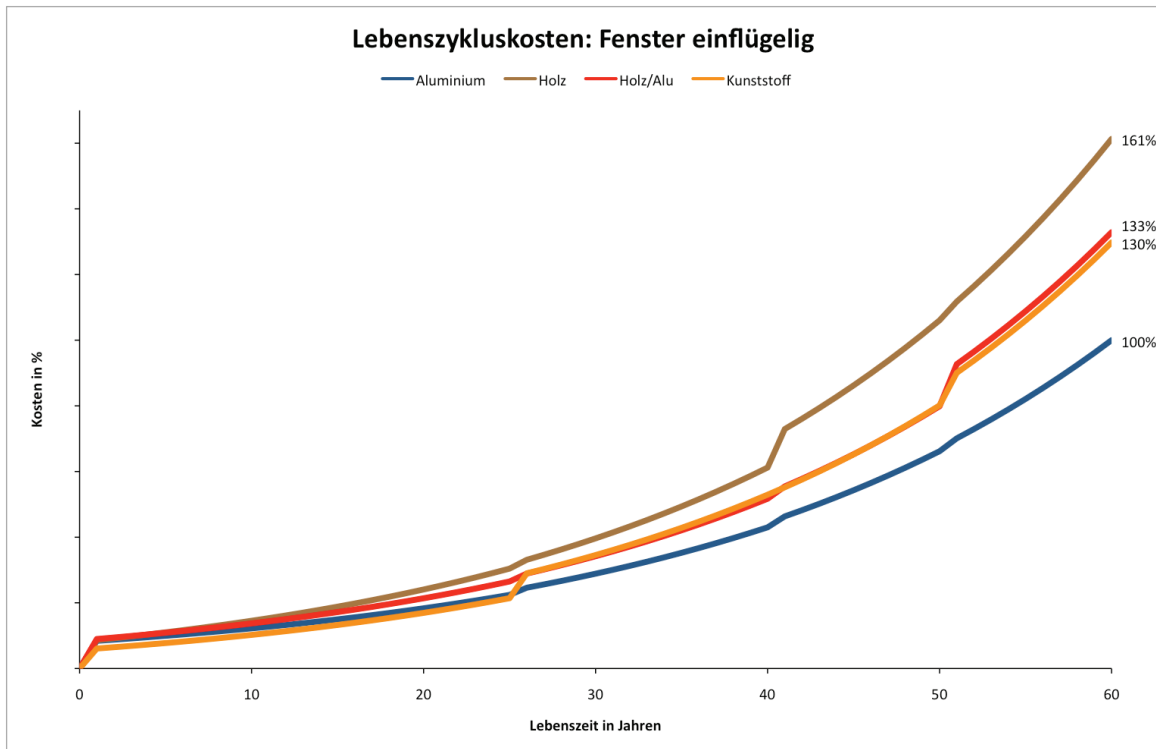


Abb. 24: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe

Dabei ist zu sehen, dass das Aluminium-Fenster gegenüber dem Holz- als auch dem Holz/Alu-Fenster über die gesamte Lebensdauer niedrigere Kosten verursacht. Nach 26 Jahren weist dieses auch geringere Lebenszykluskosten als das Kunststoff-Fenster auf.

#### 4.7 Vergleich Kosten Aluminium-Balkontür – Andere

In diesem Kapitel werden die Lebenszykluskosten der „Aluminium-Balkontüre“ jenen der Balkontürkonstruktion der Rahmenwerkstoffe Holz, Holz/Alu und Kunststoff gegenübergestellt.

##### 4.7.1 Holz-Balkontür

Eine einflügelige Holz-Balkontür wird mit der einflügeligen Aluminium-Balkontür verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 40 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 14). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird die Balkontür nach Ablauf der Lebensdauer der Aluminium-Balkontür von 60 Jahren. In dieser Zeit muss die Holz-Balkontür einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 2,5 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	40
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 14: Holz-Balkontür: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 25 dargestellt.

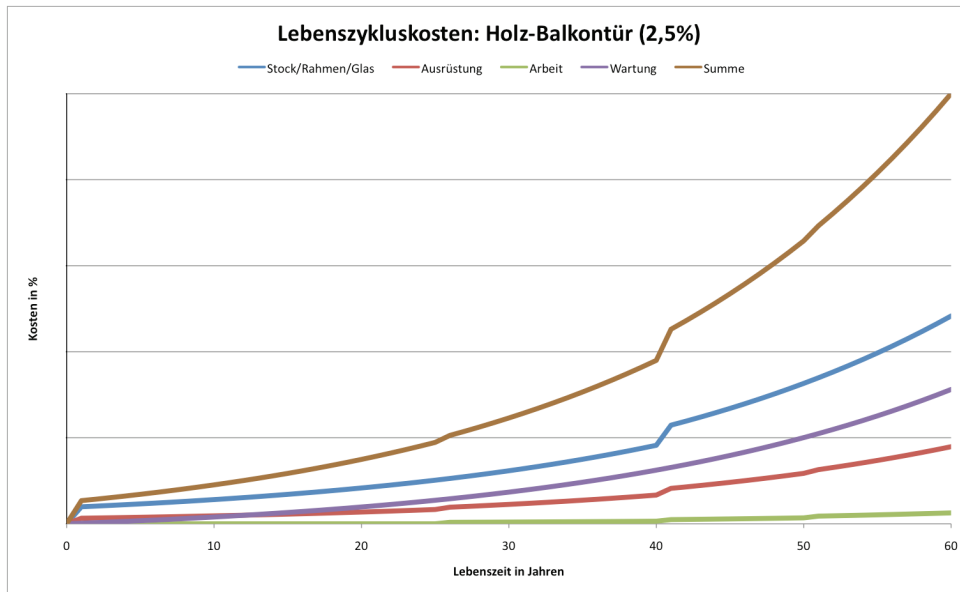


Abb. 25: Holz-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür über die ganze Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als die Holz-Balkontür aufweist (siehe Abb. 26).

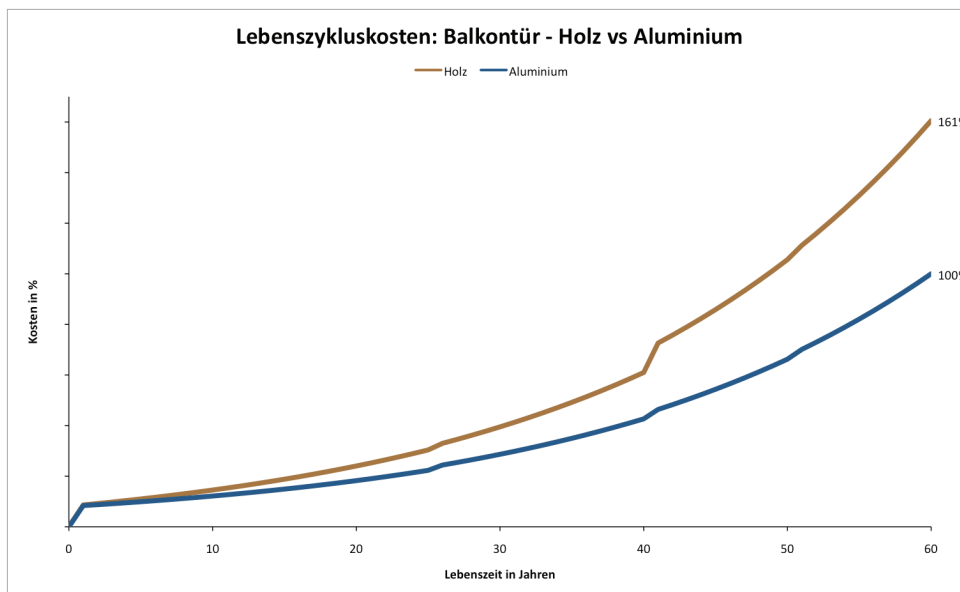


Abb. 26: Lebenszykluskosten: Holz-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

### 4.7.2 Holz/Alu-Balkontür

Eine einflügelige Holz/Alu-Balkontür wird mit der einflügeligen Aluminium-Balkontür verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 50 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 15). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird die Balkontür nach Ablauf der Lebensdauer der Aluminium-Balkontür von 60 Jahren. In

dieser Zeit muss die Holz/Alu-Balkontür einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 1,0 %<sup>32</sup> des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	50
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 15: Holz/Alu-Balkontür: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 27 dargestellt.

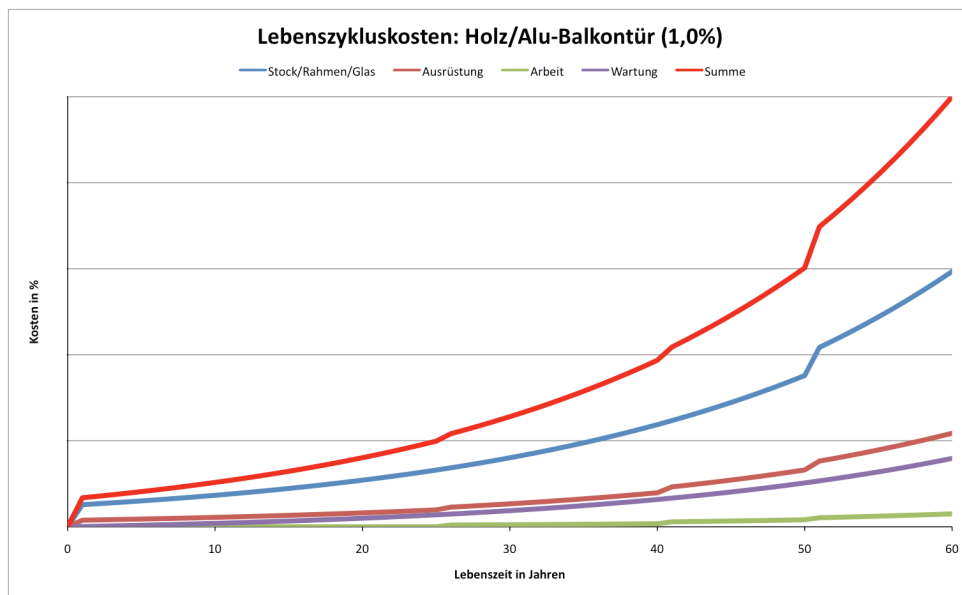


Abb. 27: Holz/Alu-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür über die ganze Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als die Holz/Alu-Balkontür aufweist (siehe Abb. 28).

<sup>32</sup> Der gegenüber dem Aluminiumfenster erhöhte Wartungsaufwand resultiert aus der raumseitigen Wartung der Holzteile (z. B. Kondenswasserbildung).

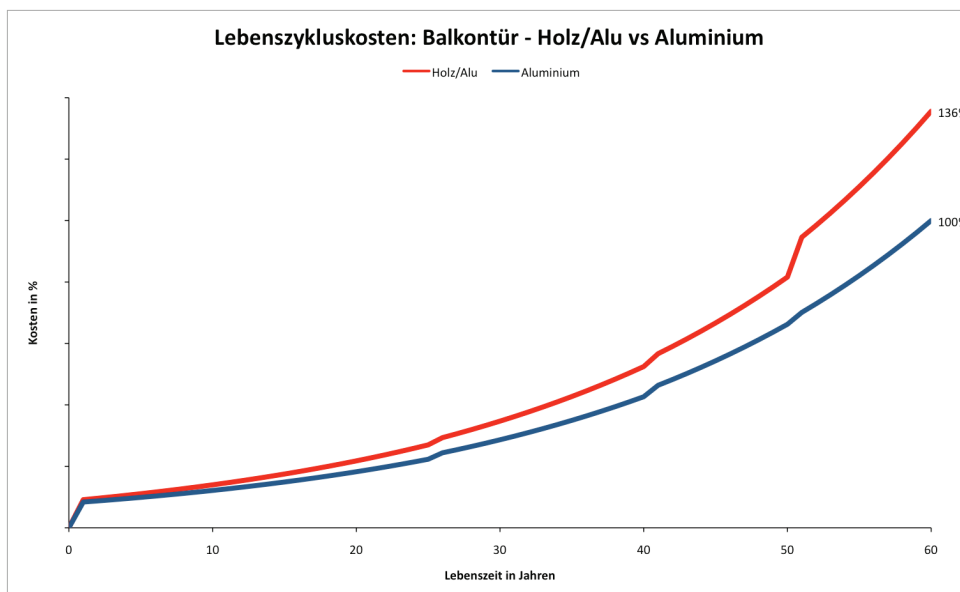


Abb. 28: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

### 4.7.3 Kunststoff-Balkontür

Eine einflügelige Kunststoff-Balkontür wird mit der einflügeligen Aluminium-Balkontür verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 25 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 25 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 16). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird die Balkontür nach Ablauf der Lebensdauer der Aluminium-Balkontür von 60 Jahren. In dieser Zeit muss die Kunststoff-Balkontür einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 2,5 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	25
Griff + Beschläge:	25
Dichtungen:	25

Tab. 16: Kunststoff-Balkontür: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 29 dargestellt.



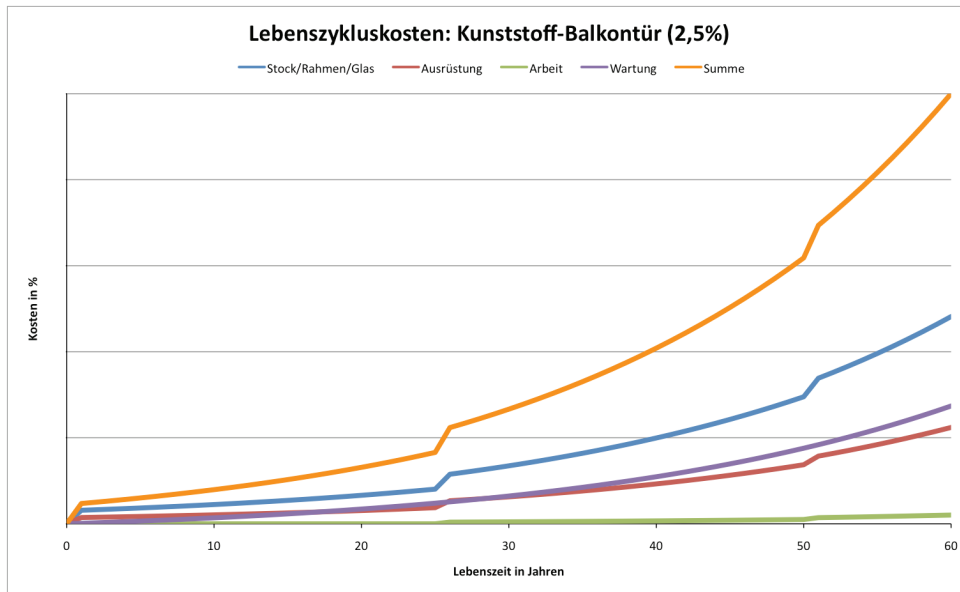


Abb. 29: Kunststoff-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür trotz des höheren Grundpreises nach 17 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als die Kunststoff-Balkontür aufweist (siehe Abb. 30).

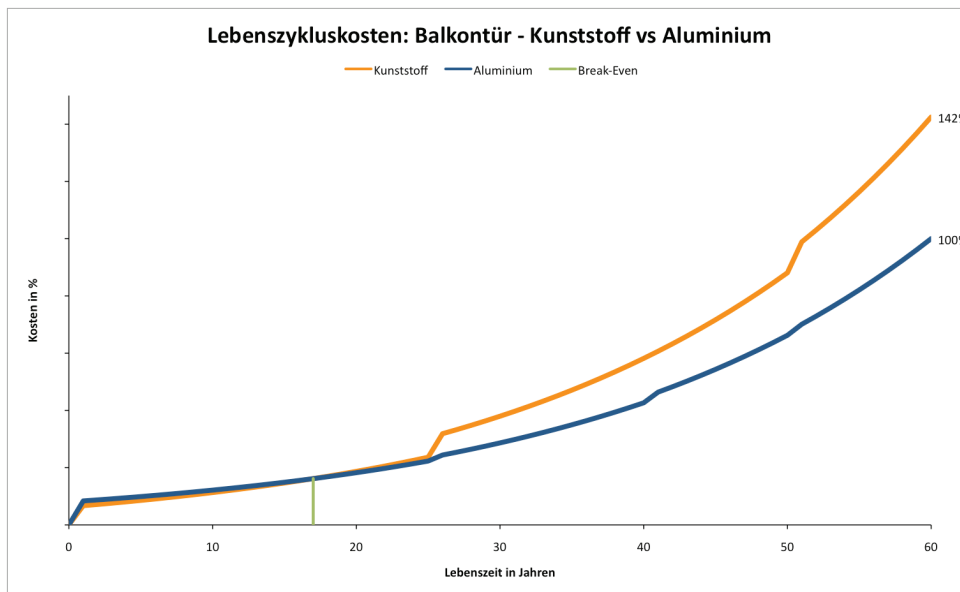


Abb. 30: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

#### 4.7.4 Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Balkontür – Andere

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

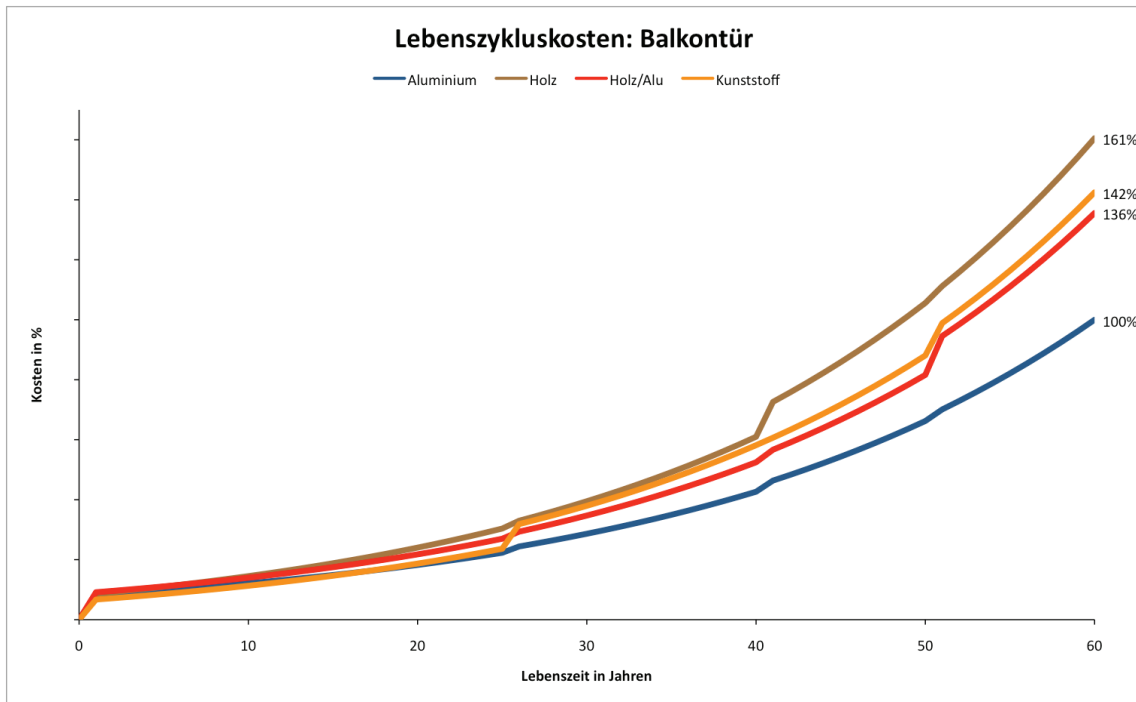


Abb. 31: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe

Dabei ist zu sehen, dass die Aluminium-Balkontür gegenüber der Holz- als auch der Holz/Alu-Balkontür über die gesamte Lebensdauer niedrigere Kosten verursacht. Nach 26 Jahren weist diese auch geringere Lebenszykluskosten als die Kunststoff-Balkontür auf.

### 4.8 Vergleich Kosten Aluminium-Fenster zweiflügelig – Andere

In diesem Kapitel werden die Lebenszykluskosten des „Aluminium-Fenster zweiflügelig“ jenen der zweiflügeligen Fenster der Rahmenwerkstoffe Holz, Holz/Alu und Kunststoff gegenübergestellt.

#### 4.8.1 Holz-Fenster zweiflügelig

Ein zweiflügeliges Holz-Fenster wird mit dem zweiflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 40 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 17). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer des zweiflügeligen Aluminium-Fensters von 60 Jahren. In dieser Zeit muss das zweiflügelige Holz-Fenster einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 2,5 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	40
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 17: Holz-Fenster zweiflügelig: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 32 dargestellt.

