

# **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 zwei-flügeliges 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

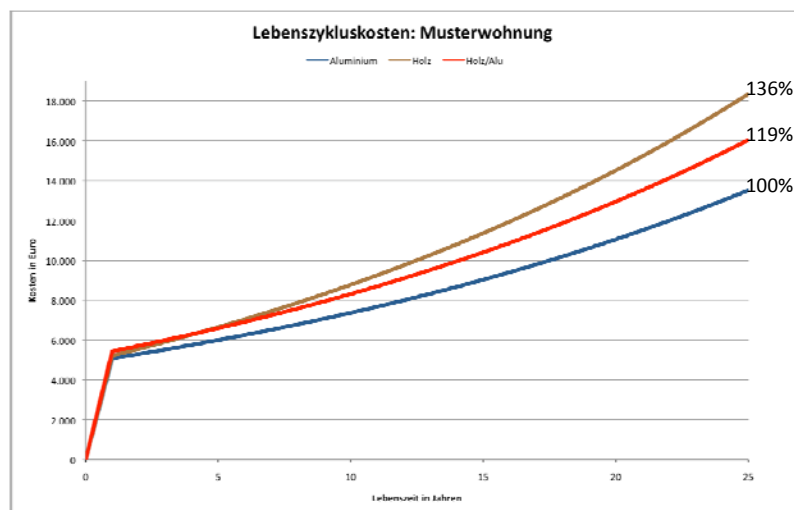
### Auftragnehmer

- 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 Nachstellarbeiten)
    - 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  $K^{\text{end}}$  (End-, Zeitwert) aus einem gegebenem Anfangskapital  $K^{\text{bar}}$  (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  $K^{\text{bar}}$  wird um Zinseszinsen vermehrt zum Endkapital  $K^{\text{end}}$ .

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

### ▪ **Aufzinsungsfaktor $q^m$**

Durch Multiplikation des Anfangskapital  $K^{\text{bar}}$  mit dem Aufzinsungsfaktor  $q^m$  erhält man das um Zinsen bzw. Zinseszinsen vermehrte Endkapital  $K^{\text{end}}$ . 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  $K_{er}$  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 raumschließenden 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 Emissionsituation deutlich zu verbessern.

- PVC-Fenster:

Eine Erhöhung des PVC-Altmaterials würde zu einer Verbesserung der Emissionsituation 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. Topritzhofer, T. Leopoldseder, 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:

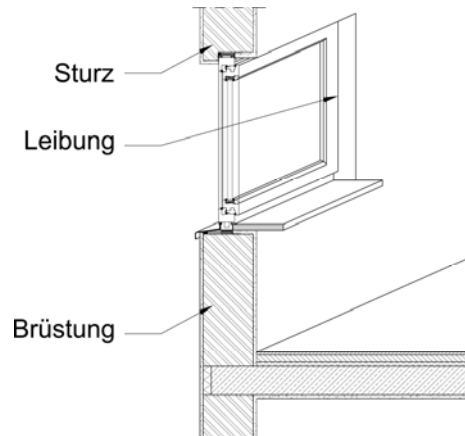
- Einsatz von Roh- und Hilfsstoffen,
- Energieverbrauch,
- Belastung von Luft, Wasser und Boden durch Schadstoffe,
- Entstehung von Abfällen,

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.

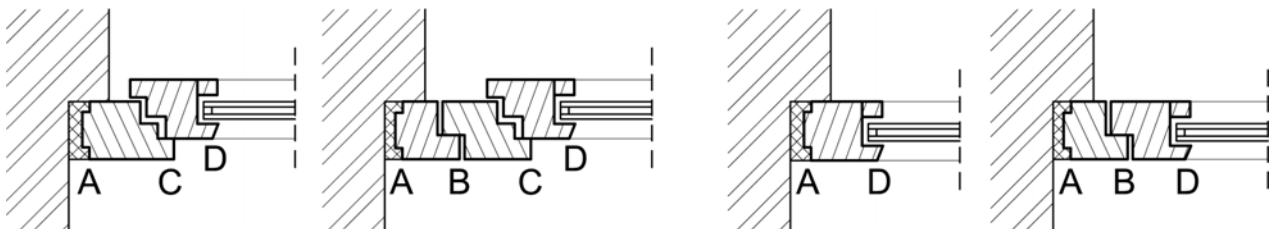
## 2 Wissensbasis Fenster (allgemein)

### 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

ÖFFNBARE FENSTER

FIXVERGLASUNGEN

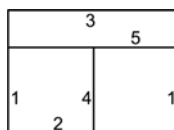
A: RAHMEN UND MAUERWERK

B: BLINDSTOCK UND RAHMEN

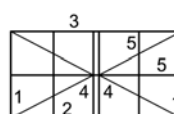
C: FLÜGELPROFIL UND RAHMEN

D: GLAS UND FLÜGEL

Profilbezeichnungen nach ÖNORM B 5306:1990 (Zurückziehung: 2005-11-01).