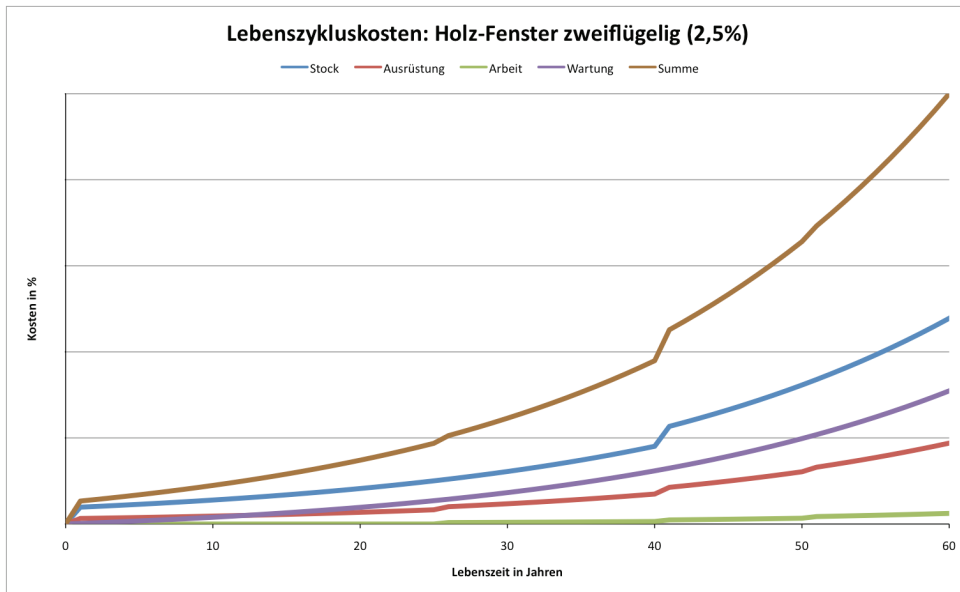


Abb. 32: Holz-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 11 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das zweiflügelige Holz-Fenster aufweist (siehe Abb. 33).

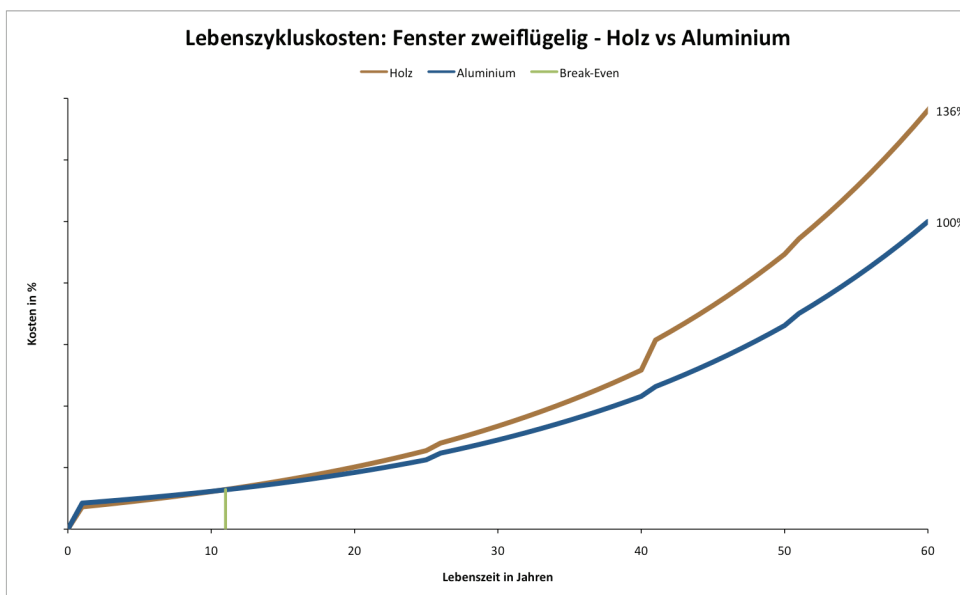


Abb. 33: Lebenszykluskosten: Holz-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

### 4.8.2 Holz/Alu-Fenster zweiflügelig

Ein zweiflügeliges Holz/Alu-Fenster wird mit dem zweiflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 50 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 18). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer des zweiflügeligen Aluminium-Fensters von

60 Jahren. In dieser Zeit muss das zweiflügelige Holz/Alu-Fenster einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 1,0 %<sup>33</sup> des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	50
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	25

Tab. 18: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 34 dargestellt.

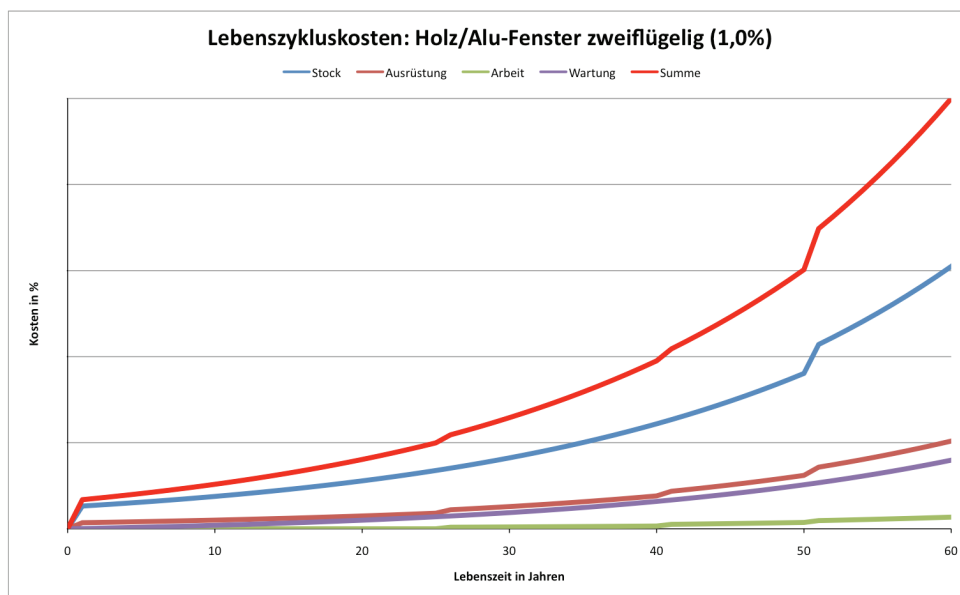


Abb. 34: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 3 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das zweiflügelige Holz/Alu-Fenster aufweist (siehe Abb. 35).

<sup>33</sup> Der gegenüber dem Aluminiumfenster erhöhte Wartungsaufwand resultiert aus der raumseitigen Wartung der Holzteile (z. B. Kondenswasserbildung).

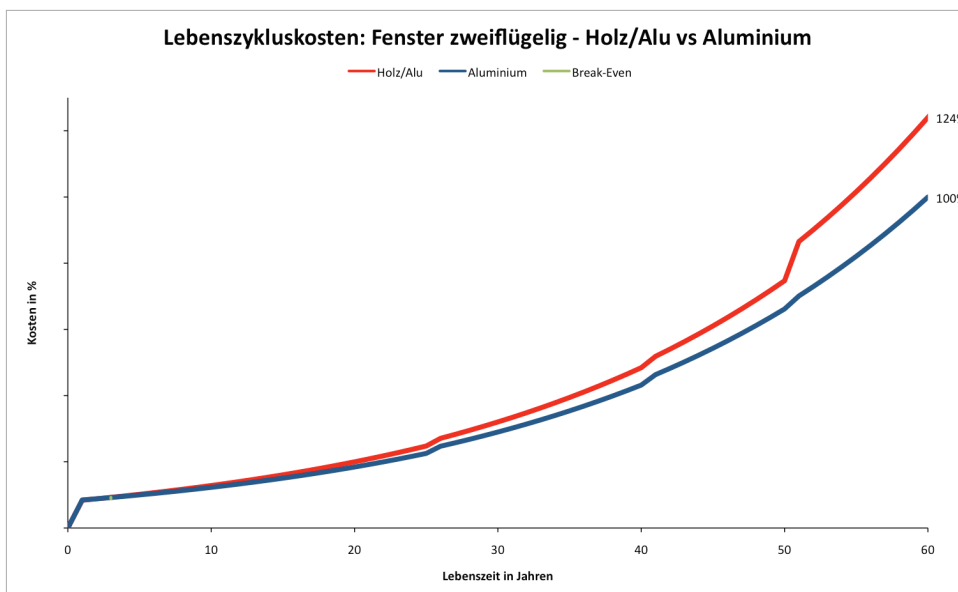


Abb. 35: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

### 4.8.3 Kunststoff-Fenster zweiflügelig

Ein zweiflügeliges Kunststoff-Fenster wird mit dem zweiflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 25 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 25 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 19). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet wird das Fenster nach Ablauf der Lebensdauer des zweiflügeligen Aluminium-Fensters von 60 Jahren. In dieser Zeit muss das zweiflügelige Kunststoff-Fenster einmal ersetzt werden. Die Wartung ist jährlich mit 2,5 % des Kaufpreises angesetzt.

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	25
Griff + Beschläge:	25
Dichtungen:	25

Tab. 19: Kunststoff-Fenster zweiflügelig: Lebensdauer

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 36 dargestellt.

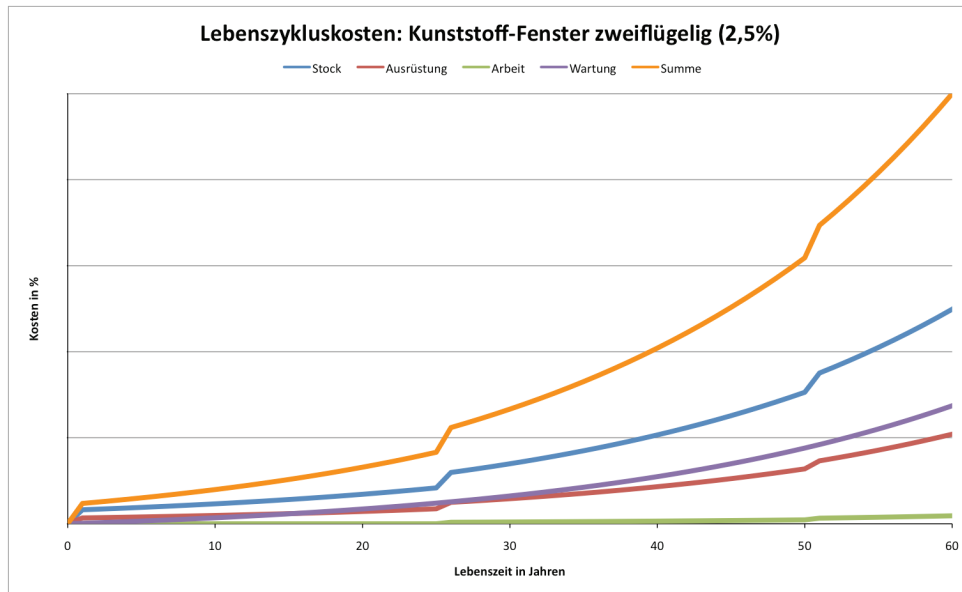


Abb. 36: Kunststoff-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 26 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das zweiflügelige Kunststoff-Fenster aufweist (siehe Abb. 37).

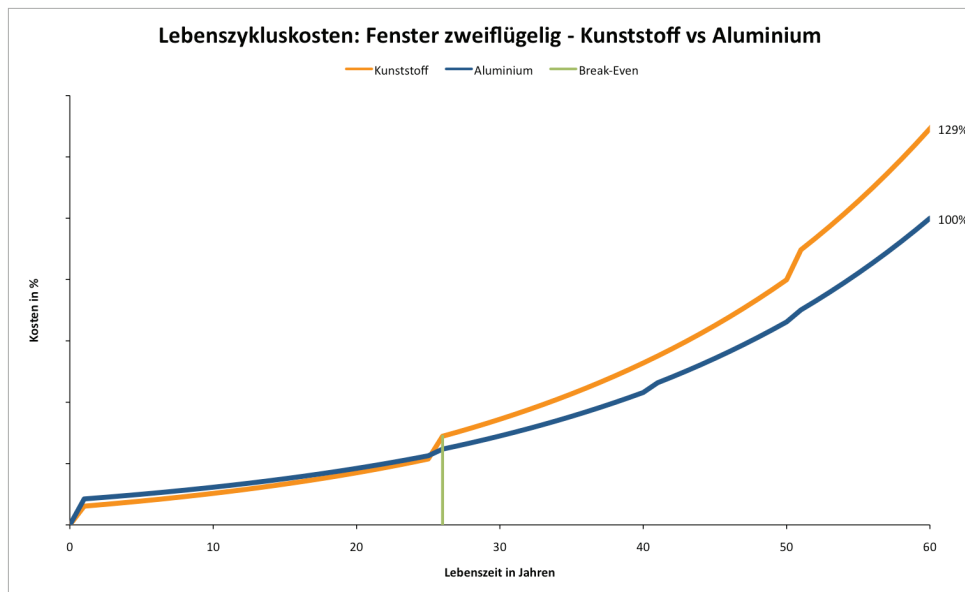


Abb. 37: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 4.8.4 Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster zweiflügelig – Andere

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

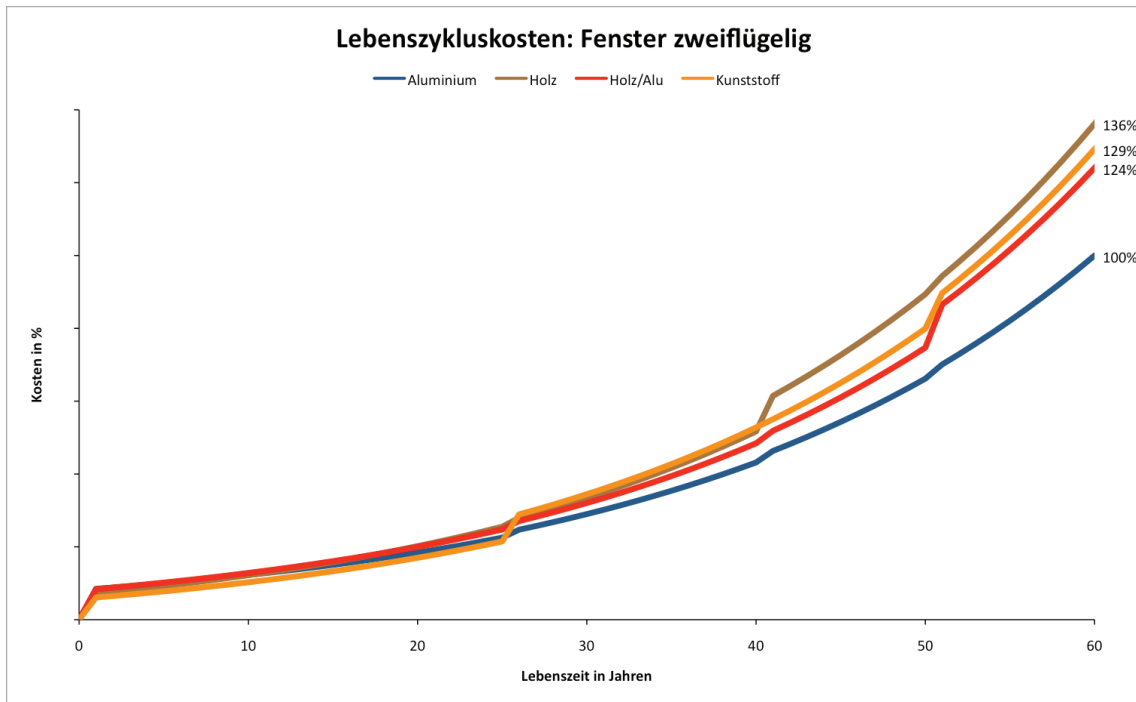


Abb. 38: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe

Dabei ist zu sehen, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster den höchsten Grundpreis hat. Trotzdem weist es nach 3 Jahren geringere Kosten als das zweiflügelige Holz/Alu-Fenster, nach 11 Jahren geringere Kosten als das zweiflügelige Holz-Fenster und nach 26 Jahren geringere Kosten als das zweiflügelige Kunststoff-Fenster auf.

#### 4.9 Zusammenfassung Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ermittelten Ergebnisse für die betrachteten Fensterkonstruktionen aus den Rahmenwerkstoffen Aluminium, Holz/Alu, Holz und Kunststoff werden nachfolgend zusammenfassend angeführt.

Die Ausgangslage der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bilden zum einen die Eingangswerte (Kosten) der Fensterkonstruktionen der unterschiedlichen Rahmenwerkstoffe. Diese setzen sich aus den Komponenten Stock, Rahmen und Glas, Griff und Beschläge sowie Dichtungen zusammen. Für die betrachteten Rahmenwerkstoffe, unterteilt in die Fensterkonstruktionen Fenster einflügelig, Balkontür und Fenster zweiflügelig, ergeben sich folgende Vergleichswerte bezüglich der Anschaffungskosten und der Lebenszykluskosten:

Fenster einflügelig:

Kosten in Prozent	Anschaffung	Lebenszyklus
Aluminium	100	100
Holz/Alu	106	133
Holz	100	161
Kunststoff	71	130

## Balkontür:

Kosten in Prozent	Anschaffung	Lebenszyklus
Aluminium	100	100
Holz/Alu	108	136
Holz	101	161
Kunststoff	78	142

## Fenster zweiflügelig:

Kosten in Prozent	Anschaffung	Lebenszyklus
Aluminium	100	100
Holz/Alu	98	124
Holz	84	136
Kunststoff	71	129

Betrachtet man die Lebenszykluskosten, so sind Aluminiumkonstruktionen immer die wirtschaftlichste Lösung.

Die in Kap. 4.5 bis Kap. 4.8 durchgeführten Berechnungen und Vergleiche der Lebenszykluskosten der Aluminiumfensterkonstruktionen mit den anderen Rahmenwerkstoffen sind das Ergebnis der zuvor angeführten Eingangswerte (Kosten) der Rahmenwerkstoffe, der jeweiligen Lebensdauern der einzelnen Komponenten (Stock, Rahmen und Glas, Griff und Beschläge sowie Dichtungen), wobei nur die Lebensdauer der Komponente Stock, Rahmen und Glas der betrachteten Rahmenwerkstoffe variiert, der mit 4% festgelegte Zinssatz über die Lebensdauer und der für die Wartung in Prozent des Eingangswertes (Kosten) angesetzte jährliche Werte.

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten der Aluminiumkonstruktionen mit den betrachteten Rahmenwerkstoffen ergibt folgende Jahre, ab denen die Lebenszykluskosten der anderen Rahmenwerkstoffe über den der Aluminiumkonstruktionen liegen (Schnittpunkte der Lebenszykluskostenlinien):

Aluminium vs.	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Schnittpunkt LZK nach	Aluminium immer günstiger	Aluminium immer günstiger	26 Jahren
Quelle:	Abb. 19	Abb. 21	Abb. 23

**Tab. 20: Fenster einflügelig – Aluminium vs. Holz, Holz/Alu und Kunststoff**

Aluminium vs.	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Schnittpunkt LZK nach	Aluminium immer günstiger	Aluminium immer günstiger	17 Jahren
Quelle:	Abb. 26	Abb. 28	Abb. 30

**Tab. 21: Balkontür – Aluminium vs. Holz, Holz/Alu und Kunststoff**



Aluminium vs.	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Schnittpunkt LZK nach	11 Jahren	3 Jahren	26 Jahren
Quelle:	Abb. 33	Abb. 35	Abb. 37

**Tab. 22: Fenster zweiflügelig – Aluminium vs. Holz, Holz/Alu und Kunststoff**

Die in Tab. 20, Tab. 21 und Tab. 22 dargestellten Jahre ab denen die Lebenszykluskosten der betrachteten Rahmenwerkstoffe Holz, Holz/Alu und Kunststoff über denen der Aluminiumkonstruktionen liegen, veranschaulichen die Wirtschaftlichkeit der Aluminiumkonstruktionen gegenüber den anderen Rahmenwerkstoffen.

In Tab. 23 sind die zuvor angeführten Ergebnisse nach erreichten Plätzen hinsichtlich der Lebenszykluskosten einschließlich Wartung dargestellt. Die Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Aluminium erreichen für alle drei Fensterkonstruktionen den 1. Platz, da die Lebenszykluskosten entweder immer bzw. nach max. 26 Jahren günstiger sind, als jene der übrigen Rahmenwerkstoffe.

	Aluminium	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Fenster einflügelig	1.	4.	3.	2.
Balkontüre	1.	4.	2.	3.
Fenster zweiflügelig	1.	4.	2.	3.

**Tab. 23: Zusammenfassende Darstellung nach erreichten Platzierungen**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Lebenszykluskosten der Fenster einflügelig und der Balkontür der Rahmenwerkstoffe Holz und Holz/Alu immer über jenen aus Aluminium liegen. Einzig die Lebenszykluskosten des Rahmenwerkstoffes Aluminium bei der Fensterkonstruktion Fenster einflügelig liegen in den ersten 11 Jahren bzw. 3 Jahren über den Lebenszykluskosten der Fensterkonstruktionen aus den Rahmenwerkstoffen Holz bzw. Holz/Alu.

Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Kunststoff weisen aufgrund der kleinen Eingangswerte (Kosten), für einen Zeitraum bis zu 26 Jahre, geringe Lebenszykluskosten auf.

### 4.10 Variante: Unterlassung der Wartung

In diesem Kapitel wird davon ausgegangen, dass die notwendige Wartung unterlassen wird. Dadurch entfallen einerseits die Wartungskosten, jedoch andererseits werden die Lebensdauern zum Teil wesentlich verkürzt. Die dabei entstehenden Lebenszykluskosten werden mit den zuvor ermittelten verglichen. Es wird davon ausgegangen, dass das gesamte Fenster am Ende der Lebensdauer ausgetauscht und davor keines der Bestandteile erneuert wird. Der Zinssatz für die Ermittlung der Lebenszykluskosten wird wieder mit 4 % angesetzt.

#### 4.10.1 Aluminium-Fenster einflügelig ohne Wartung

Die Lebensdauer des einflügeligen Aluminium-Fensters reduziert sich auf 40 Jahre (siehe Tab. 24).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	40
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	40

Tab. 24: Aluminium-Fenster einflügelig ohne Wartung: Lebensdauer

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 39.

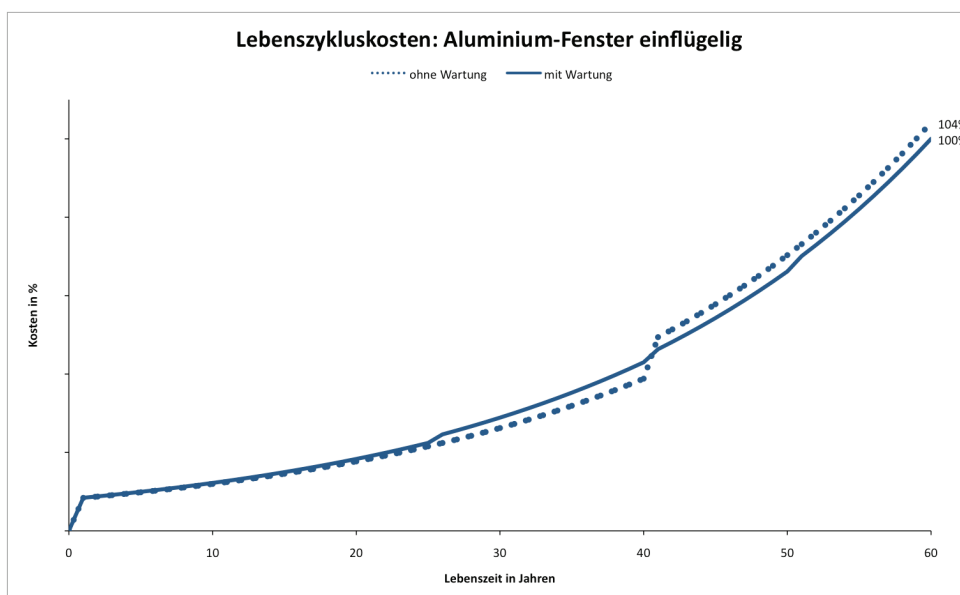


Abb. 39: Aluminium-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten

#### 4.10.2 Holz-Fenster einflügelig

Die Lebensdauer des einflügeligen Holz-Fensters reduziert sich auf 15 Jahre (siehe Tab. 25).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	15
Griff + Beschläge:	15
Dichtungen:	15

Tab. 25: Holz-Fenster einflügelig ohne Wartung: Lebensdauer

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 40.

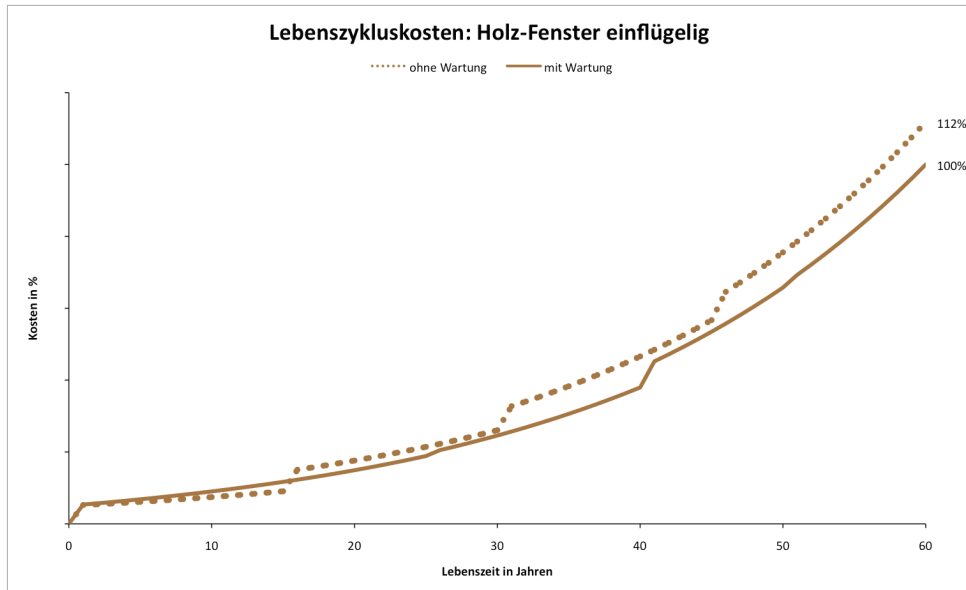


Abb. 40: Holz-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das Aluminium-Fenster über die gesamte Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als das Holz-Fenster aufweist (siehe Abb. 41).

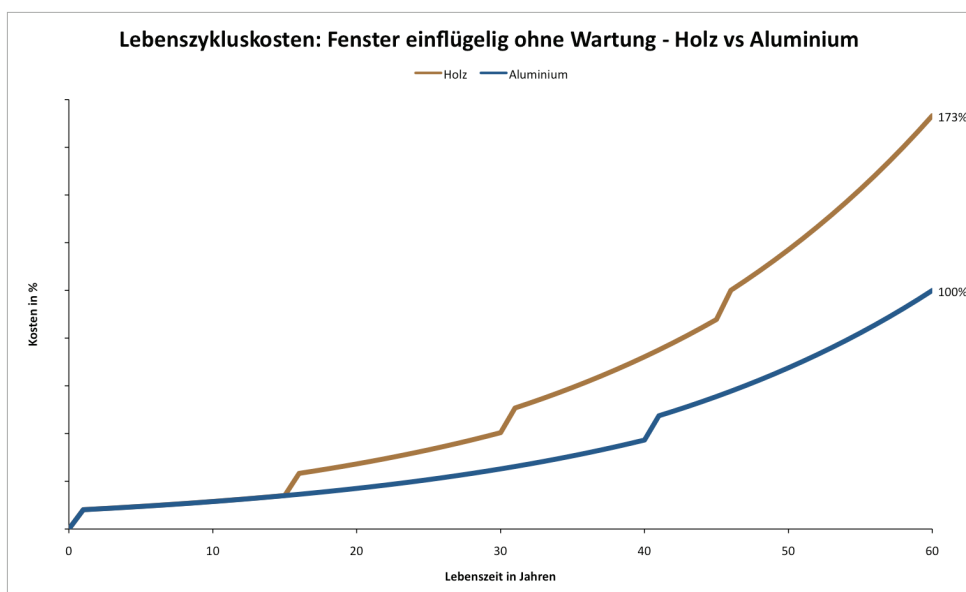


Abb. 41: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Fenster vs. Aluminium-Fenster

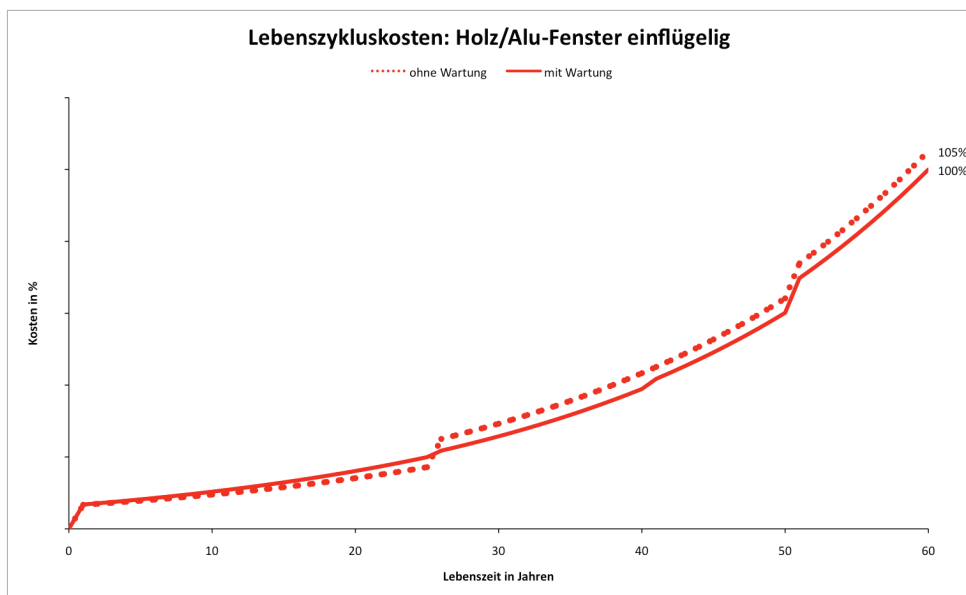
### 4.10.3 Holz/Alu-Fenster einflügelig

Die Lebensdauer des einflügeligen Holz/Alu-Fensters reduziert sich auf 25 Jahre (siehe Tab. 26).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	25
Griff + Beschläge:	25
Dichtungen:	25

**Tab. 26: Holz/Alu-Fenster einflügelig ohne Wartung: Lebensdauer**

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 42.



**Abb. 42: Holz/Alu-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten**

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das Aluminium-Fenster über die gesamte Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als das Holz/Alu-Fenster aufweist (siehe Abb. 43).

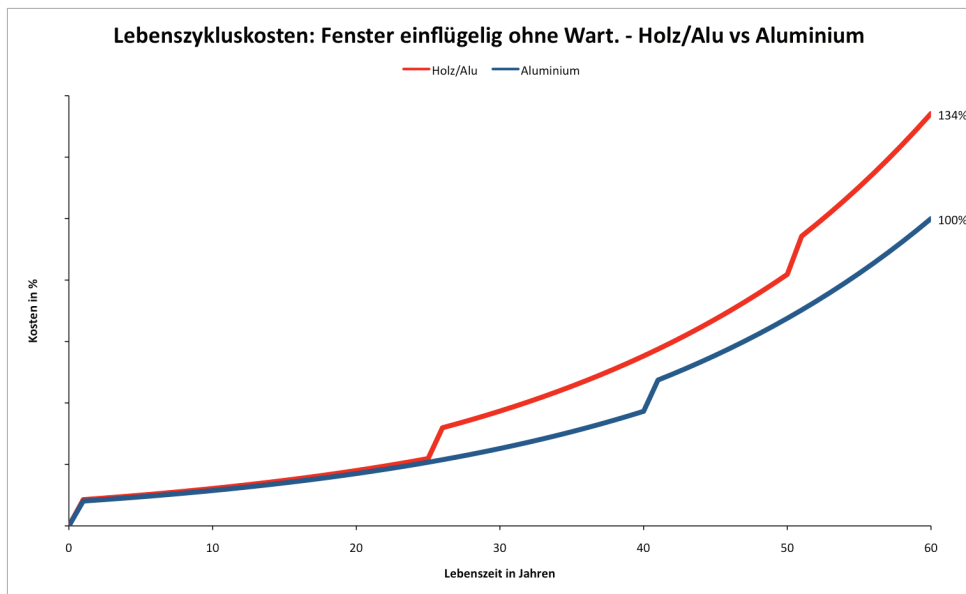


Abb. 43: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 4.10.4 Kunststoff-Fenster einflügelig

Die Lebensdauer des einflügeligen Kunststoff-Fensters reduziert sich auf 15 Jahre (siehe Tab. 27).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	15
Griff + Beschläge:	15
Dichtungen:	15

Tab. 27: Kunststoff-Fenster einflügelig ohne Wartung: Lebensdauer

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 44.

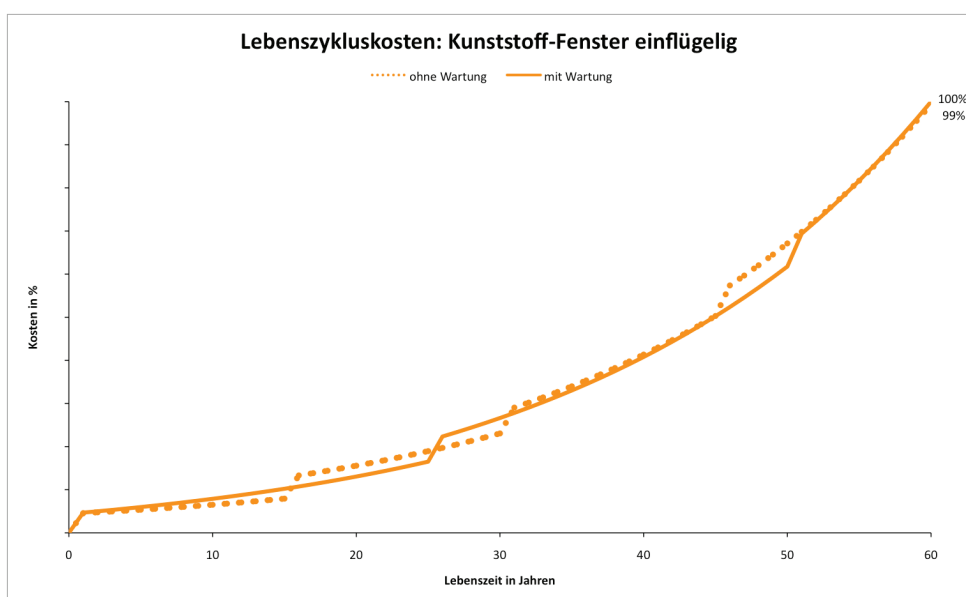


Abb. 44: Kunststoff-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 16 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das Kunststoff-Fenster aufweist (siehe Abb. 45).

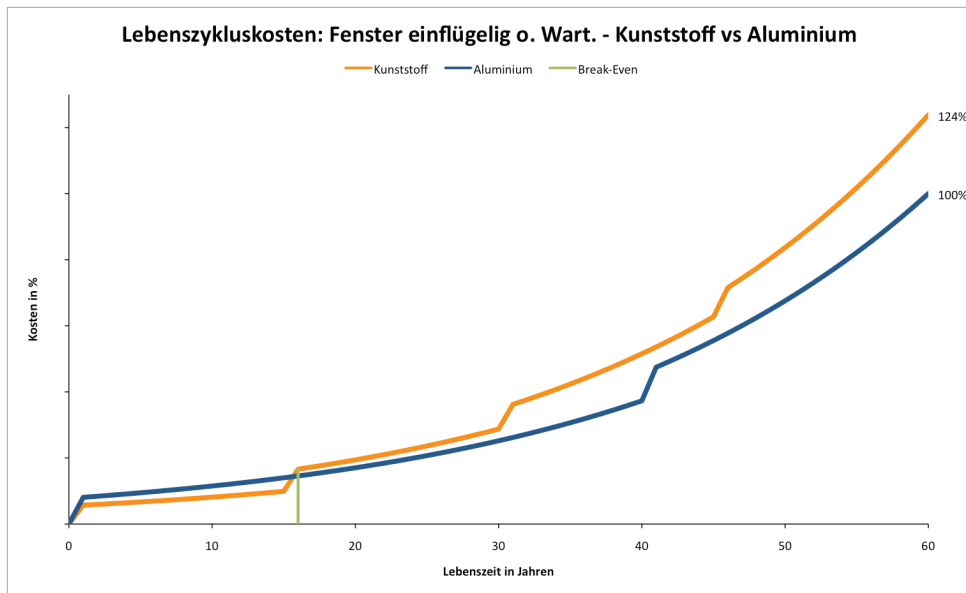


Abb. 45: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 4.10.5 Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster – Andere

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

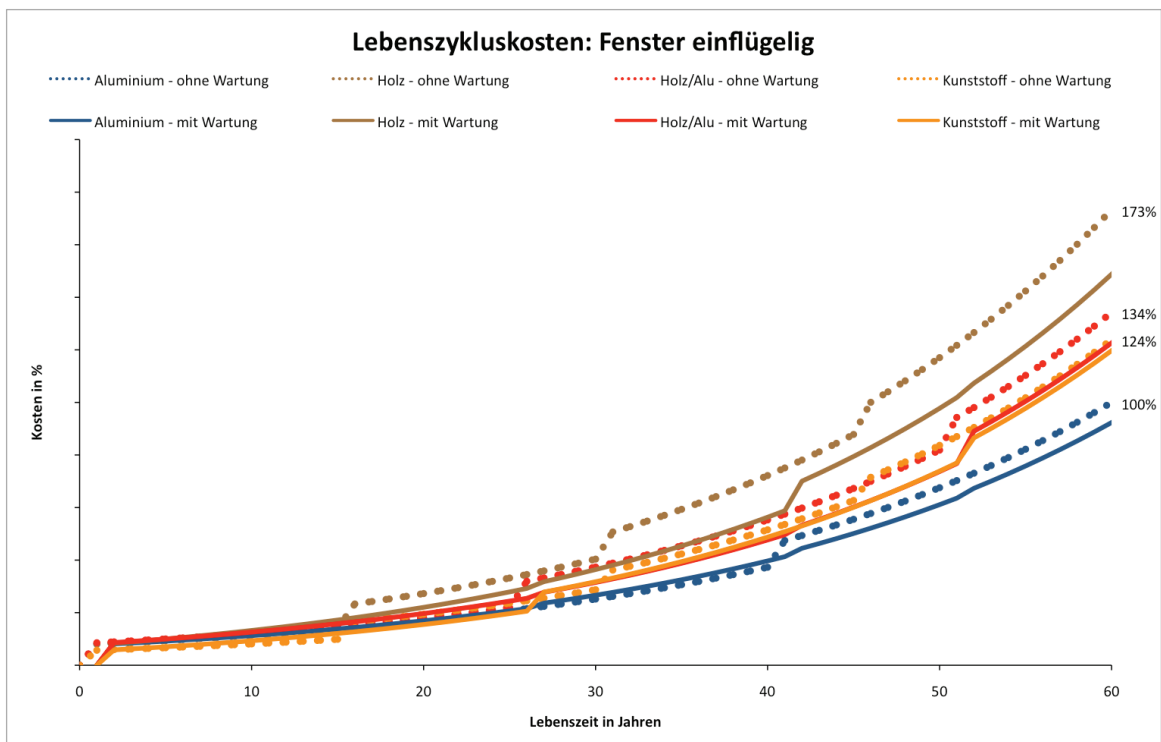


Abb. 46: Lebenszykluskostenvergleich: einflügeliges Fenster

Die rechts dargestellten Prozentwerte beziehen sich immer auf die Fensterkonstruktionen ohne Wartung!

Dabei ist zu sehen, dass das Aluminium-Fenster gegenüber dem Holz- als auch dem Holz/Alu-Fenster über die gesamte Lebensdauer niedrigere Kosten verursacht. Nach 16 Jahren (26 Jahren mit Wartung) weist dieses auch geringere Lebenszykluskosten als das Kunststoff-Fenster auf.

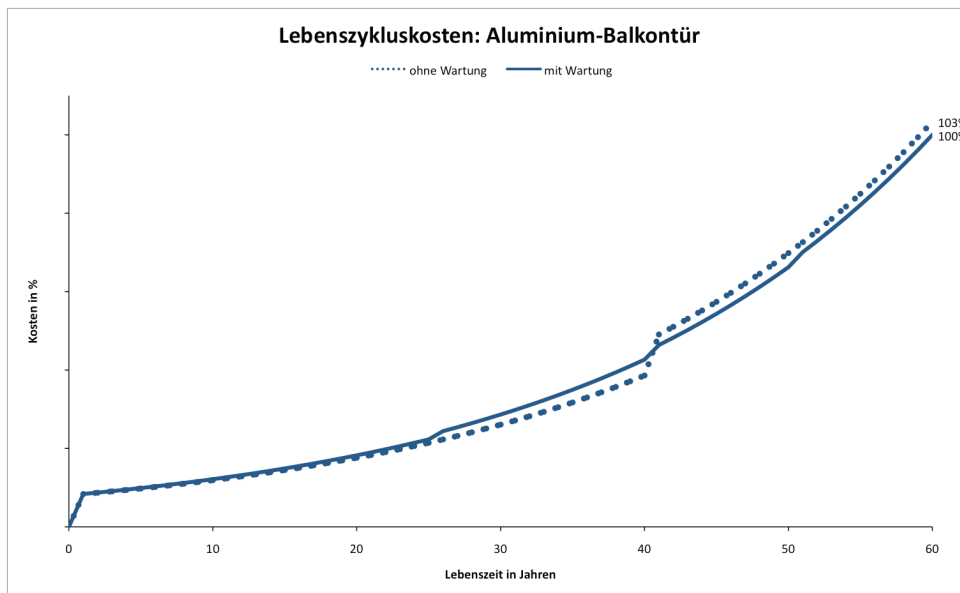
#### 4.10.6 Aluminium-Balkontür einflügelig

Die Lebensdauer der Aluminium-Balkontür reduziert sich auf 40 Jahre (siehe Tab. 28).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	40
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	40

**Tab. 28: Aluminium-Balkontür ohne Wartung: Lebensdauer**

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 47.