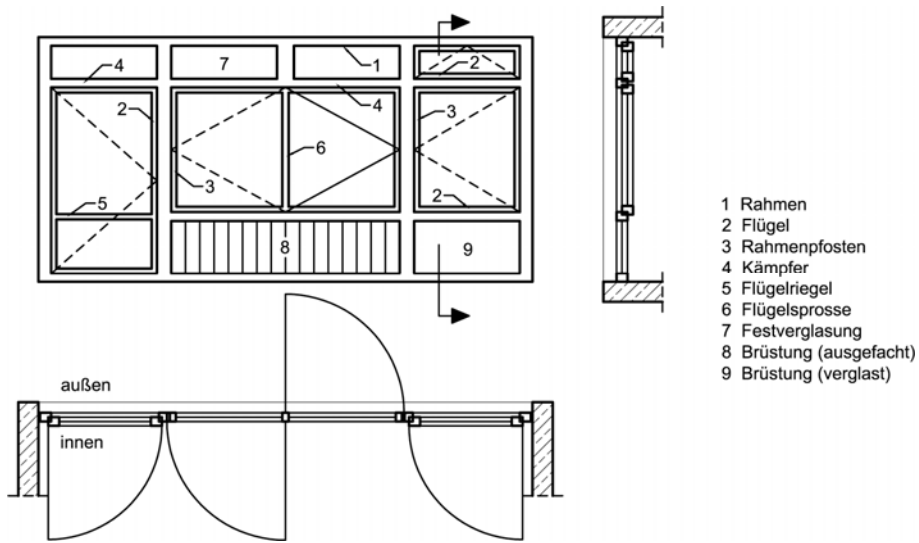
- 1 Lotrechtes Stockprofil
- 2 Unteres Stockprofil
- 3 Oberes Stockprofil
- 4 Pfosten
- 5 Kämpfer



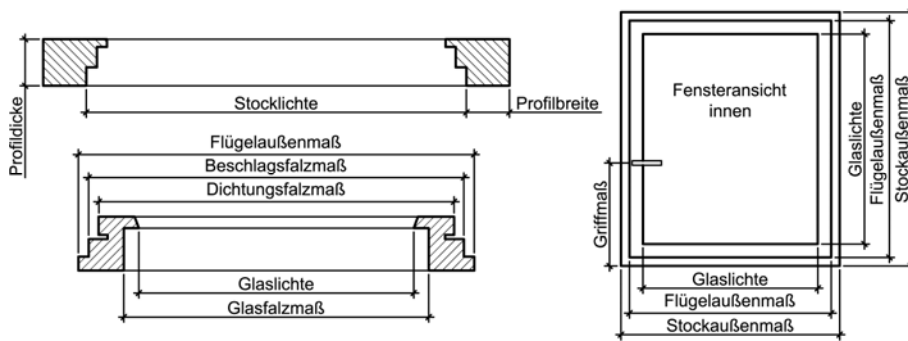
- 1 Lotrechtes Flügelprofil
- 2 Unteres Flügelprofil
- 3 Oberes Flügelprofil
- 4 Einschlagstück
- 5 Sprosse

<sup>7</sup> Quelle: Pech, A., Pommer, G., Zeininger, J. (2005): Fenster, 1. Auflage, Baukonstruktionen Band 11 (Wien, Springer)

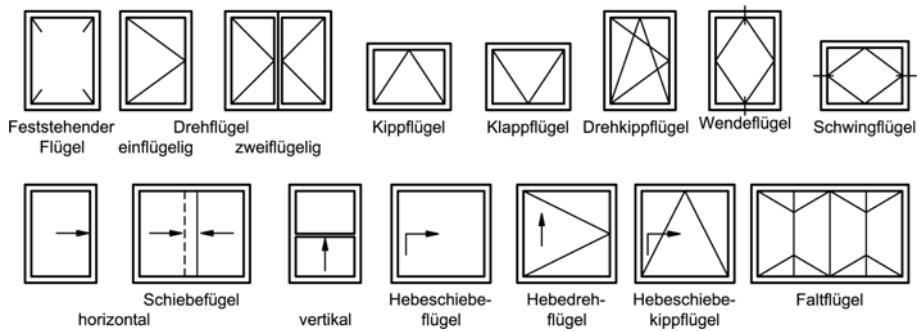
Teile von Stockrahmen und Flügelrahmen nach ÖNORM B :1990 (Zurückziehung: 2005-11-01).



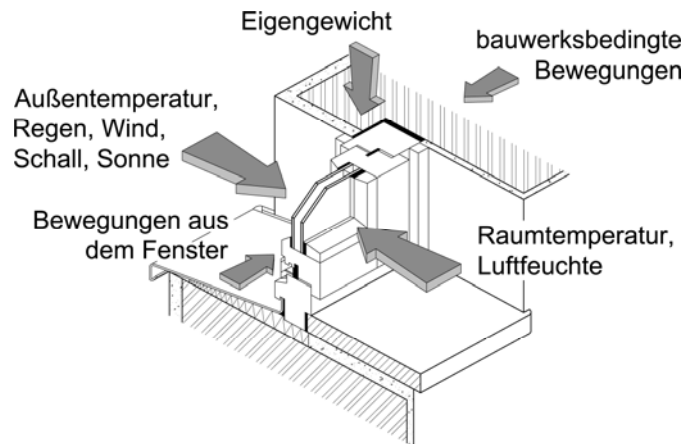
Maßbegriffe nach ÖNORM B 5306:1990 (Zurückziehung: 2005-11-01).