**Abb. 47: Aluminium-Balkontür: Lebenszykluskosten**

#### 4.10.7 Holz-Balkontür

Die Lebensdauer der Holz-Balkontür reduziert sich auf 15 Jahre (siehe Tab. 29).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	15
Griff + Beschläge:	15
Dichtungen:	15

**Tab. 29: Holz-Balkontür ohne Wartung: Lebensdauer**

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 48.

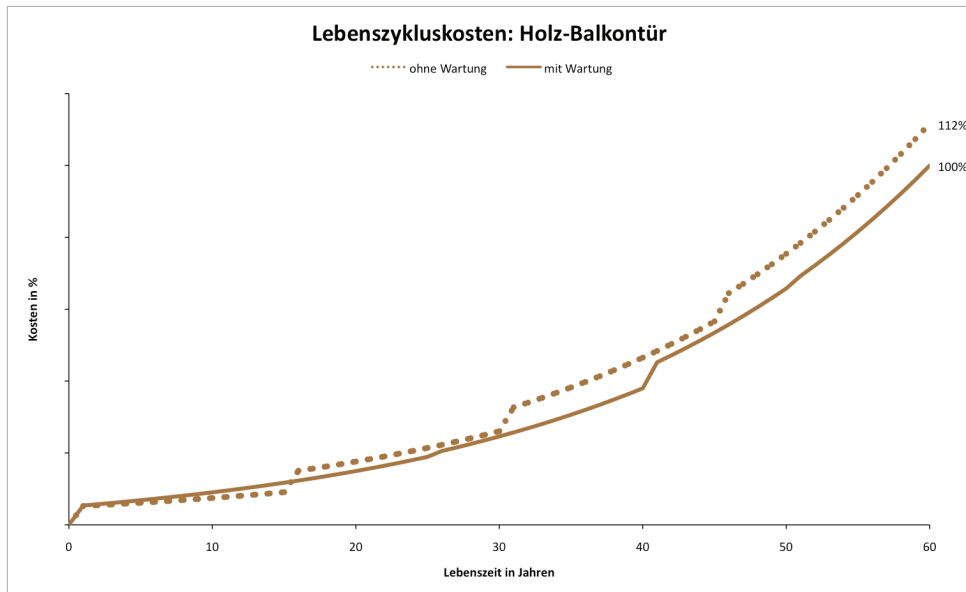


Abb. 48: Holz-Balkontür: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür über die gesamte Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als die Holz-Balkontür aufweist (siehe Abb. 49).

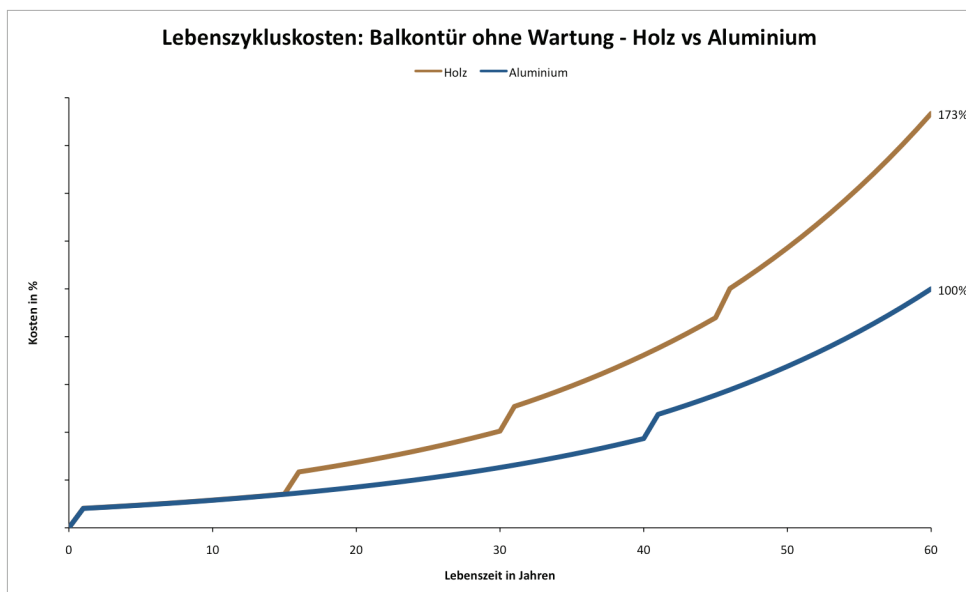


Abb. 49: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

#### 4.10.8 Holz/Alu-Balkontür

Die Lebensdauer der Holz/Alu-Balkontür reduziert sich auf 25 Jahre (siehe Tab. 30).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	25
Griff + Beschläge:	25
Dichtungen:	25

Tab. 30: Holz/Alu-Balkontür ohne Wartung: Lebensdauer



Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 50.

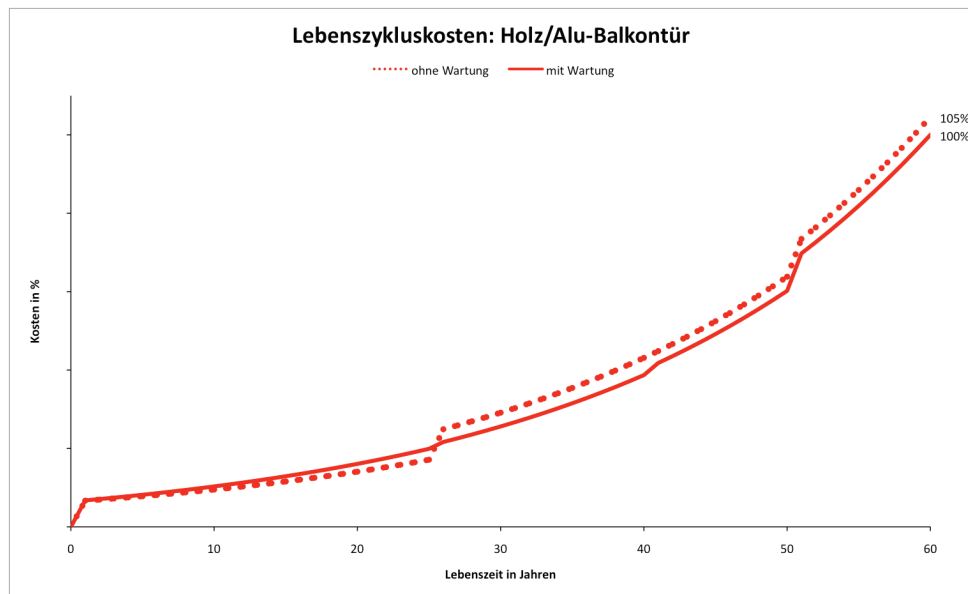


Abb. 50: Holz/Alu-Balkontür: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür über die gesamte Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als die Holz/Alu-Balkontür aufweist (siehe Abb. 51).

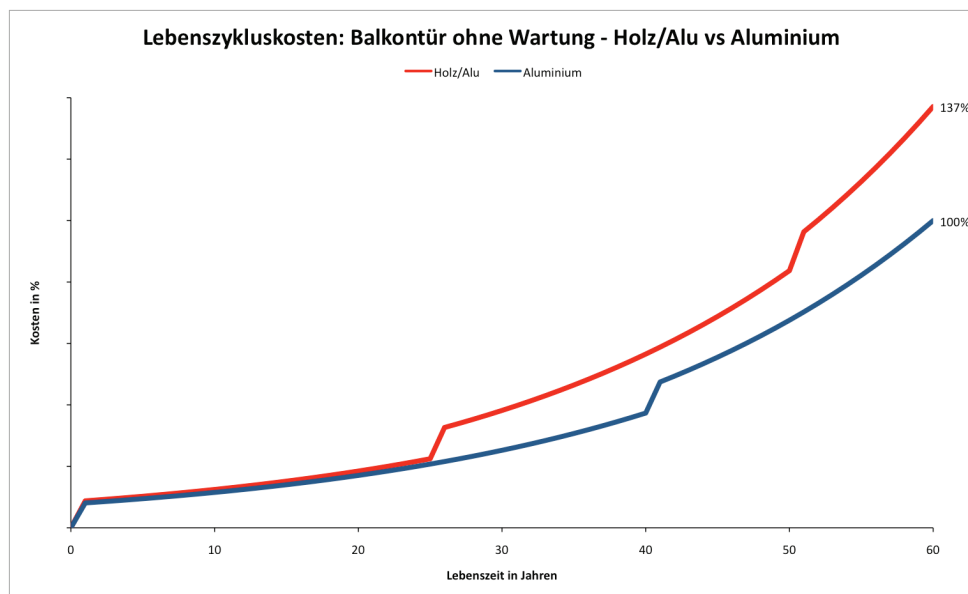


Abb. 51: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

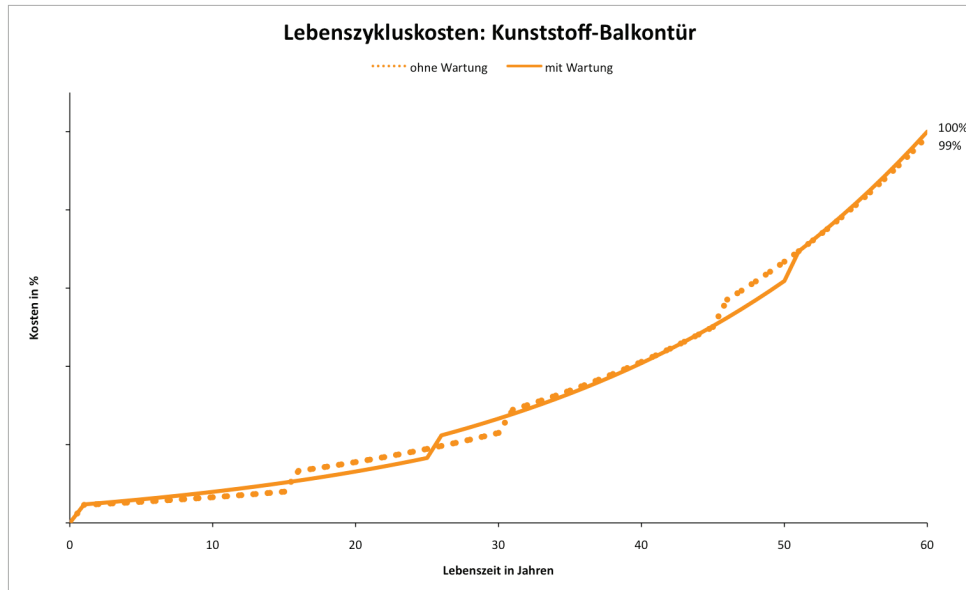
#### 4.10.9 Kunststoff-Balkontür

Die Lebensdauer der Kunststoff-Balkontür reduziert sich auf 15 Jahre (siehe Tab. 31).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	15
Griff + Beschläge:	15
Dichtungen:	15

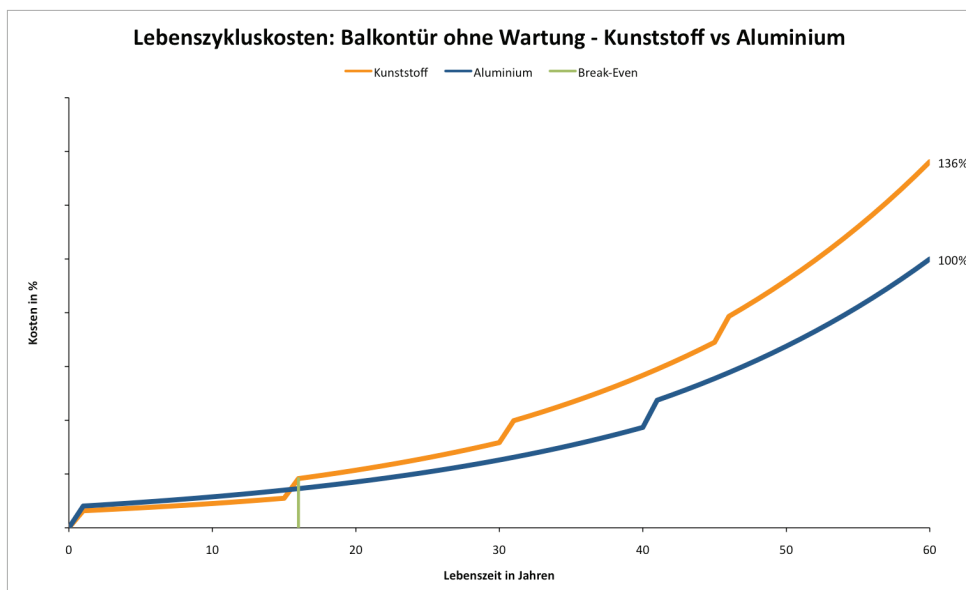
**Tab. 31: Kunststoff-Balkontür ohne Wartung: Lebensdauer**

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 52.



**Abb. 52: Kunststoff-Balkontür: Lebenszykluskosten**

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür trotz des höheren Grundpreises nach 16 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als die Kunststoff-Balkontür aufweist (siehe Abb. 53).



**Abb. 53: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür**

### 4.10.10 Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Balkontür – Andere

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

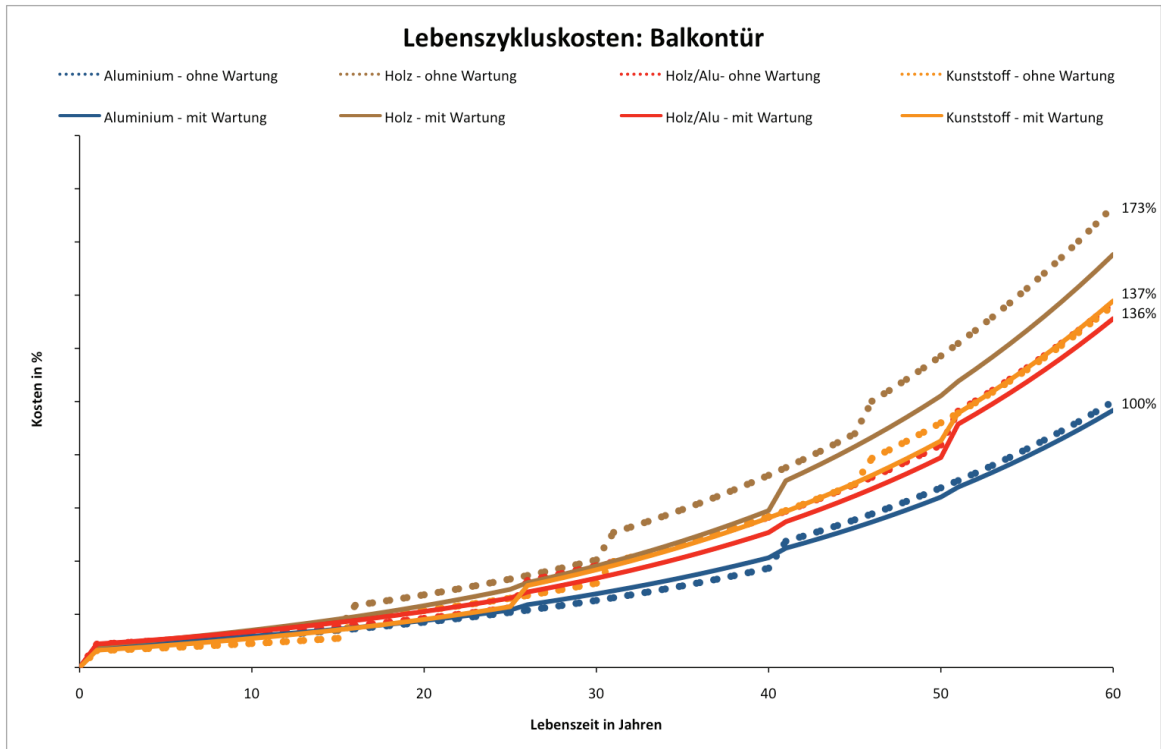


Abb. 54: Lebenszykluskostenvergleich: Balkontür

Die rechts dargestellten Prozentwerte beziehen sich immer auf die Fensterkonstruktionen ohne Wartung!

Dabei ist zu sehen, dass die Aluminium-Balkontür gegenüber der Holz- als auch der Holz/Alu-Balkontür über die gesamte Lebensdauer niedrigere Kosten verursacht. Nach 16 Jahren (26 Jahren mit Wartung) weist diese auch geringere Lebenszykluskosten als die Kunststoff-Balkontür auf.

### 4.10.11 Aluminium-Fenster zweiflügelig

Die Lebensdauer des zweiflügeligen Aluminium-Fensters reduziert sich auf 40 Jahre (siehe Tab. 32).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	40
Griff + Beschläge:	40
Dichtungen:	40

Tab. 32: Aluminium-Fenster zweiflügelig ohne Wartung: Lebensdauer

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 55.

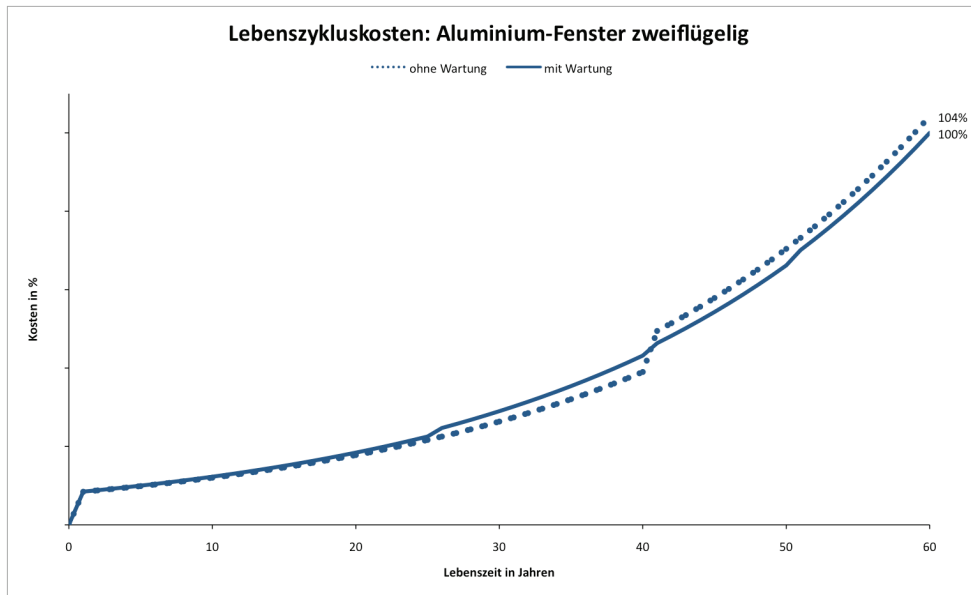


Abb. 55: Aluminium-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

#### 4.10.12 Holz-Fenster zweiflügelig

Die Lebensdauer des zweiflügeligen Holz-Fensters reduziert sich auf 15 Jahre (siehe Tab. 33).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	15
Griff + Beschläge:	15
Dichtungen:	15

Tab. 33: Holz-Fenster zweiflügelig ohne Wartung: Lebensdauer

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 56.