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:

- Drehflügel Fenster
- Schiebefenster
- Drehkipfenster
- Stulpfenster (Fenster zweiflügelig)
- Dreiflügeliges Fenster ohne Kämpfer
- Schwingflügel Fenster
- 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. Wärmedämmte 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 hochwärmedämmte 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. Holzgleichgewichtsfeuchten 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 Anfrierens 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 vorgesezten 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 Prüfreihefolge 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.

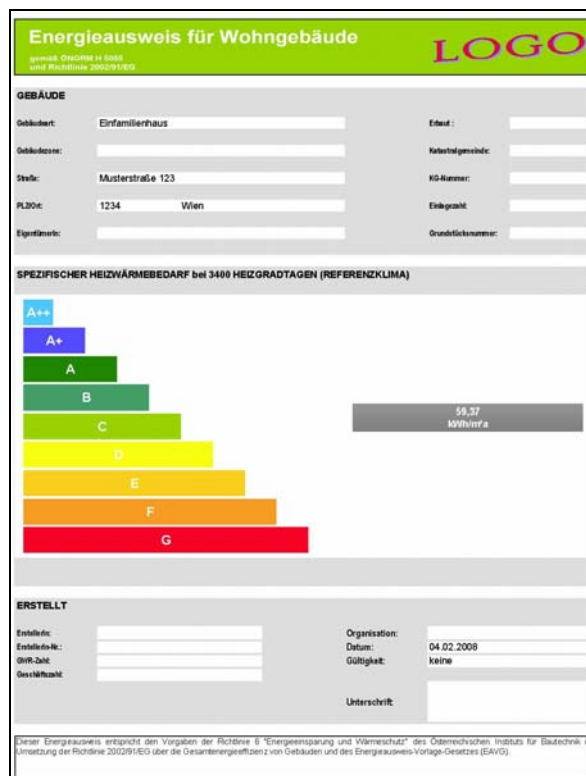


Abb. 4: Muster der ersten Seite eines Energieausweises<sup>20</sup>

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>

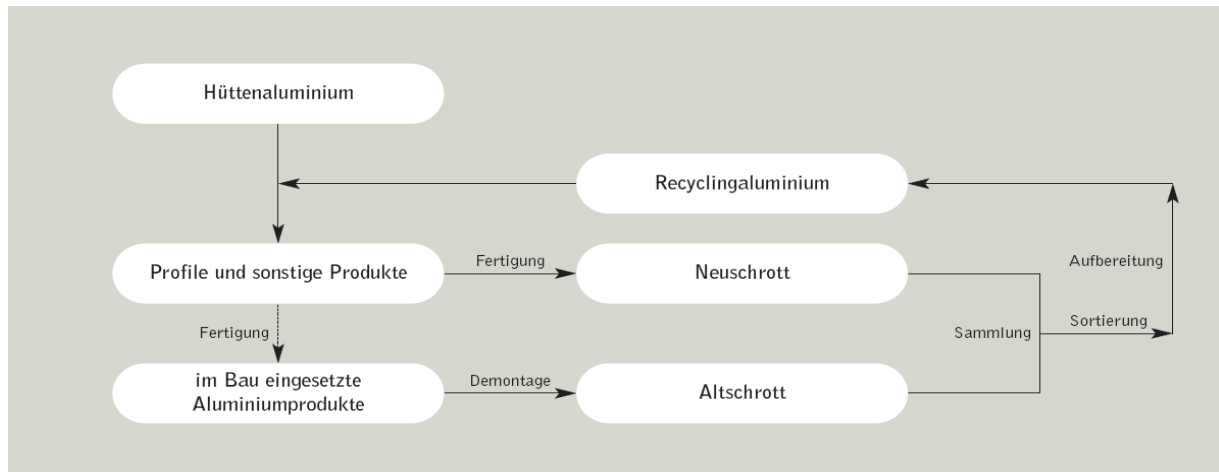
Um einen zusätzlichen Korrosionsschutz zu bieten und auch um architektonischen Vorstellungen bei der Farbgebung zu entsprechen werden Systemprofile aus Aluminium im Bauwesen mit einer schützenden und dekorativen Oberfläche versehen (Oberflächenveredelung durch Eloxieren oder Pulverbeschichtung).