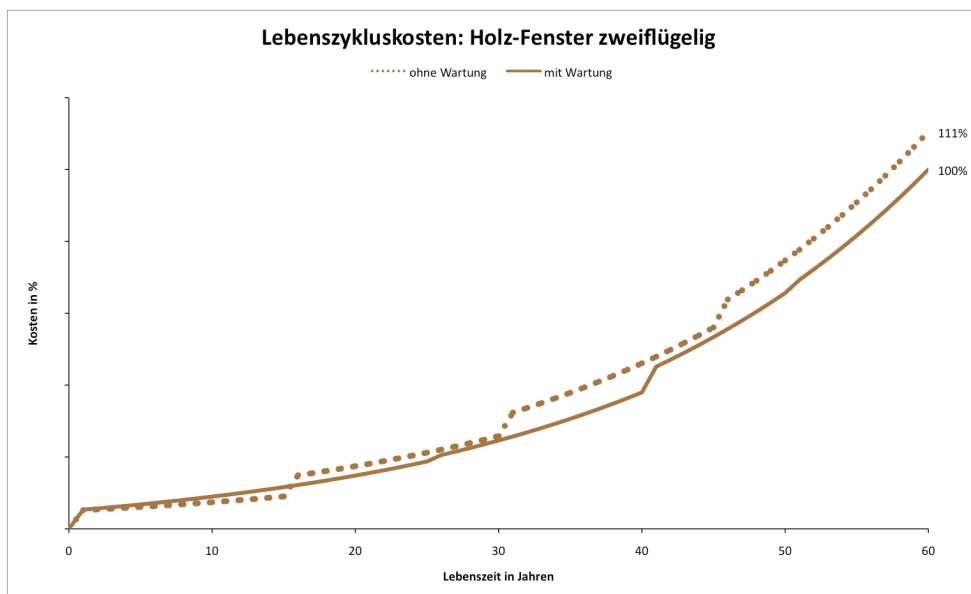


Abb. 56: Holz-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 16 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das zweiflügelige Holz-Fenster aufweist (siehe Abb. 57).

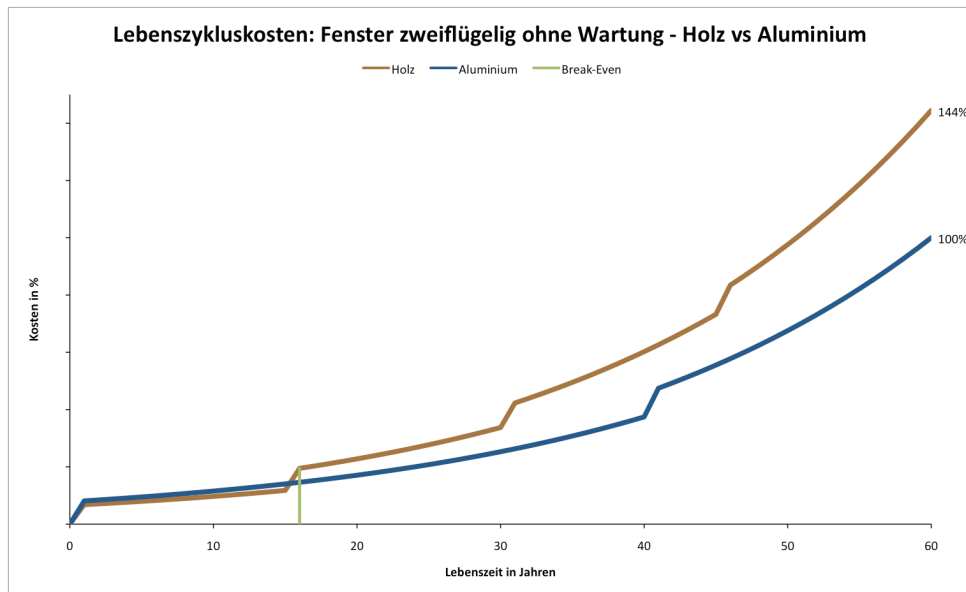


Abb. 57: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 4.10.13 Holz/Alu-Fenster zweiflügelig

Die Lebensdauer des zweiflügeligen Holz/Alu-Fensters reduziert sich auf 25 Jahre (siehe Tab. 34).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	25
Griff + Beschläge:	25
Dichtungen:	25

Tab. 34: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig ohne Wartung: Lebensdauer

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 58.

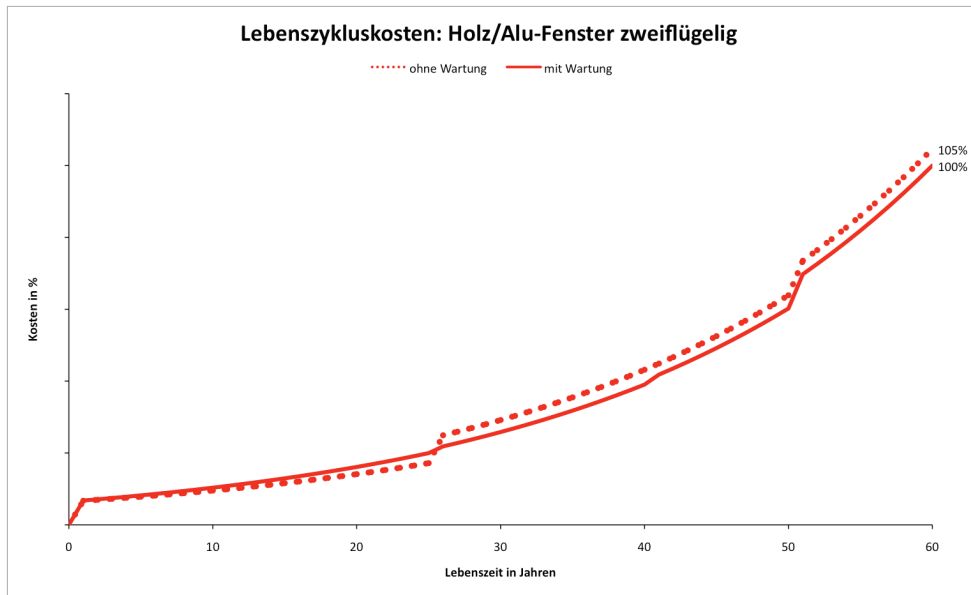


Abb. 58: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 26 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das zweiflügelige Holz/Alu-Fenster aufweist (siehe Abb. 59).

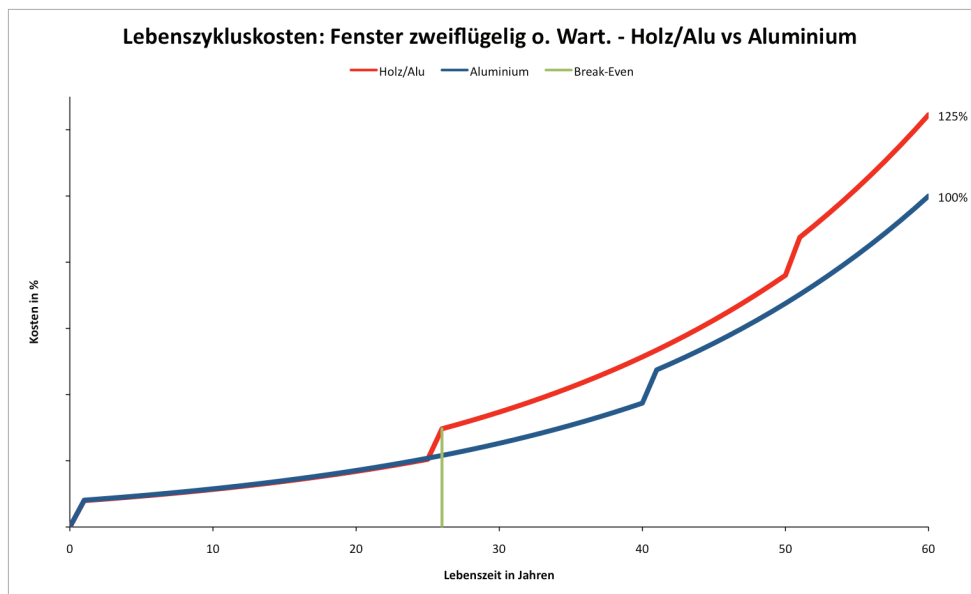


Abb. 59: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 4.10.14 Kunststoff-Fenster zweiflügelig

Die Lebensdauer des zweiflügeligen Kunststoff-Fensters reduziert sich auf 15 Jahre (siehe Tab. 35).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	15
Griff + Beschläge:	15
Dichtungen:	15

Tab. 35: Kunststoff-Fenster zweiflügelig ohne Wartung: Lebensdauer

Den Verlauf der Lebenszykluskosten (mit und ohne Berücksichtigung der Wartung) zeigt Abb. 60.

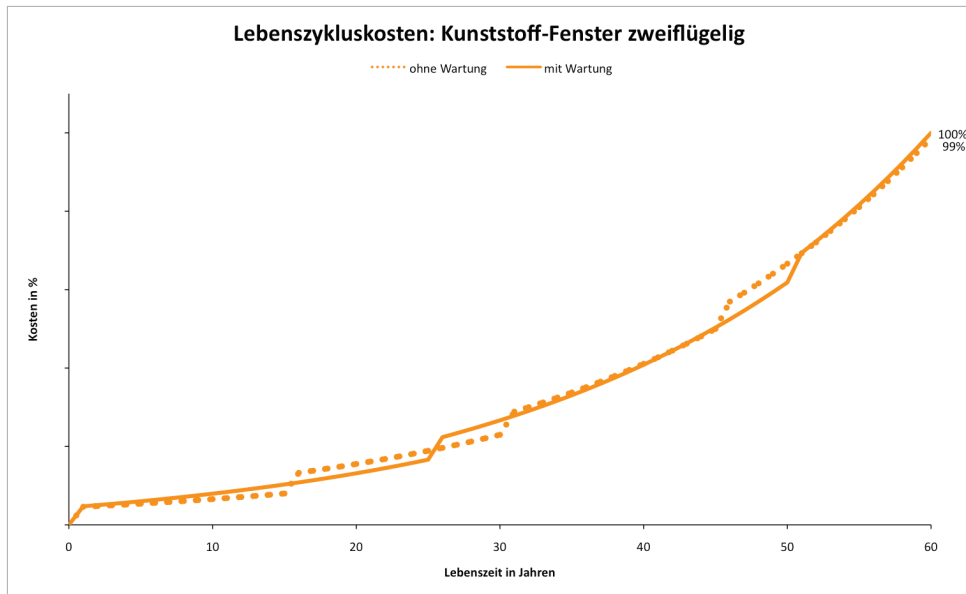


Abb. 60: Kunststoff-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster trotz des höheren Grundpreises nach 16 Jahren niedrigere Lebenszykluskosten als das zweiflügelige Kunststoff-Fenster aufweist (siehe Abb. 61).

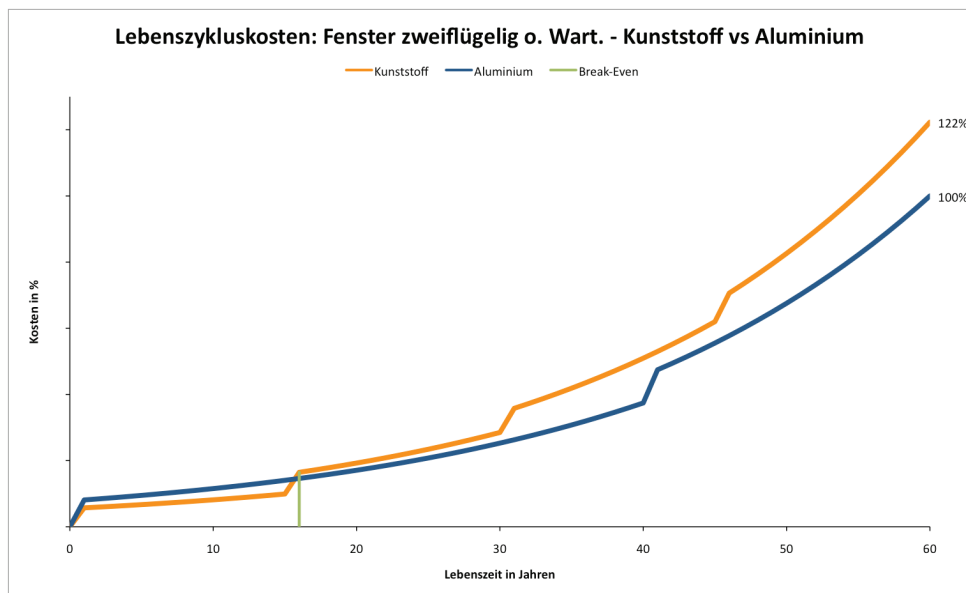


Abb. 61: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 4.10.15 Zusammenfassung Vergleich Aluminium-Fenster zweiflügelig – Andere

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

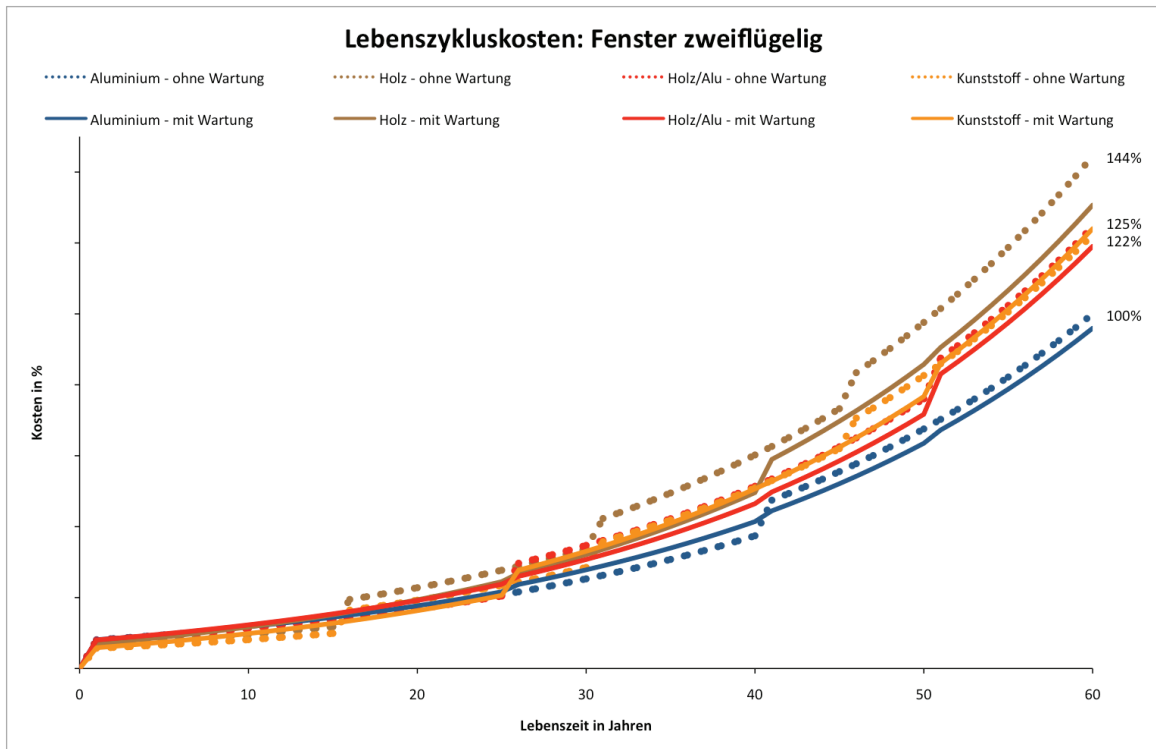


Abb. 62: Lebenszykluskostenvergleich: Fenster zweiflügelig

Die rechts dargestellten Prozentwerte beziehen sich immer auf die Fensterkonstruktionen ohne Wartung!

Dabei ist zu sehen, dass das zweiflügelige Aluminium-Fenster den höchsten Grundpreis hat. Trotzdem weist es nach 16 Jahren geringere Kosten als das zweiflügelige Holz- sowie das zweiflügelige Kunststoff-Fenster und nach 26 Jahren geringere Kosten als das zweiflügelige Holz/Alu-Fenster auf.

#### 4.10.16 Zusammenfassung Wirtschaftlichkeitsbetrachtung – ohne Wartung

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten ohne Wartung der Aluminiumkonstruktionen mit den betrachteten Rahmenwerkstoffen ergibt folgende Jahre, ab denen die Lebenszykluskosten der anderen Rahmenwerkstoffe über den der Aluminiumkonstruktionen liegen (Schnittpunkte der Lebenszykluskostenlinien):

Aluminium vs.	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Schnittpunkt LZK nach	Aluminium immer günstiger	Aluminium immer günstiger	16 Jahren
Quelle:	Abb. 41	Abb. 43	Abb. 45

Tab. 36: Ohne Wartung: Fenster einflügelig – Aluminium vs. Holz, Holz/Alu und Kunststoff

Aluminium vs.	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Schnittpunkt LZK nach	Aluminium immer günstiger	Aluminium immer günstiger	16 Jahren
Quelle:	Abb. 49	Abb. 51	Abb. 53

Tab. 37: Ohne Wartung: Balkontür – Aluminium vs. Holz, Holz/Alu und Kunststoff



Aluminium vs.	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Schnittpunkt LZK nach	16 Jahren	26 Jahren	16 Jahren
Quelle:	Abb. 57	Abb. 59	Abb. 61

**Tab. 38: Ohne Wartung: Fenster zweiflügelig – Aluminium vs. Holz, Holz/Alu und Kunststoff**

Die in Tab. 36, Tab. 37 und Tab. 38 dargestellten Jahre ab denen die Lebenszykluskosten ohne Wartung der betrachteten Rahmenwerkstoffe Holz, Holz/Alu und Kunststoff über denen der Aluminiumkonstruktionen liegen, veranschaulichen die Wirtschaftlichkeit der Aluminiumkonstruktionen gegenüber den anderen Rahmenwerkstoffen.

In Tab. 39 sind die zuvor angeführten Ergebnisse nach erreichten Plätzen hinsichtlich der Lebenszykluskosten ohne Wartung dargestellt. Die Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Aluminium erreichen für alle drei Fensterkonstruktionen den 1. Platz, da die Lebenszykluskosten entweder immer bzw. nach max. 26 Jahren günstiger sind, als jene der übrigen Rahmenwerkstoffe.

	Aluminium	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
Fenster einflügelig	1.	4.	3.	2.
Balkontüre	1.	4.	3.	2.
Fenster zweiflügelig	1.	4.	3.	2.

**Tab. 39: Ohne Wartung: Zusammenfassende Darstellung nach erreichten Platzierungen**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Lebenszykluskosten ohne Wartung der Fenster einflügelig und der Balkontür der Rahmenwerkstoffe Holz und Holz/Alu immer über jenen aus Aluminium liegen. Einzig die Lebenszykluskosten ohne Wartung des Rahmenwerkstoffes Aluminium bei der Fensterkonstruktion Fenster zweiflügelig liegen in den ersten 16 Jahren bzw. 26 Jahren über den Lebenszykluskosten ohne Wartung der Fensterkonstruktionen aus den Rahmenwerkstoffen Holz bzw. Holz/Alu.

Fensterkonstruktionen aus dem Rahmenwerkstoff Kunststoff weisen aufgrund der kleinen Eingangswerte (Kosten), für einen Zeitraum bis zu 26 Jahre, geringe Lebenszykluskosten auf.

### 4.11 Musterwohnung: Vergleich der Rahmenwerkstoffe

In diesem Kapitel werden die Lebenszykluskosten einer beispielhaften Wohnung aus dem großvolumigen kommunalen Wohnbau bestehend aus fünf einflügeligen Fenstern und einer Balkontür aus Aluminium jenen der Rahmenwerkstoffe Holz, Holz/Alu und Kunststoff gegenübergestellt. Die Lebensdauern sind den vorigen Kapiteln entnommen.

#### 4.11.1 Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Aluminium

Tab. 40 zeigt die berechneten Kosten für den Kostenverlauf unverzinst und für die Lebenszykluskosten nach 60 Jahren sowie diese rückverzinst auf den Anschaffungszeitpunkt (Barwert). Der Kostenverlauf unverzinst (KU) zeigt, dass bis zum Lebensende eine Summe von 7.124 € an Kosten anfällt, bei einem Anschaffungspreis von 4.874 €. Die Lebenszykluskosten (verzinst) ergeben sich zu 58.060 € nach 60 Jahren sowie deren Barwert zu 5.519 €.

	Summe	Barwert
KU	7.124 €	4.874 €
LZK	58.060 €	5.519 €

Tab. 40: Musterwohnung – Aluminium: Ergebniswerte

Der Verlauf der Lebenszykluskosten ist in Abb. 63 dargestellt.