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 Bölskey; 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<sub>ne</sub>) 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 Luftdurchlässigkeitsprüfung 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  $LZK_{err}^{bar}$  entspricht den Errichtungskosten  $K_{err}$ .

$$LZK_{err}^{bar} = K_{err} \quad (7)$$

### 4.2.2 Barwert der Unterhaltungskosten

Der Barwert der jährlich, gleichmäßigen Unterhaltungskosten  $K_{ju}$  ergibt sich aus dem Barwert einer nachschüssigen Rentenrechnung.

$$LZK_{ju}^{bar} = \frac{1}{q^m} \cdot LZK_{ju}^{end} = \frac{1}{q^m} \cdot K_{ju} \cdot \frac{q^m - 1}{q - 1} \quad (8)$$

## 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.

$$K^{end} = K^{bar} \cdot q^m \quad (9)$$

Hier sind  $K^{end}$  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.

$$K_V^{\text{end}} = K_{JV} \cdot \frac{q^m - 1}{q - 1} \quad (10)$$

Hier sind  $K_V^{\text{end}}$  der Endwert der Unterhaltungskosten und  $K_{JV}$  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
- Austauschbare Teile / Verschleißteile

Unter „austauschbare 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  $K_{err}$  = Baukosten  $K_B$  + einmalige Verwaltungskosten  $K_V$
- Jährliche Unterhaltungskosten  $K_{JV}$
- 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  $K_{err,RA}$ , 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  $K_{JV,RA}$  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).

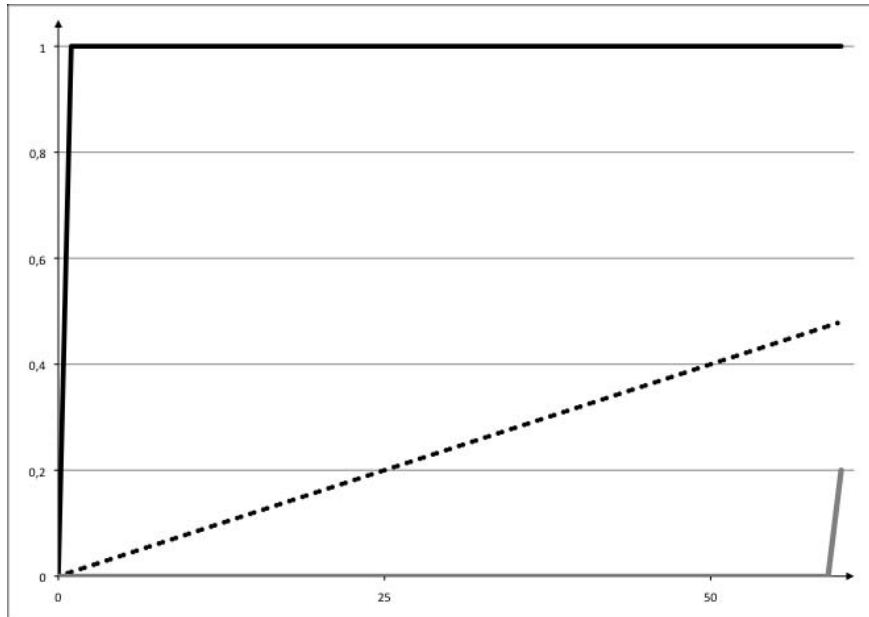


Abb. 9: Rahmen: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (unverzinst)

Die Aufsummierung der unverzinsten Kostenentstehung zeigt Abb. 10.

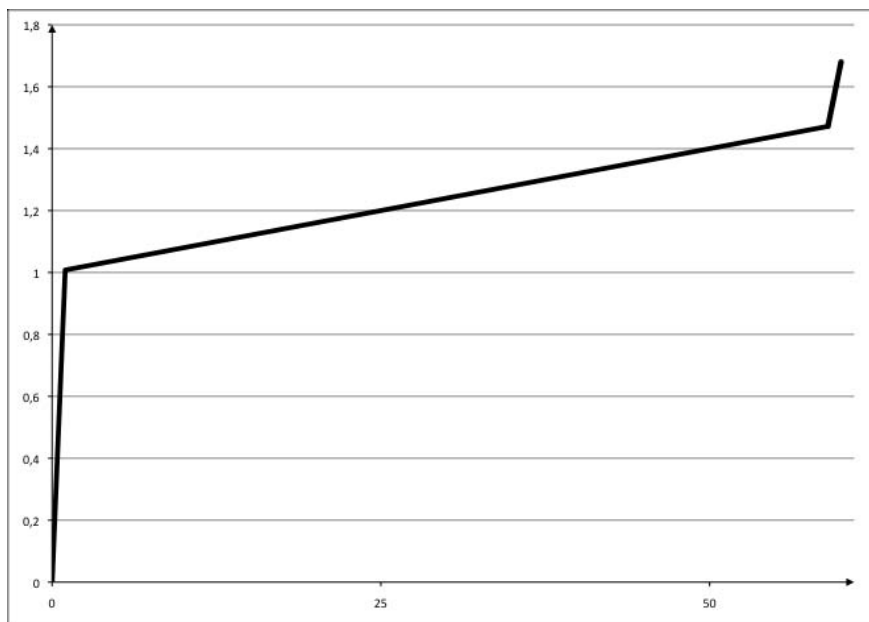


Abb. 10: Rahmen: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (unverzinst)

Die Lebensdauer des Stockrahmens wird mit  $m_{RA}$  (Jahren) angegeben. Der Barwert der Errichtungskosten  $LZK_{err,RA}^{bar}$  ist gleich den Errichtungskosten  $K_{err,RA}$ .

$$LZK_{err,RA}^{bar} = K_{err,RA} \tag{11}$$

Der Endwert der Errichtungskosten  $LZK_{err,RA}^{end}$  ergibt sich aus der Aufzinsung der Errichtungskosten  $K_{err,RA}$  über die Lebensdauer  $m_{RA}$ .

$$LZK_{err,RA}^{end} = q^{m_{RA}} \cdot K_{err,RA} \tag{12}$$

Die jährlichen, gleichbleibenden Unterhaltungskosten  $K_{ju,RA}$  können über den Prozentanteil,  $p_{RA}$ , der Errichtungskosten  $K_{err,RA}$  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:

$$LZK_{BA}^{bar} = LZK_{er,BA}^{bar} + LZK_{V,BA}^{bar} + LZK_{A,BA}^{bar} = 1,32 \cdot K_{B,BA} \quad (24)$$

$$LZK_{BA}^{end} = LZK_{er,BA}^{end} + LZK_{V,BA}^{end} + LZK_{A,BA}^{end} = 13,87 \cdot K_{B,BA} \quad (25)$$

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  $K_{U,AT}$  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).

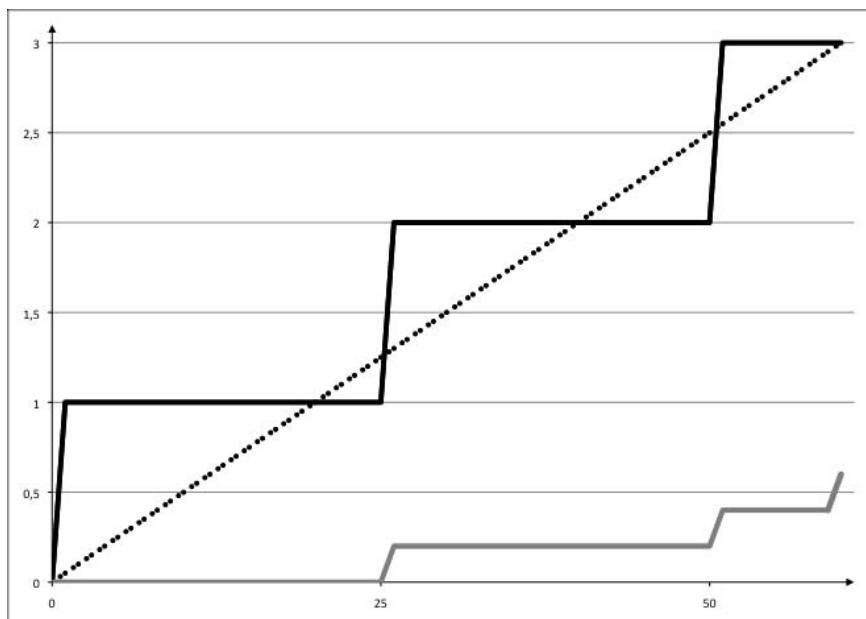


Abb. 11: Teile: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (unverzinst)

Die Aufsummierung der unverzinsten Kostenentstehung zeigt Abb. 12.

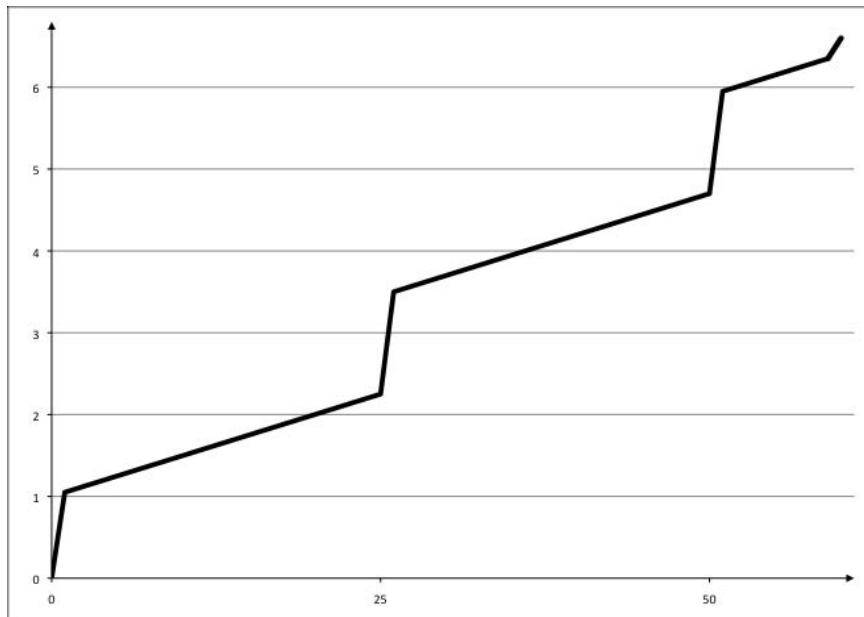


Abb. 12: Teile: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (unverzinst)