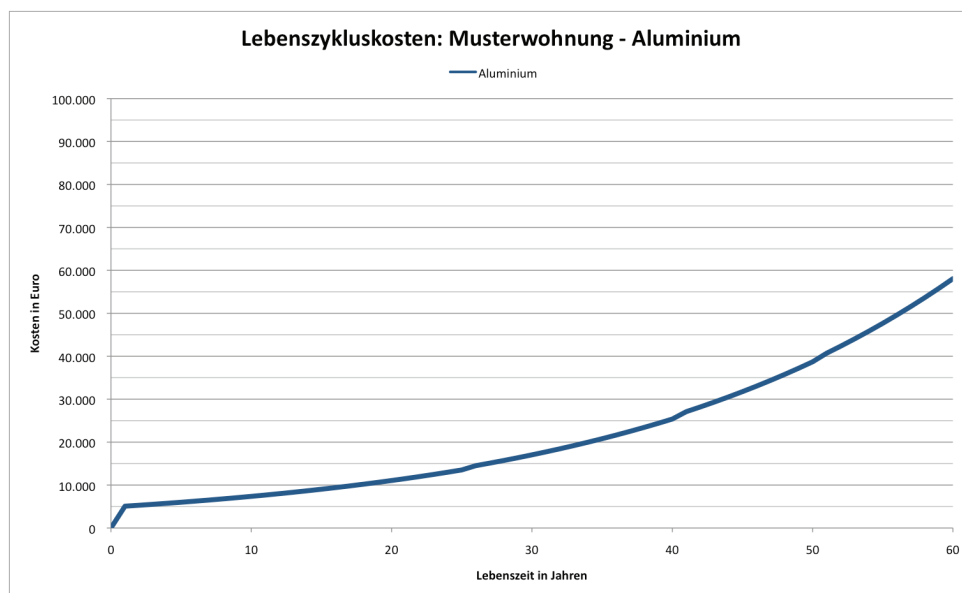


Abb. 63: Musterwohnung – Aluminium: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

#### 4.11.2 Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Holz

Tab. 41 zeigt die berechneten Kosten für den Kostenverlauf unverzinst und für die Lebenszykluskosten nach 60 Jahren sowie diese rückverzinst auf den Anschaffungszeitpunkt (Barwert). Der Kostenverlauf unverzinst (KU) zeigt, dass bis zum Lebensende eine Summe von 18.044 € an Kosten anfällt, bei einem Anschaffungspreis von 4.896 €. Die Lebenszykluskosten (verzinst) ergeben sich zu 94.959 € nach 60 Jahren sowie deren Barwert zu 9.027 €.

	Summe	Barwert
KU	18.044 €	4.896 €
LZK	94.959 €	9.027 €

Tab. 41: Musterwohnung – Holz: Ergebniswerte

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Musterwohnung mit den Fenstern und der Tür aus Aluminium stets niedrigere Kosten als die Musterwohnung unter Verwendung von Holz aufweist (siehe Abb. 64).

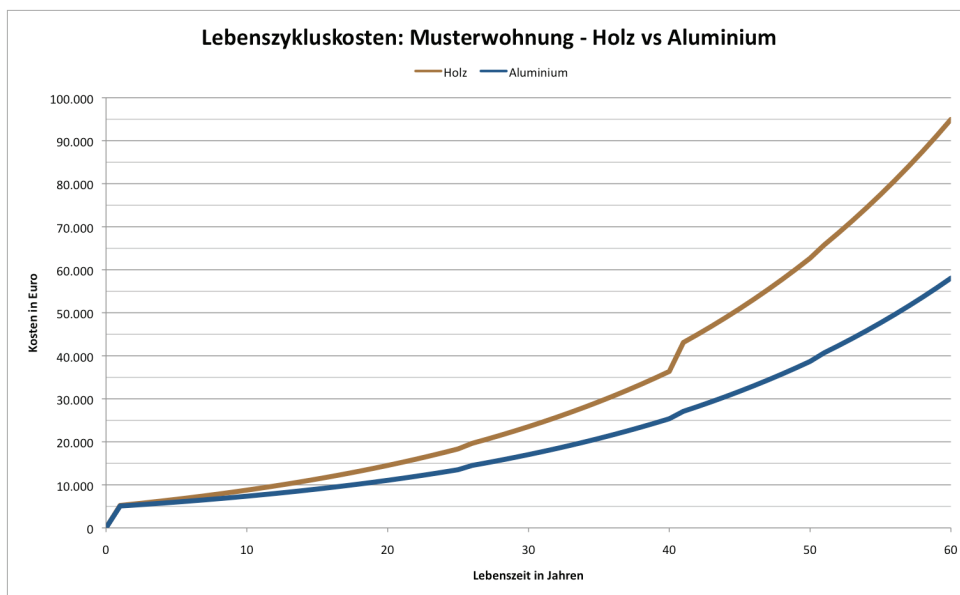


Abb. 64: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Holz und Aluminium

### 4.11.3 Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Holz/Alu

Tab. 42 zeigt die berechneten Kosten für den Kostenverlauf unverzinst und für die Lebenszykluskosten nach 60 Jahren sowie diese rückverzinst auf den Anschaffungszeitpunkt (Barwert). Der Kostenverlauf unverzinst (KU) zeigt, dass bis zum Lebensende eine Summe von 14.620 € an Kosten anfällt, bei einem Anschaffungspreis von 5.179 €. Die Lebenszykluskosten (verzinst) ergeben sich zu 78.198 € nach 60 Jahren sowie deren Barwert zu 7.434 €.

	Summe	Barwert
KU	14.620 €	5.179 €
LZK	78.198 €	7.434 €

Tab. 42: Musterwohnung – Holz/Alu: Ergebniswerte

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Musterwohnung mit den Fenstern und der Tür aus Aluminium stets niedrigere Kosten als die Musterwohnung unter Verwendung von Holz/Alu aufweist (siehe Abb. 65).

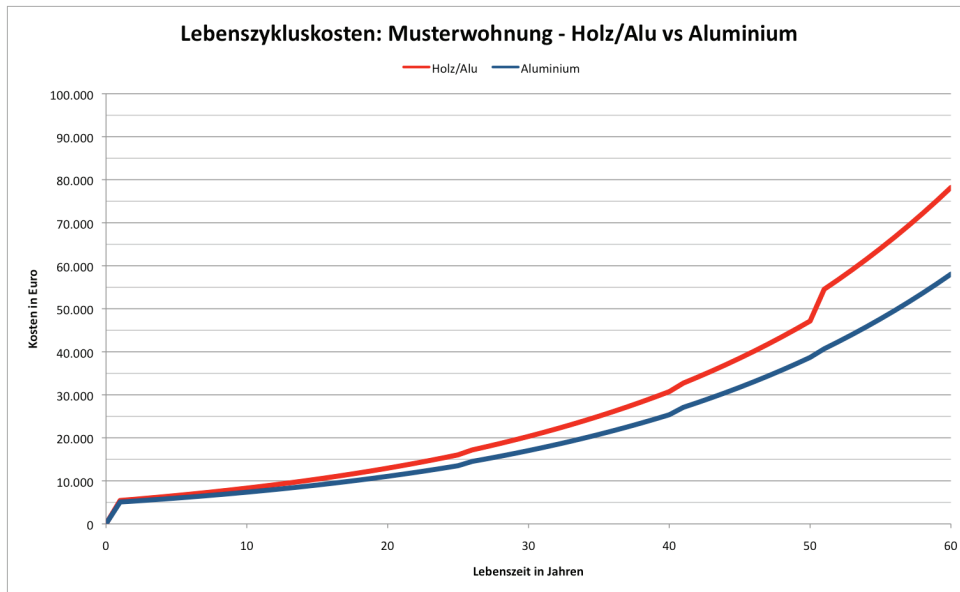


Abb. 65: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Holz/Alu und Aluminium

#### 4.11.4 Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Kunststoff

Tab. 43 zeigt die berechneten Kosten für den Kostenverlauf unverzinst und für die Lebenszykluskosten nach 60 Jahren sowie diese rückverzinst auf den Anschaffungszeitpunkt (Barwert). Der Kostenverlauf unverzinst (KU) zeigt, dass bis zum Lebensende eine Summe von 15.933 € an Kosten anfällt, bei einem Anschaffungspreis von 3.514 €. Die Lebenszykluskosten (verzinst) ergeben sich zu 78.103 € nach 60 Jahren sowie deren Barwert zu 7.425 €.

	Summe	Barwert
KU	15.933 €	3.514 €
LZK	78.103 €	7.425 €

Tab. 43: Musterwohnung – Kunststoff: Ergebniswerte

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Musterwohnung mit den Fenstern und der Tür aus Aluminium nach 26 Jahren niedrigere Kosten als die Musterwohnung unter Verwendung von Holz aufweist (siehe Abb. 66).

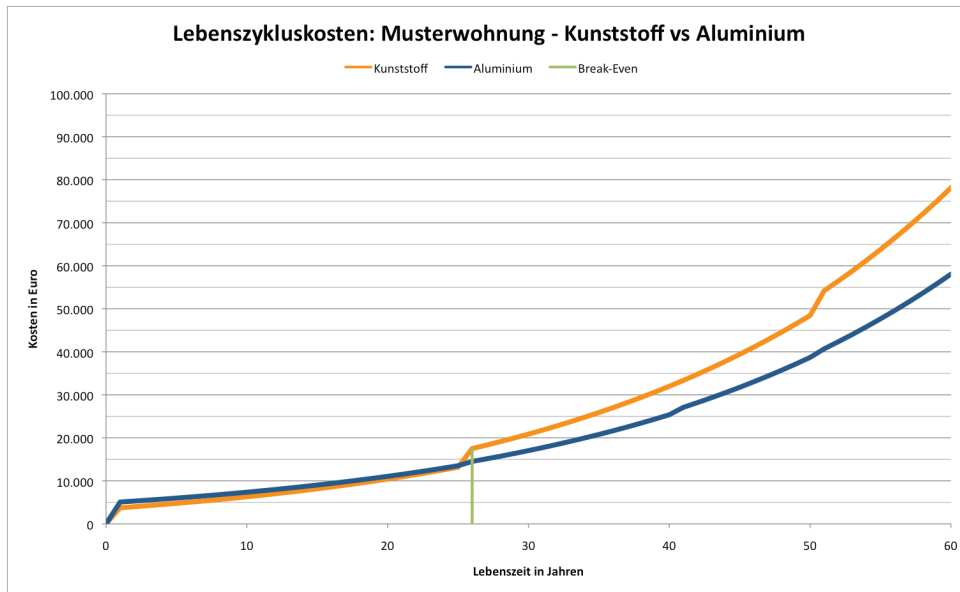


Abb. 66: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Kunststoff und Aluminium

#### 4.11.5 Musterwohnung: Rahmenmaterial: Zusammenfassung

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

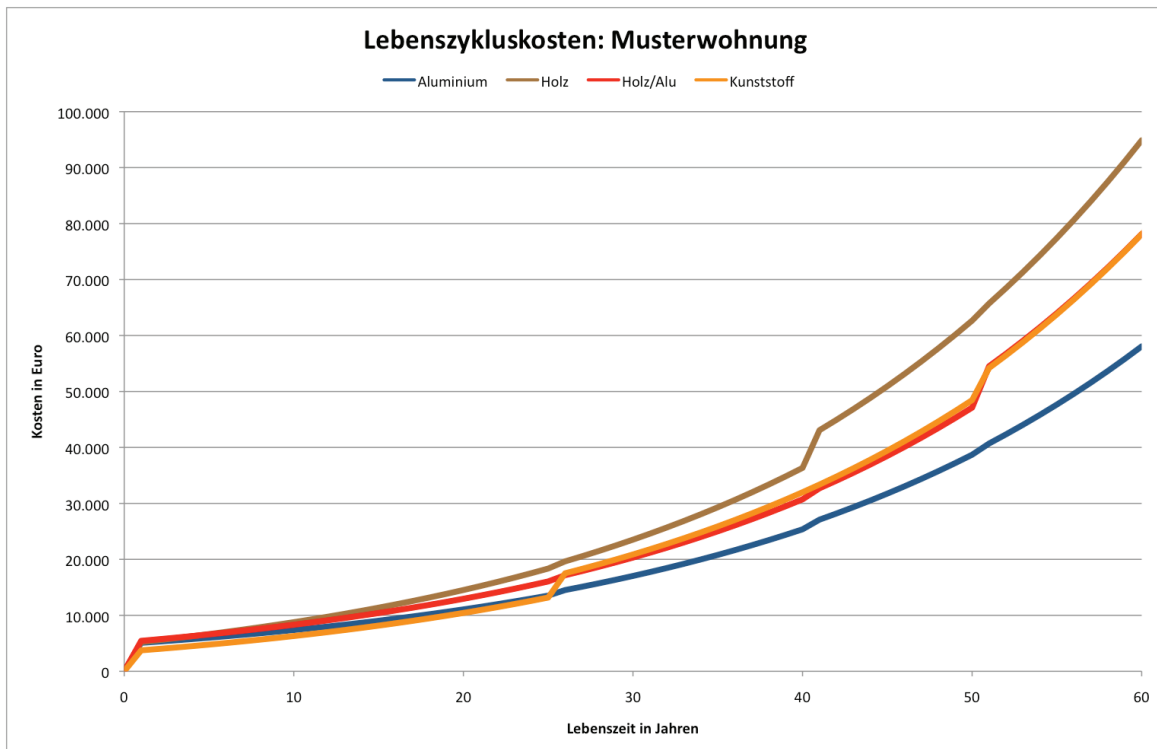


Abb. 67: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Vergleich der Rahmenwerkstoffe<sup>34</sup>

Dabei ist zu sehen, dass die Musterwohnung unter Verwendung von Aluminium über die gesamte Nutzungsdauer niedrigere Kosten als die Musterwohnungen unter Verwendung von Holz sowie Holz/Alu und nach 26 Jahren niedrigere Kosten als die Wohnungen unter Verwendung von Kunststoff aufweist.

<sup>34</sup> Die Tabelle „Musterwohnung – Kosten in €“ befindet sich in Kap. 8.4 Anhang D.

## 5 Resümee

Ausgangspunkt für die Erarbeitung eines Positionspapiers für Aluminium-Fenster für den kommunalen Wohnbau waren die Erfahrungen mit konventionellen Fenstersystemen, speziell im Hinblick auf Wartungsanfälligkeit und Nutzerverhalten, die Änderung der bauphysikalischen Anforderungen bedingt durch die Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften sowie auch eine Neubewertung der ökologischen Gesichtspunkte für die Werkstoffe Holz, Aluminium und Kunststoff.

Kommunaler Wohnbau unterscheidet sich hinsichtlich der Anforderungen an Fensterkonstruktionen deutlich vom Einfamilienhaus. Ebenso sind Unterschiede zu machen hinsichtlich Mietwohnungen oder Eigentumswohnungen. Speziell für Mietwohnungen liegt ein geändertes Nutzerverhalten hinsichtlich der Wartung, Pflege und Bedienung der Fenster und Fenstertüren vor.

Vor allem die notwendige Dämpfung der Instandhaltungskosten bzw. auch der laufenden Betriebskosten macht Überlegungen für eine optimale Fensterkonstruktion notwendig.

In den letzten Jahren hat sich vor allem die thermische Sanierung der Gebäudehüllen verstärkt. Einerseits ist dies zurückzuführen auf die Notwendigkeit nach einem Bauboom in den 70er- und 80er-Jahren die Fassaden nun Instand zu setzen und andererseits auch die Notwendigkeit einer deutlichen Verbesserung der thermischen Leistungsfähigkeit der Gebäudehüllen.

Große Unterschiede sind hinsichtlich der Gebäudetypen zu machen. Kommunale Wohnbauten der Zwischenkriegszeit als auch der frühen Nachkriegszeit sind gekennzeichnet durch die Mauerwerksbauweise und die teilweise große Vielfalt von unterschiedlichen Fensterdimensionen. Eine stark standardisierte Bauweise ist hier nicht anwendbar.

Im Gegenteil dazu präsentieren sich die Plattenbauten der 60er-, 70er- und 80er-Jahre als ideal für stark vorgefertigte Fensterkonstruktionen wie sie beispielsweise Aluminium-Fenstertypen darstellen.

Letztendlich ist auch im Rahmen der Gebäudesanierung die thermische Leistungsfähigkeit der Fensterkonstruktion vom Fensteranschluss an die Gebäudehülle abhängig. Mit der Übernahme der ÖNORM B 5320:2006 in das Normenwerk wurden hierbei Standards gesetzt, die jedoch nicht immer eingehalten werden.

### 5.1 Warum Aluminiumfenster?

Aluminiumfenster waren vor der Einführung der thermischen Trennung der Profile verbunden mit der Eigenschaft anfällig für Schwitzwasser- und Kondensbildungen zu sein.

Ähnliche wie bei den Kunststoff-Fenstern wurde jedoch mit der Einführung der thermischen Trennung und der Verbesserung der Profilgeometrien maßgebliche Verbesserungen des Wärmeschutzes der Rahmenprofile erreicht. So sind heute  $U_w$ -Werte von  $< 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  realisierbar.

Der Werkstoff Aluminium hat sich auf Grund neuer technologischer Entwicklungen im Bereich der thermischen Leistungsfähigkeit der Verbundprofile weiter am Markt etabliert. Waren Aluminium-Fenster in der Vergangenheit speziell für den Objektbereich als auch den gehobenen Wohnbereich vorgesehen, so hat sich das Bild in den letzten Jahren, nicht nur durch den gestalterischen Wunsch der Architekten gewandelt.

Speziell bei größeren Fensterkonstruktionen oder bei speziellen Öffnungsmechanismen hat sich der leichte aber auch sehr steife Rahmenwerkstoff für tragfähige dauerhafte Konstruktionen durchgesetzt.

Die Qualitätsanforderungen an die Oberflächen sind in den letzten Jahren ebenfalls gestiegen; mit heutigen Beschichtungstechniken wie Pulverbeschichtung oder Eloxierung können dauerhafte und über viele Jahre wartungsfreie Oberflächen erzielt werden.

Letztlich ist aber jedenfalls zu beachten, dass das Fenster auf Grund der Funktionsvielfalt einen kritischen Punkt der Gebäudehülle darstellt.

Das Fenster ist einerseits Schwachpunkt der Wärmedämmung der Gebäudehülle und andererseits auch für Energieeintrag zuständig. Bedenkt man die Funktion von der Belichtung über die Belüftung bis zur Abschattung so wird klar, dass es sich hier um einen Maschinenbauteil mit besonderen Anforderungen handelt. Nebenbei bemerkt ist das Fenster auch eines der „kompliziertesten technischen Bauteile“ der Gebäudehülle.

Auf die ökologische Gesamtbetrachtung des Bauteils Fenster wird unter Kap. 5.4 noch gesondert eingegangen. Es ist hervorzuheben, dass, betrachtet man den in Österreich für die Beurteilung heranzuziehenden OI3-Index, Aluminium bei der ersten Betrachtung schlechter als Holz abschneidet. Für werkstoffbezogene Betrachtungen muss immer die Leistungsfähigkeit des Fensters und die Fensterkonstruktion an sich mit verglichen werden.

Im Sinne der Nachhaltigkeit und der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Bauteiles rücken die Faktoren Wartungsaufwand und Wartungsfreundlichkeit, Nutzungsdauer und Recycliermöglichkeit in den Vordergrund.

Darüber hinaus ist auf die Leistungsfähigkeit der Fensterkonstruktionen an sich einzugehen. Darunter ist zu verstehen, dass mit der Einführung der Europäischen Fensternorm ÖNORM EN 14351-1:2006 in Österreich und dem damit verbundenen Produktkennzeichnungssystem (ab 1. Februar 2010 verpflichtend) das spezifische Leistungsprofil von Fensterkonstruktionen standardisiert und sichtbar gemacht wurde.

Im gegenständlichen Forschungsprojekt wurden unter anderem Aluminium-Fenster- und Fenstertürkonstruktionen auf ihre Dauerhaftigkeit getestet, wobei dieser Begriff der Dauerhaftigkeit im Sinne des Nutzerverhaltens und auch der Nutzungsdauer gesehen wurde.

Für die ökologische Beurteilung der Rahmenwerkstoffe kann der OI3-Index herangezogen werden. Dieser Index beschreibt umweltrelevante Parameter für die Werkstoffe. Für Fenster müssen daher neben den Kleinmaterialien die Beschläge, die Dichtungen etc. vor allem die Indizes für Glas und den Rahmenwerkstoff herangezogen werden.

Die folgende Zusammenstellung zeigt zusammenfassend den derzeitigen Stand der Bewertung für Holz, Holz/Aluminium, Kunststoff und Aluminiumfenster-Rahmenwerkstoffe (siehe Abb. 68).

Aus dieser Grafik wird deutlich, dass sowohl Holz/Aluminium, als auch reine Aluminiumfenster ähnliche Bewertungen aufweisen, der Werkstoff Holz liegt in dieser Bewertung deutlich günstiger, Kunststoff deutlich schlechter, bedingt durch die Basisbewertung des Werkstoffes Holz.

Eine weitere Differenzierung hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Materialien ist daher durchaus überlegenswert.