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:

$$LZK_{er,AT}^{bar0} = K_{er,AT} \tag{26}$$

Der Barwert der Errichtungskosten für die folgenden Erneuerungen ergeben sich zu

$$LZK_{er,AT}^{bar1} = \frac{1}{q^{1 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{er,AT} \tag{27}$$

$$LZK_{er,AT}^{bar2} = \frac{1}{q^{2 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{er,AT} \tag{28}$$

$$LZK_{er,AT}^{bar3} = \frac{1}{q^{3 \cdot m_{AT}}} \cdot K_{er,AT} \tag{29}$$

usw. Dies wird durchgeführt, solange ein Vielfaches von  $m_{AT}$  noch kleiner als die Lebensdauer des Stockrahmens  $m_{RA}$  ist:

$$LZK_{er,AT}^{bar} = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{q^{i \cdot m_{AT}}} \cdot K_{er,AT} = \left( \sum_{i=0}^x \frac{1}{q^{i \cdot m_{AT}}} \right) \cdot K_{er,AT} \text{ mit } x \cdot m_{AT} < m_{RA} \tag{30}$$

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):

$$LZK_{A,AT}^{end1} = q^{m_{RA}-1 \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} \tag{42}$$

$$LZK_{A,AT}^{end2} = q^{m_{RA}-2 \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} \tag{43}$$

$$LZK_{A,AT}^{end3} = q^{m_{RA}-3 \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} \tag{44}$$

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:

$$LZK_{A,AT}^{end} = K_{A,AT} + \sum_{i=1}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}} \cdot K_{A,AT} = \left(1 + \sum_{i=1}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}}\right) \cdot K_{A,AT} \tag{45}$$

mit  $x \cdot m_{AT} \leq m_{RA}$

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:

$$LZK_{A,AT}^{bar} = \frac{1}{q^{m_{RA}}} \cdot \left(1 + \sum_{i=1}^x q^{m_{RA}-i \cdot m_{AT}}\right) \cdot K_{A,AT} \text{ mit } x \cdot m_{AT} \leq m_{RA} \tag{46}$$

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).

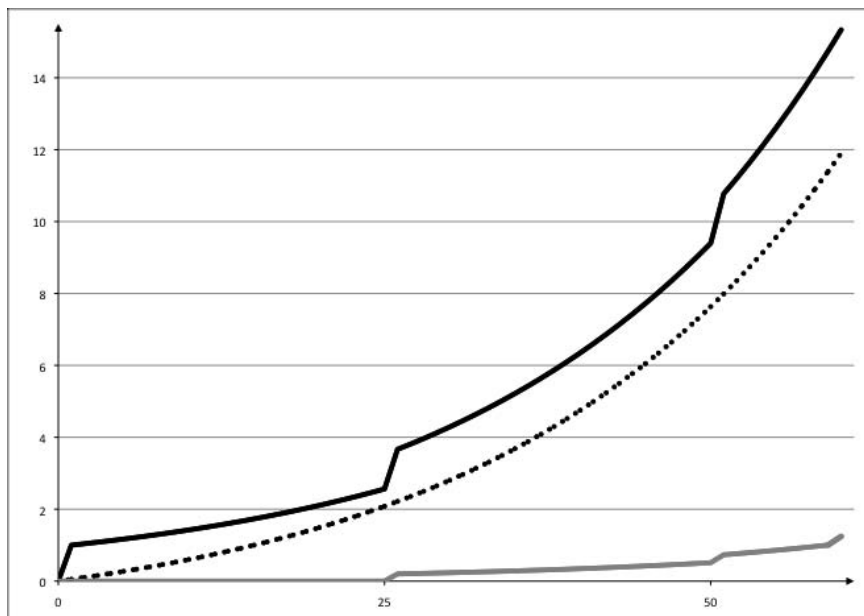


Abb. 13: Bauteile: Zeitpunkt der Kostenentstehung der einzelnen Kostenarten (verzinst)