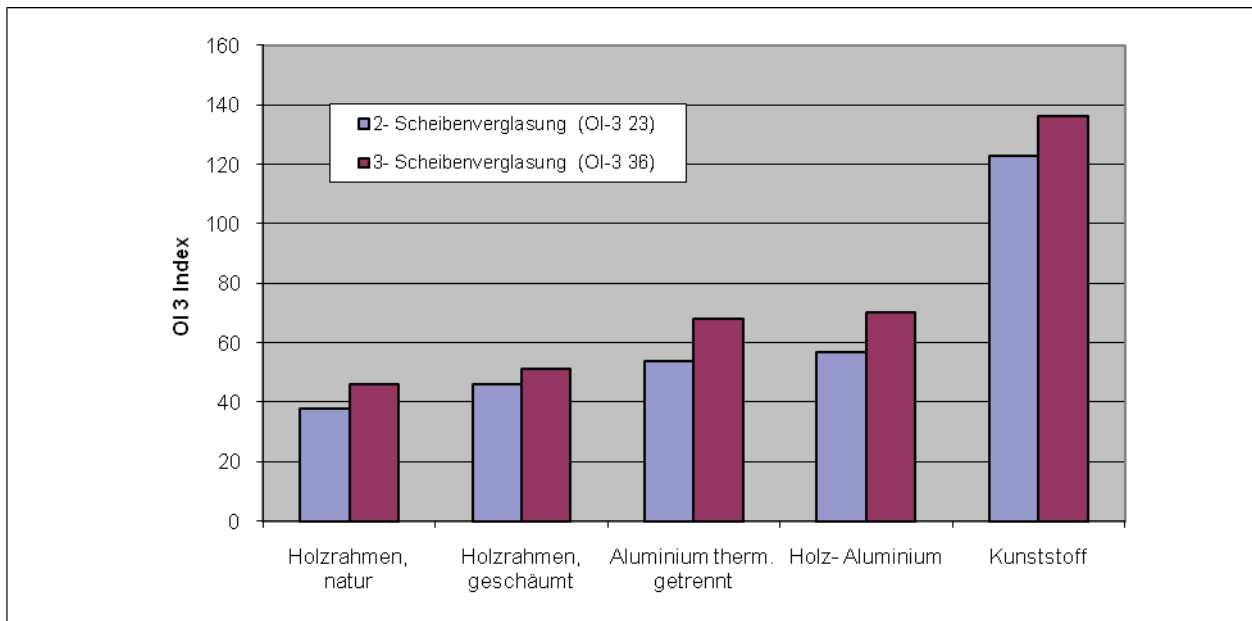


Abb. 68: Zusammenstellung der OI3 Werte<sup>35</sup> für unterschiedliche Rahmenwerkstoffe, Normfenster

## 5.2 Technische Vorteile für den kommunalen Wohnbau

Die ÖNORM EN 14351-1:2006 für die Klassifizierung der Fenster, die als Basis für die ÖNORM B 5300:2007 dient, geht von einem Klassifikationssystem für die Eigenschaften des Fenster aus.

Das Fenster als Teil der Gebäudehülle muss sowohl thermische, dampfdiffusionstechnische als auch schalltechnische Anforderungen erfüllen, die aus der Gesamtkonstruktion des Gebäudes heraus begründet sind.

Mit der Umsetzung der Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften durch die Übernahme der OIB-Richtlinien haben sich bzw. werden sich die Anforderungen an Fenster verschärfen.

Betrachtet man den für die Erfüllung der Anforderungen der OIB Richtlinie 6 notwendigen Wärmeschutz für Außenwände für den Neubau so liegen heute die U-Werte im Bereich circa  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dies bedeutet weiters, dass bei einem durchschnittlichen Fensterflächenanteil von 30 % ein Wärmeschutz des Fensters ( $U_w$ ) von maximal  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  zulässig ist.

Betrachtet man die Anforderungen an Fenster der letzten Jahre, so wird diese dramatische Verbesserung des Wärmeschutzes bei Fenstern deutlich. Dass diese Verbesserung des Wärmeschutzes von Fenstern nur mit hochwertigen Gläsern in Verbindung mit optimalen Rahmenwerkstoffen zu erreichen ist liegt auf der Hand. Mit Zweischeibenverglasungen kann ein  $U_g$ -Wert von  $< 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  nur mit extremem Aufwand zielsicher zu erreichen sein. Für weitere Absenkungen des  $U_g$ -Wertes werden daher Drei- oder Vierscheibenverglasungen bzw. Verglasungen mit Vakuumtechnologie benötigt.

Die Vakuumtechnologie für Verglasungen ist zwar bereits weit fortgeschritten, jedoch - nicht nur aus Kostengründen - einem breiteren Markt noch nicht zugänglich.

Jedenfalls bedeutet aber jetzt dieser Schritt von der Zweischeiben- zur Dreischeiben- bzw. Vierscheibenverglasung, dass die Flügelgewichte, bedingt durch die höheren Glasmassen, deutlich ansteigen.

<sup>35</sup> Quelle: URL: <http://www.baubook.at/BTR/?SW=5>.



Diese höheren Flügelgewichte sind rahmenwerkstoffunabhängig und führen, bei den immer größer werdenden Flügeldimensionen, zu einer massiven zusätzlichen Belastung der Beschläge die sich in der Funktionstauglichkeit auswirken.

Mit Hilfe von eigenen Klotzungs- bzw. Klebetechnologien wird bei einigen Rahmenwerkstoffen versucht, Glas als mittragendes Element für den Flügel einzusetzen.

Letztendlich ist es aber notwendig, die Begriffe Dauerhaftigkeit und der Leistungsfähigkeit über einen möglichst langen Nutzungszeitraum des Fensters darzustellen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde die Luft- und Schlagregendichtheit jeweils im Neuzustand als auch nach einer Dauerfunktionsprüfung, wie sie in der ÖNORM EN 1191:2000 formuliert ist, getestet.

In der ÖNORM B 5300:2007 ist dieses Prüfverfahren dargelegt unter „Besondere Anforderungen“. Sinn dieser besonderen Anforderungen ist es, über einen Zeitraum von 10 bis 15 Jahren die Leistungsfähigkeit des Fensters hinsichtlich Luft- und Schlagregendichtheit sicherzustellen.

Darüber hinaus wurden auch Versuche gemacht, die normgemäß vorgesehenen Wartungszyklen bei der Dauerfunktionsprüfung wegzulassen und so die Fensterkonstruktionen als auch insbesondere die Beschläge hinsichtlich ihrer Eigenschaften zu untersuchen.

Es hat sich gezeigt, dass auch ohne großen Wartungsaufwand bzw. generell ohne Wartungsaufwand die Fensterkonstruktionen 30.000 und mehr Öffnungs- und Schließzyklen schadfrei aufnehmen konnten.

Dieser technische Vorteil ist einerseits auf die Beschlagstechnologie als auch andererseits auf die Steifigkeit des Rahmenprofils und die sichere Befestigung der Beschläge am Rahmenmaterial begründbar.

Somit kann zusammengefasst werden, dass mit Aluminiumfenstern hochwertige Konstruktionen mit guten bis sehr guten Wärmedämmwerten bebaubar sind, die darüber hinaus die Eigenschaft aufweisen, bei konstruktiv richtiger Ausbildung der Beschläge und der Montage über einen langen Zeitraum praktisch wartungsfrei eingesetzt werden können.

Im Sinne des bereits angeführten Gedankens der Nachhaltigkeit bedeutet dies, dass der Zeitraum der Nutzungsdauer hoch angesetzt werden kann und darüber hinaus die thermischen als auch die Dichtheitseigenschaften sichergestellt sind.

### **5.3 Wirtschaftliche Betrachtung des Einsatzes hochwertiger Aluminiumfensterkonstruktionen**

In dieser Arbeit wurde im Rahmen einer wirtschaftlichen Betrachtung auf Basis von Laboruntersuchungen der Zusammenhang zwischen notwendigem Wartungsintervall, Wartungskosten und die wirtschaftlichen Auswirkungen untersucht.

Bedingt durch die deutlich höhere Nutzungsdauer bzw. den geringeren Wartungsaufwand kommt es bei Aluminiumfensterkonstruktionen zu einer Annäherung der Gesamtkosten des Fensters über die Nutzungsdauer bezogen auf die Rahmenwerkstoffe Holz, Holz/Aluminium und Kunststoff.

Zusammenfassend haben die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Ergebnis, dass die Lebenszykluskosten der Fensterkonstruktionen Fenster einflügelig und Balkontür aus Aluminium immer günstiger sind, als jene der Rahmenwerkstoffe Holz und Holz/Alu. Die Lebenszykluskosten der Fensterkonstruktion Fenster zweiflügelig aus Aluminium sind spätestens nach 11 Jahren günstiger als

jene der Rahmenwerkstoffe Holz und Holz/Alu. Im Vergleich mit den Fensterkonstruktionen aus Kunststoff sind die Lebenszykluskosten der Fensterkonstruktionen aus Aluminium nach längstens 26 Jahren günstiger.

Die für die Berechnungen erforderlichen Kennwerte wie Herstellungskosten, Wartungsaufwand und Nutzungszeitraum sind einem üblichen Marktspiegel entnommen und im Falle des Wartungsaufwandes auch den Erfahrungen der Prüfungen der Dauerfunktion gegenüber gestellt.

Zusätzlich wurden auch die Lebenszykluskosten der Fensterkonstruktionen für die Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff ohne jährliche Wartungskosten und daraus resultierender kürzerer Lebensdauern durchgeführt. Auch hier überzeugen die Fensterkonstruktionen aus Aluminium.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Musterwohnung, die eine beispielhafte Wohnung aus dem großvolumigen kommunalen Wohnbau darstellt mit fünf einflügeligen Fenstern und einer Balkontüre, unterstreicht die Wirtschaftlichkeit der hochwertigen Aluminiumfensterkonstruktionen.

Hinzuweisen ist, dass den Berechnungen eine Dreischeiben-Verglasung mit hoher Wärmedämmung zugrunde liegt.

#### **5.4 Ökologische Vorteile für den kommunalen Wohnbau**

Die Auswahl von Bauweisen, Baustoffen und Typgestaltung für Fenster im kommunalen Wohnbau, sowohl im Neubau als auch in der Sanierung, hängt von den architektonischen Vorgaben (Stichwort Denkmalschutz), den konstruktiven als auch den Nutzergewohnheiten ab.

Aus heutiger Sicht mit einem Zugang zur nachhaltigen Nutzung von Gebäuden werden die ökologischen Faktoren und die ökologischen Bewertungen differenzierter betrachtet. Dies zeigt sich deutlich an der derzeitigen Diskussion für Kunststoffe als auch Aluminium; Werkstoffe die einerseits in ihrer Herstellung als auch andererseits in ihrer Entsorgung bislang als problematisch gelten, können mit einem sinnvollen Rohstoffmanagement und einer optimierten Verarbeitung heute durchaus konkurrieren.

#### **5.5 Gesamtbetrachtung**

Die Anforderungen an Fenster und Fenstertüren haben sich in den letzten 10 bis 20 Jahren sowohl für den Neubau als auch für die Sanierung massiv verändert. Darüber hinaus ist zu beachten, dass auch im Sinne der nunmehrigen Diskussion zum Thema Nachhaltigkeit bzw. auch in Vorbereitung zur Umsetzung der europäischen Regelwerke für die Beschreibung der nachhaltigen Eigenschaften neue Themen in den Vordergrund drängen.

Dieses Positionspapier gibt anhand des Rahmenwerkstoffes Aluminium, auf Basis der derzeit marktüblichen Preissituationen, einen Einblick in funktionale, wirtschaftliche und ökologische Aspekte, welche bei der Auswahl des geeigneten Werkstoffes für Fenster von großer Bedeutung sind.

Unter Berücksichtigung des speziellen Nutzerverhaltens im kommunalen Wohnbau, besonders im Bereich der Mietwohnungen, können Fensterkonstruktionen auch bei höheren Herstellungskosten wirtschaftlicher sein, und zwar dann, wenn diese möglichst dauerhaft und wartungsarm sind, wodurch auch wirtschaftliche Vorteile für den Bauträger geschaffen werden können.

## 6 Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Lebenszykluskosten Musterwohnung (0 - 25 Jahre): Vergleich der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz/Alu und Holz .....</i>	<i>4</i>
<i>Abb. 2: Recycling-Kreislauf.....</i>	<i>27</i>
<i>Abb. 3 Fassade Bürogebäude 1030 Wien, Baujahr 1962/1963, Originalzustand, Architekt G. LIPPERT .....</i>	<i>34</i>
<i>Abb. 4: Muster der ersten Seite eines Energieausweises.....</i>	<i>36</i>
<i>Abb. 5: Produktion und Recycling von Aluminium.....</i>	<i>39</i>
<i>Abb. 6: Prüffenster 1 nach den Prüfungen .....</i>	<i>45</i>
<i>Abb. 7: Prüffenster 2 im Prüfstand.....</i>	<i>46</i>
<i>Abb. 8: Fenster 3 im Dauerfunktionsprüfstand.....</i>	<i>47</i>
<i>Abb. 9: Rahmen: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (unverzinst) .....</i>	<i>53</i>
<i>Abb. 10: Rahmen: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (unverzinst).....</i>	<i>53</i>
<i>Abb. 11: Teile: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (unverzinst).....</i>	<i>55</i>
<i>Abb. 12: Teile: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (unverzinst).....</i>	<i>56</i>
<i>Abb. 13: Bauteile: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (verzinst).....</i>	<i>58</i>
<i>Abb. 14: Bauteile: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (verzinst) .....</i>	<i>59</i>
<i>Abb. 15: Aluminium-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>62</i>
<i>Abb. 16: Aluminium-Balkontür einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>63</i>
<i>Abb. 17: Aluminium-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>64</i>
<i>Abb. 18: Holz-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>65</i>
<i>Abb. 19: Lebenszykluskosten: Holz-Fenster vs. Aluminium-Fenster.....</i>	<i>65</i>
<i>Abb. 20: Holz/Alu-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt .....</i>	<i>66</i>
<i>Abb. 21: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Fenster vs. Aluminium-Fenster .....</i>	<i>67</i>
<i>Abb. 22: Kunststoff-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>68</i>
<i>Abb. 23: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Fenster vs. Aluminium-Fenster .....</i>	<i>68</i>
<i>Abb. 24: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe.....</i>	<i>69</i>
<i>Abb. 25: Holz-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt .....</i>	<i>70</i>
<i>Abb. 26: Lebenszykluskosten: Holz-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür.....</i>	<i>70</i>
<i>Abb. 27: Holz/Alu-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>71</i>
<i>Abb. 28: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür .....</i>	<i>72</i>
<i>Abb. 29: Kunststoff-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>73</i>
<i>Abb. 30: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür .....</i>	<i>73</i>
<i>Abb. 31: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe.....</i>	<i>74</i>
<i>Abb. 32: Holz-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt .....</i>	<i>75</i>
<i>Abb. 33: Lebenszykluskosten: Holz-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig .....</i>	<i>75</i>
<i>Abb. 34: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>76</i>
<i>Abb. 35: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig.....</i>	<i>77</i>
<i>Abb. 36: Kunststoff-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt.....</i>	<i>78</i>
<i>Abb. 37: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig .....</i>	<i>78</i>
<i>Abb. 38: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe.....</i>	<i>79</i>

<i>Abb. 39: Aluminium-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	82
<i>Abb. 40: Holz-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	83
<i>Abb. 41: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Fenster vs. Aluminium-Fenster</i> .....	83
<i>Abb. 42: Holz/Alu-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	84
<i>Abb. 43: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Fenster vs. Aluminium-Fenster</i> .....	85
<i>Abb. 44: Kunststoff-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	85
<i>Abb. 45: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Fenster vs. Aluminium-Fenster</i> .....	86
<i>Abb. 46: Lebenszykluskostenvergleich: einflügeliges Fenster</i> .....	86
<i>Abb. 47: Aluminium-Balkontür: Lebenszykluskosten</i> .....	87
<i>Abb. 48: Holz-Balkontür: Lebenszykluskosten</i> .....	88
<i>Abb. 49: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür</i> .....	88
<i>Abb. 50: Holz/Alu-Balkontür: Lebenszykluskosten</i> .....	89
<i>Abb. 51: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür</i> .....	89
<i>Abb. 52: Kunststoff-Balkontür: Lebenszykluskosten</i> .....	90
<i>Abb. 53: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür</i> .....	90
<i>Abb. 54: Lebenszykluskostenvergleich: Balkontür</i> .....	91
<i>Abb. 55: Aluminium-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	92
<i>Abb. 56: Holz-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	92
<i>Abb. 57: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig</i> .....	93
<i>Abb. 58: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	94
<i>Abb. 59: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig</i> .....	94
<i>Abb. 60: Kunststoff-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten</i> .....	95
<i>Abb. 61: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig</i> .....	95
<i>Abb. 62: Lebenszykluskostenvergleich: Fenster zweiflügelig</i> .....	96
<i>Abb. 63: Musterwohnung – Aluminium: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt</i> .....	98
<i>Abb. 64: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Holz und Aluminium</i> .....	99
<i>Abb. 65: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Holz/Alu und Aluminium</i> .....	100
<i>Abb. 66: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Kunststoff und Aluminium</i> .....	101
<i>Abb. 67: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Vergleich der Rahmenwerkstoffe</i> .....	101
<i>Abb. 68: Zusammenstellung der OI3 Werte für unterschiedliche Rahmenwerkstoffe, Normfenster</i> .....	104

## 7 Literaturverzeichnis

Pech, A., Pommer, G., Zeininger, J. (2005): Fenster, 1. Auflage, Baukonstruktionen Band 11 (Wien, Springer)

MA 39: Muster Energieausweis – Wohngebäude, Wien: MA 39, 2008

MA 39: Wann bekomme ich einen Energieausweis? – Wohngebäude, Wien: MA 39, 2008

ON: ÖNORM B 1801-1 Kosten im Hoch- und Tiefbau, Kostengliederung, Wien: ON, 2002

ON: ÖNORM B 5300 Fenster – Anforderungen – Ergänzungen zur ÖNORM EN 14351-1, Wien: ON, 2007

ON: ÖNORM B 5305 Fenster – Kontrolle und Instandhaltung, Wien: ON, 2006

ON: ÖNORM B 5312 Holz-Fenster – Konstruktionsregeln, Wien: ON, 1992

ON: ÖNORM B 5320 Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen – Grundlagen für Planung und Ausführung, Wien: ON, 2006

ON: ÖNORM EN 14351-1 Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren ohne Eigenschaften bezüglich Feuerschutz und/oder Rauchdichtheit, , Wien: ON, 2007

ON: ÖNORM EN 15643-1 Nachhaltigkeit von Bauwerken — Ganzheitliche Bewertung der Qualität von Gebäuden – Teil 1: Generelle Rahmenbedingungen (Entwurf), Wien: ON, 2009

OIB: OIB – Richtlinie 3, Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, Wien: OIB, 2007





OIB: OIB – Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, Wien: OIB, 2007



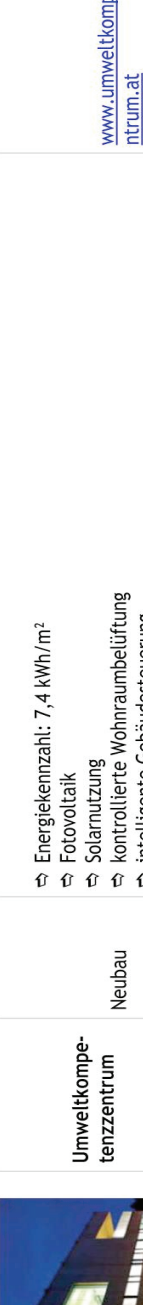
OIB: Leitfaden energietechnisches Verhalten von Gebäuden, Ver. 2.6, OIB-300.6-039/07, Wien: OIB, 2007


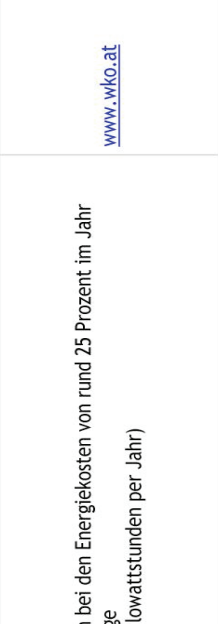

Wr. LGBl. 1989/18 idF 2006/67, Gesetz über die Förderung des Wohnungsneubaus und der Wohnhaussanierung und die Gewährung von Wohnbeihilfe (Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz – WWFSG 1989),