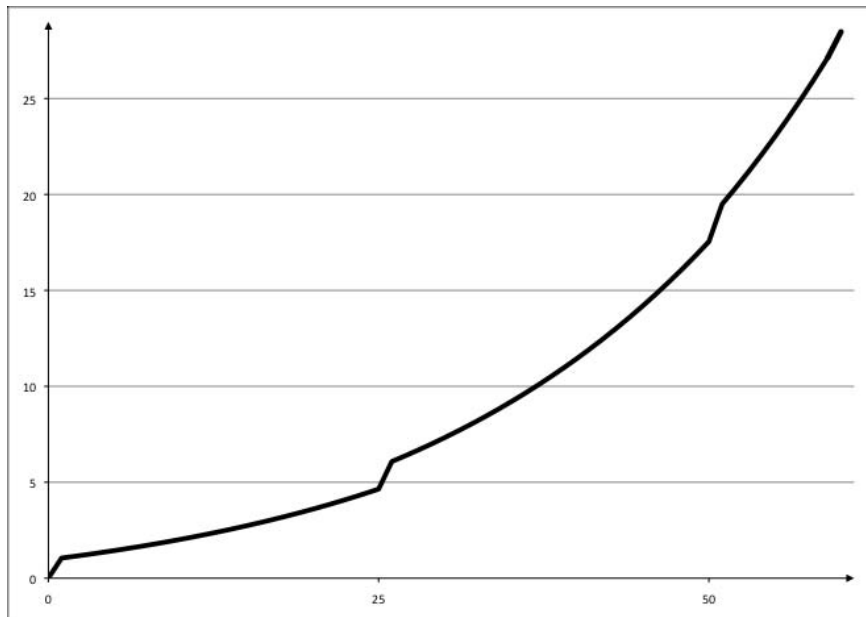


Abb. 14: Bauteile: Zeitpunkt der Kostenentstehung – aufsummiert (verzinst)

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:

$$LZK_{u,AT}^{bar} = \frac{1}{1,04^{60}} \cdot 1,1 \cdot K_{B,AT} \cdot 0,05 \cdot \frac{1,04^{60} - 1}{1,04 - 1} \quad (49)$$

$$LZK_{U,AT}^{bar} = 1,24 \cdot K_{B,AT}$$

$$LZK_{U,AT}^{end} = 1,1 \cdot K_{B,AT} \cdot 0,05 \cdot \frac{1,04^{60} - 1}{1,04 - 1} = 13,09 \cdot K_{B,AT} \quad (50)$$

Abbruchkosten:

$$LZK_{A,AT}^{bar} - \left( \frac{1}{1,04^{60}} + \frac{1}{1,04^{25}} + \frac{1}{1,04^{50}} \right) \cdot 0,20 \cdot K_{B,AT} - 0,12 \cdot K_{B,AT} \quad (51)$$

$$LZK_{A,AT}^{end} = (1 + 1,04^{35} + 1,04^{10}) \cdot 0,20 \cdot K_{B,AT}$$

$$LZK_{A,AT}^{end} = 1,29 \cdot K_{B,AT} \quad (52)$$

Summe:

$$LZK_{AT}^{bar} = LZK_{sp,AT}^{bar} + LZK_{U,AT}^{bar} + LZK_{A,AT}^{bar} = 3,03 \cdot K_{B,AT} \quad (53)$$

$$LZK_{AT}^{end} = LZK_{sp,AT}^{end} + LZK_{U,AT}^{end} + LZK_{A,AT}^{end} = 31,92 \cdot K_{B,AT} \quad (54)$$

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
$LZK_{sp}$	$1,10 \cdot K_{R,RA}$	$11,57 \cdot K_{R,RA}$	$1,67 \cdot K_{B,AT}$	$17,54 \cdot K_{B,AT}$
$LZK_U$	$0,20 \cdot K_{B,RA}$	$2,09 \cdot K_{B,RA}$	$1,24 \cdot K_{B,AT}$	$13,09 \cdot K_{B,AT}$
$LZK_A$	$0,02 \cdot K_{B,RA}$	$0,20 \cdot K_{B,RA}$	$0,12 \cdot K_{B,AT}$	$1,29 \cdot K_{B,AT}$
$LZK$	$1,32 \cdot K_{B,RA}$	$13,87 \cdot K_{B,RA}$	$3,03 \cdot K_{B,AT}$	$31,92 \cdot K_{B,AT}$

### 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

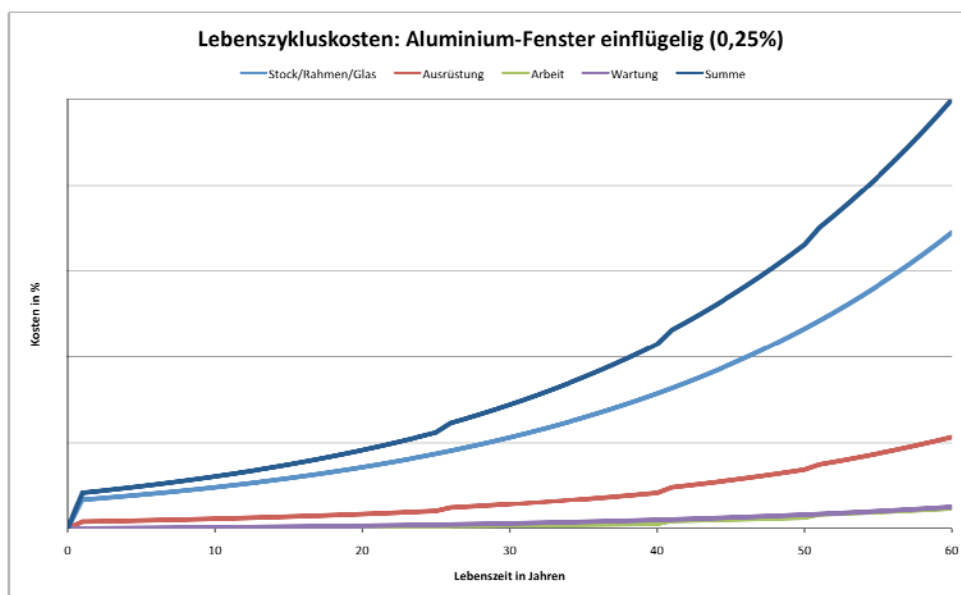
Produktdaten: Fenster einflügelig (DK) mit fixverglaster Unterlichte (DK-Flügel: h = 1500 mm, b = 1100 mm; Fixverglasung: h = 500 mm): Verglasung 4/14/4/14/4; PSI=0.05; Ug=0.6