## 8 Anhang

### 8.1 Anhang A

Alphabetische Listung	Bezeichnung & Standort	Neubau / Sanierung	Begründung	Nähere Infos
	<b>Adler Lounge</b> 9981 Kals am Großglockner	Neubau	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Bau in großer Höhe</li> <li>⇒ ausgesetzt den rüden Klimatischen Verhältnissen des Hochgebirges,</li> <li>⇒ stellt natürlich höchste Anforderungen an Material und Verarbeitung - insbesondere der Fassaden mit entsprechender Wärmedämmung (U-Wert - 1 W/m²K)</li> <li>⇒ bei Planung und Konstruktion Windlasten bis zu 200 km/h berücksichtigt</li> </ul>	<a href="http://www.adlerlounge.at">www.adlerlounge.at</a>
	<b>Bezirkspensio-nistenheim</b> 8160 Weiz	Sanierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Hochwertige Sanierung des im Jahr 1973 errichteten Gebäudes im Jahr 2005/06</li> <li>⇒ Heizwärmebedarf vor Sanierung: 157 kWh/m²a</li> <li>⇒ Heizwärmebedarf nach Sanierung: 24 kWh/m²a</li> <li>⇒ Maßnahmen: Dämmen der gesamten Gebäudehülle, Dämmen der Wärmebrücken, Fenstertausch, Wohnraumlüftung mit WRG</li> <li>⇒ Wärmebedarfsreduktion: 85%</li> </ul>	<a href="http://weiz.weiz-sozial.at">http://weiz.weiz-sozial.at</a>
	<b>EFH ALU MINI</b> UM Press- baum/Rekawink el	Neubau	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ klima:aktiv-Haus (830 von 1000 Punkten des klima:aktiv-Kriterienkatalog)</li> <li>⇒ Energiekennzahl 15kWh/m²a</li> <li>⇒ kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe</li> <li>⇒ Aluminium-Fenster- und Fassadenkonstruktion mit U-Wert - 1 W/m²K</li> </ul>	<a href="http://www.alufenster.at/show_content2.php?szid=619">www.alufenster.at/show_content2.php?szid=619</a>
	<b>Marximum</b> 1110 Wien	Neubau	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Österreichische Energieagentur hat Marximum bereits vor Eröffnung als GreenBuilding anerkannt</li> <li>⇒ Primärenergie minus - 25 Prozent (zu vergleichbaren Neubauten)</li> <li>⇒ Nebenkosten minus - 13 Prozent (zu vergleichbaren Neubauten)</li> <li>⇒ CO2-Emissionen minus ca. 66 Prozent (zu vergleichbaren Neubauten)</li> <li>⇒ thermoaktive Decken zur Klimatisierung (zugluft- und staubfrei)</li> </ul>	<a href="http://www.marximum.at">www.marximum.at</a>

Alphabetische Listung	Bezeichnung & Standort	Neubau / Sanierung	Begründung	Nähere Infos
	<p><b>Power Tower</b> 4020 Linz</p>	<p>Neubau</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇨ Hochhaus in Passivhausstandard (Energiekennzahl: 10 kWh/m<sup>2</sup>a)</li> <li>⇨ Neues revolutionäres Fassadenkonzept „Low Energy Double Skin“ System</li> <li>⇨ Niedriger Heizwärmebedarf (Wärmedämmwert Uges &lt; 0,6 W/m<sup>2</sup>K)</li> <li>⇨ Niedriger Kühlbedarf durch Reduktion des solaren Wärmeeintrages um 90 %</li> <li>⇨ Optimale Durchlässigkeit für Tageslicht und damit reduzierter Kunstlichteinsatz</li> <li>⇨ Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlage: 650 Quadratmeter (42.000 kWh Strom pro Jahr)</li> <li>⇨ Abgehängte Kühldecken mit Strahlungswirkung ohne Konvektion</li> <li>⇨ Kühlen über Wärmepumpensystem mit Erdsonden</li> </ul>	<p><a href="http://www.alufenster.at/show_content.php?sid=324&amp;szid=0&amp;replaceZ=719">www.alufenster.at/show_content.php?sid=324&amp;szid=0&amp;replaceZ=719</a></p>
	<p><b>Rivergate</b> 1200 Wien</p>	<p>Neubau</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇨ GreenBuilding-Auszeichnung</li> <li>⇨ Quelllüftung (Luftwechselzahlen in Abhängigkeit der Personenzahl, thermische Aufbereitung der Zuluft, Reduktion des Gesamtenergiebedarfs durch effiziente WRG)</li> <li>⇨ Optional stille Kühlung nach dem Prinzip der Quelllüftung (Hohe Kühlleistungen). Zusätzlich Zuluftung über Fensterlüftung.</li> <li>⇨ Beheizung der Räume über Bauteilaktivierung,</li> <li>⇨ Nutzung Abwärme (z.B. Serverräume)</li> <li>⇨ Sonnenschutz nach Fassadentyp optimiert (Südseite solare Kühlung).</li> <li>⇨ Erwärmung und Kühlung der Zuluft über Geothermie</li> <li>⇨ Reduzierung der Betriebskosten und des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes</li> </ul>	<p><a href="http://www.rivergate.at">www.rivergate.at</a></p>
	<p><b>Umweltkompetenzzentrum</b> 8244 Schaffern</p>	<p>Neubau</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇨ Energiekennzahl: 7,4 kWh/m<sup>2</sup></li> <li>⇨ Fotovoltaik</li> <li>⇨ Solarnutzung</li> <li>⇨ kontrollierte Wohnraumbelüftung</li> <li>⇨ intelligente Gebäudesteuerung</li> <li>⇨ Vakuumdämmung (Terrasse und Loggia)</li> <li>⇨ 4-Scheibenverglasung (bei Verbundfenster)</li> </ul>	<p><a href="http://www.umweltkompetenzzentrum.at">www.umweltkompetenzzentrum.at</a></p>

Alphabetische Listung	Bezeichnung & Standort	Neubau / Sanierung	Begründung	Nähere Infos
	<p>UNIQA Tower 1020 Wien</p>	<p>Neubau</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ GreenBuilding-Auszeichnung</li> <li>☞ Unterirdisch verlegte Absorberleitungen (Wärme aus dem Erdreich im Winter, im Sommer umgekehrt)</li> <li>☞ im Gebäude entstehende Wärme wird aufgenommen und zurück ins Fundament transportiert.</li> <li>☞ Intelligente Fassade: durchgehende, zweischalige Glasfassade mit sehr hohen Dämmwerten (ist in das umweltfreundliche Heiz- und Kühlsystem eingebunden)</li> <li>☞ Quellluftklimatisierung und eine konvektive Kühldecke im Inneren des Towers</li> </ul>	<p><a href="http://tower.uniqqa.at/index_tow.php">http://tower.uniqqa.at/index_tow.php</a></p>
	<p>Wirtschaftskammer Österreich 1045 Wien</p>	<p>Sanierung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Durch Sanierung Einsparungen bei den Energiekosten von rund 25 Prozent im Jahr</li> <li>☞ Wiens größte Fotovoltaikanlage (450 Quadratmeter, 34.000 Kilowattstunden per Jahr)</li> </ul>	<p><a href="http://www.wko.at">www.wko.at</a></p>
	<p>Wirtschaftszentrum NO St. Pölten</p>	<p>Neubau</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ GreenBuilding Partner-Status (am 5. November 2009 als einer der energieeffizientesten und nachhaltigsten Bürokomplexe Österreichs)</li> <li>☞ Auszeichnung zum Klima:aktiv-Dienstleistungsgebäude</li> </ul>	<p><a href="http://www.bauenergieumwelt.at/ecoplus/cluster/beuc/88498.htm">www.bauenergieumwelt.at/ecoplus/cluster/beuc/88498.htm</a></p>



## 8.2 Anhang B

### FENSTERPREISRECHERCHE DES INSTITUTES FÜR INTERDISZIPLINÄRES BAUPROZESSMANAGEMENT, TU WIEN

#### VORBEMERKUNGEN:

Der Preisrecherche liegt ein fiktives Projekt des kommunalen Wohnbaus in Wien zugrunde. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Fensterpreise ersuche ich Sie bis spätestens Freitag, xx.yy.20zz, die ausgepreisten Formulare per Fax (+43/1/58801-23499) oder per E-Mail an (maier@ibb.tuwien.ac.at) zu senden.

#### Rahmenwerkstoffe: ALUMINIUM, HOLZ-ALU, HOLZ, KUNSTSTOFF

Die Preise (exkl. MwSt.) werden für folgende Komponenten der Fensterkonstruktion für jeden Rahmenwerkstoff **OHNE LIEFERUNG UND MONTAGE** benötigt:

- Stock- und Flügelrahmen inkl. Beschichtungen und Zubehör (Eckwinkel, Stoßverbinder, Kleinteile und Fertigung)
- Dichtungen (Mittel, Verglasung und Anschlag)
- Beschläge (Stand der Technik)
- Griff
- Verglasung

Den Fensterpreisen sind die im Formular angeführten Stückzahlen zugrunde zu legen. Der **Einheitspreis** wird **automatisch berechnet und kann nicht eingegeben werden**; es ist kein Positionspreis anzugeben.

Materialien und Beschläge: Es gelten die einschlägigen ÖNORMEN in der letztgültigen Fassung und die Anwendungsrichtlinien der Systemhersteller. Alle Fenster sind mit Blindstöcken auszuführen. Oberflächen entsprechend den Herstellervorschriften und den betreffenden Normen.

Verglasung: Wärmeschutzisolierglas, Aufbau und  $U_g$ -Wert siehe Ausschreibung.

Gütezeichen: Der Eignungsnachweis gilt auch als erbracht, wenn die angebotenen Fenster das Gütezeichen der Arbeitsgemeinschaft zur Förderung österreichischer Qualitätsarbeit (1010 Wien, Bauernmarkt 18) haben oder wenn die darin enthaltenen Gütevorschriften durch eine akkreditierte Prüf- oder Überwachungsstelle als erfüllt bestätigt werden. Dies gilt auch für die Qualität der Fensterstockprofile.

**Ausschreibungen für alle Rahmenwerkstoffe für jeweils drei Fenstertypen siehe nachfolgende Seiten.**

PosNr.	ZA	Positionstext	Menge	EH	Rahmenwerkstoff:
1.001	Z	<b>Fenster einflügelig (DK) mit fixverglaster Unterlichte</b>			
		DK-Flügel: h = 1.500 mm, b = 1.100 mm; Fixverglasung: h = 500 mm Verglasung: 4/14/4/14/4; PSI = 0,05; U <sub>g</sub> = 0,6 W/m <sup>2</sup>			
		Komponenten:			
		Stock- und Flügelrahmen inkl. Beschichtungen und Zubehör (Eckwinkel, Stoßverbinder, Kleinteile und Fertigung):			€
		Dichtungen (Mittel, Verglasung und Anschlag):			€
		Beschläge (Stand der Technik):			€
		Griff:			€
		Verglasung:			€
		<b>500 Stk.</b>			<b>Einheitspreis: €</b>
1.002	Z	<b>Balkontür einflügelig</b>			
		Abmessungen: h = 2.500 mm, b = 1.100 mm Verglasung: 6/12/4/12/6; PSI = 0,05; U <sub>g</sub> = 0,7 W/m <sup>2</sup>			
		Komponenten:			
		Stock- und Flügelrahmen inkl. Beschichtungen und Zubehör (Eckwinkel, Stoßverbinder, Kleinteile und Fertigung):			€
		Dichtungen (Mittel, Verglasung und Anschlag):			€
		Beschläge (Stand der Technik):			€
		Griff:			€
		Verglasung:			€
		<b>100 Stk.</b>			<b>Einheitspreis: €</b>
1.003	Z	<b>Stulpfenster zweiflügelig</b>			
		Abmessungen: h = 1.480 mm, b = 1.800 mm Verglasung: 4/12/4/12/4; PSI = 0,06; U <sub>g</sub> = 0,6 W/m <sup>2</sup>			
		Komponenten:			
		Stock- und Flügelrahmen inkl. Beschichtungen und Zubehör (Eckwinkel, Stoßverbinder, Kleinteile und Fertigung):			€
		Dichtungen (Mittel, Verglasung und Anschlag):			€
		Beschläge (Stand der Technik):			€
		Griff:			€
		Verglasung:			€
		<b>500 Stk.</b>			<b>Einheitspreis: €</b>

### 8.3 Anhang C

Prüfung	Fenster 1	Fenster 2	Fenster 3	Fenster 4	Fenster 5
MA 39 intern	0111	0194	0915	1052	1372
Bauart	1, Holz-Alu	2, Holz-Alu	1, Holz-Alu	1, Holz-Alu	1, Holz-Alu
<b>Eingangsprüfung</b>					
Bedienkräfte	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1
Luftdurchlässigkeit	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4
Schlagregendichtheit	Klasse 9A	Klasse 9A	Klasse E 900	Klasse E 900	Klasse E 900
Dauerfunktionsprüfung	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2
	Bei 7500 Zyklen: geringfügige Nachstellarbeiten	Bei 2500 Zyklen: Nachstellarbeiten	Bei 2500 Zyklen: Nachstellarbeiten	Bei 2500 Zyklen: Nachstellarbeiten	
<b>Schlussprüfung</b>					
Bedienkräfte	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1	Kl. 2 Verbesserung !
Luftdurchlässigkeit	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4
Schlagregendichtheit	Klasse 9A	Klasse 9A	Klasse E 900	Klasse E 900	Klasse E 900

**Bauart: 1) einflügeliges Fenster mit fixer Unterlichter; 2) Balkontüre (h ca. 2100 mm – 2350 mm)**

Anmerkung zur Schlagregendichtheit: Klasse 9A entspricht 600 Pa Druckdifferenz, Klasse E 750 entspricht 750 Pa und E 900 entsprechen 900 Pa.

Prüfung	Fenster 6	Fenster 7	Fenster 8	Fenster 9	Fenster 10
MA 39 intern	1376	0126	1333	1334	1336
Bauart	2, Holz-Alu	1, Holz-Alu	1, PVC hart	2, PVC hart	1, PVC hart
<b>Eingangsprüfung</b>					
Bedienkräfte	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1
Luftdurchlässigkeit	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4
Schlagregendichtheit	Klasse E 900	Klasse E 900	Klasse E 750	Klasse 9A	Klasse E 900
Dauerfunktionsprüfung	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2
	Bei 5000 Zyklen: schmieren und Nachstellarbeiten		Bei 5000 Zyklen: schmieren und Nachstellarbeiten, bei 7500 Zyklen: leichte Verschleißerscheinungen im Getriebe; bei 10.000 Zyklen starke Abnutzung im Getriebekasten	Bei 5000 Zyklen: schmieren und Nachstellarbeiten	Bei 5000 Zyklen: schmieren und Nachstellarbeiten
<b>Schlussprüfung</b>					
Bedienkräfte	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1	Klasse 1
Luftdurchlässigkeit	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 4
Schlagregendichtheit	Klasse E 900	Klasse E 900	Klasse E 750	Klasse 9A	Klasse E 900
<b>Bauart: 1) einflügeliges Fenster mit fixer Unterlichte; 2) Balkontüre (h ca. 2100 mm – 2350 mm)</b>					

Anmerkung zur Schlagregendichtheit: Klasse 9A entspricht 600 Pa Druckdifferenz, Klasse E 750 entspricht 750 Pa und E 900 entsprechen 900 Pa.

## 8.4 Anhang D

Jahr	Aluminium	Holz	Holz/Alu	Kunststoff
0	0 €	0 €	0 €	0 €
1	5.082 €	5.219 €	5.440 €	3.746 €
2	5.298 €	5.555 €	5.711 €	3.987 €
3	5.522 €	5.905 €	5.994 €	4.238 €
4	5.756 €	6.268 €	6.287 €	4.499 €
5	5.999 €	6.646 €	6.593 €	4.770 €
6	6.251 €	7.039 €	6.910 €	5.052 €
7	6.514 €	7.448 €	7.241 €	5.346 €
8	6.787 €	7.873 €	7.584 €	5.651 €
9	7.071 €	8.316 €	7.941 €	5.968 €
10	7.367 €	8.776 €	8.313 €	6.299 €
11	7.674 €	9.254 €	8.699 €	6.642 €
12	7.994 €	9.751 €	9.101 €	6.999 €
13	8.326 €	10.269 €	9.519 €	7.370 €
14	8.672 €	10.807 €	9.954 €	7.756 €
15	9.032 €	11.366 €	10.406 €	8.158 €
16	9.405 €	11.948 €	10.876 €	8.576 €
17	9.794 €	12.554 €	11.365 €	9.010 €
18	10.199 €	13.183 €	11.873 €	9.462 €
19	10.619 €	13.838 €	12.402 €	9.932 €
20	11.057 €	14.518 €	12.952 €	10.420 €
21	11.512 €	15.226 €	13.524 €	10.928 €
22	11.985 €	15.963 €	14.118 €	11.457 €
23	12.477 €	16.729 €	14.737 €	12.007 €
24	12.989 €	17.525 €	15.380 €	12.578 €
25	13.521 €	18.353 €	16.049 €	13.173 €
26	14.516 €	19.656 €	17.186 €	17.508 €
27	15.109 €	20.569 €	17.928 €	18.300 €
28	15.726 €	21.519 €	18.699 €	19.123 €
29	16.368 €	22.507 €	19.500 €	19.979 €
30	17.035 €	23.535 €	20.334 €	20.870 €
31	17.729 €	24.604 €	21.201 €	21.796 €
32	18.451 €	25.715 €	22.103 €	22.759 €
33	19.202 €	26.871 €	23.041 €	23.761 €
34	19.982 €	28.073 €	24.017 €	24.803 €
35	20.794 €	29.323 €	25.031 €	25.886 €
36	21.639 €	30.624 €	26.087 €	27.013 €
37	22.517 €	31.976 €	27.184 €	28.185 €
38	23.430 €	33.382 €	28.325 €	29.404 €
39	24.380 €	34.845 €	29.512 €	30.671 €
40	25.368 €	36.366 €	30.746 €	31.989 €
41	27.093 €	43.102 €	32.728 €	33.360 €
42	28.190 €	44.953 €	34.091 €	34.786 €
43	29.330 €	46.879 €	35.508 €	36.269 €
44	30.516 €	48.881 €	36.983 €	37.811 €
45	31.749 €	50.964 €	38.516 €	39.415 €
46	33.032 €	53.130 €	40.110 €	41.083 €
47	34.366 €	55.382 €	41.768 €	42.817 €
48	35.753 €	57.725 €	43.493 €	44.621 €
49	37.196 €	60.161 €	45.287 €	46.498 €
50	38.696 €	62.695 €	47.152 €	48.449 €
51	40.698 €	65.771 €	54.540 €	54.195 €
52	42.338 €	68.529 €	56.776 €	56.454 €
53	44.044 €	71.397 €	59.101 €	58.804 €
54	45.819 €	74.380 €	61.519 €	61.247 €
55	47.664 €	77.483 €	64.033 €	63.789 €
56	49.584 €	80.710 €	66.649 €	66.432 €
57	51.580 €	84.065 €	69.368 €	69.180 €
58	53.655 €	87.555 €	72.197 €	72.039 €
59	55.814 €	91.185 €	75.139 €	75.012 €
60	58.060 €	94.959 €	78.198 €	78.103 €

Tab. 44: Musterwohnung: Fensterkosten in €

	Anschaffung		LZK mit Wartung	
	Kosten	Index	Kosten	Index
Aluminium	4.874 €	100 %	58.060 €	100 %
Holz/Alu	5.179 €	106 %	78.198 €	135 %
Holz	4.896 €	100 %	94.959 €	164 %
Kunststoff	3.514 €	72 %	78.103 €	135 %

**Tab. 45: Musterwohnung (5 Fenster einflügelig und 1 Balkontür einflügelig): Indexwerte der Anschaffungs- und Lebenszykluskosten über 60 Jahre**

	Anschaffung	Lebenszykluskosten	
		mit Wartung	ohne Wartung
Aluminium	100 %	100 %	100 %
Holz/Alu	106%	133%	134%
Holz	100%	161%	173%
Kunststoff	71%	130%	124%

**Tab. 46: Fenster einflügelig: Indexwerte der Anschaffungs- und Lebenszykluskosten über 60 Jahre**

	Anschaffung	Lebenszykluskosten	
		mit Wartung	ohne Wartung
Aluminium	100 %	100 %	100 %
Holz/Alu	108%	136%	137%
Holz	101%	161%	173%
Kunststoff	78%	142%	136%

**Tab. 47: Balkontür einflügelig: Indexwerte der Anschaffungs- und Lebenszykluskosten über 60 Jahre**

	Anschaffung	Lebenszykluskosten	
		mit Wartung	ohne Wartung
Aluminium	100 %	100 %	100 %
Holz/Alu	98%	124%	125%
Holz	84%	136%	144%
Kunststoff	71%	129%	122%

**Tab. 48: Fenster zweiflügelig: Indexwerte der Anschaffungs- und Lebenszykluskosten über 60 Jahre**





GEMEINSCHAFTSMARKE ALU-FENSTER, -FASSADEN, -TÜREN, -PORTALE, -WINTERGÄRTEN