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.

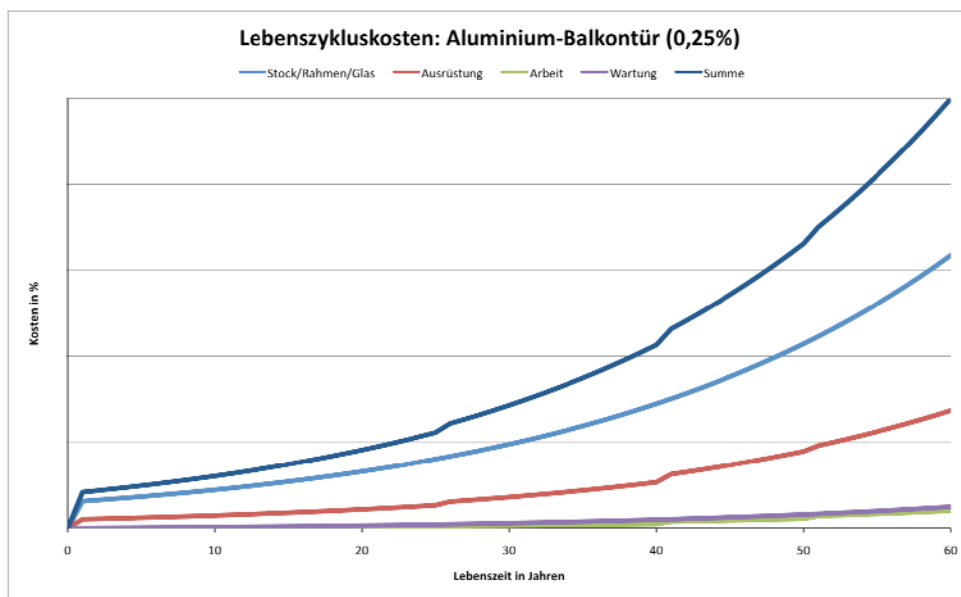


Abb. 16: Aluminium-Balkontür einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

### 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.

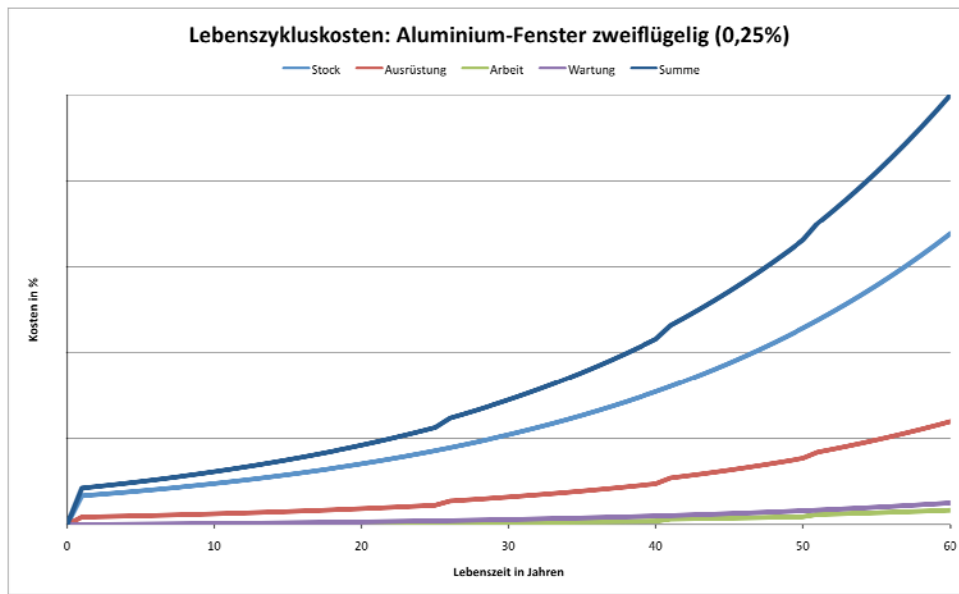


Abb. 17: Aluminium-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

## 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.



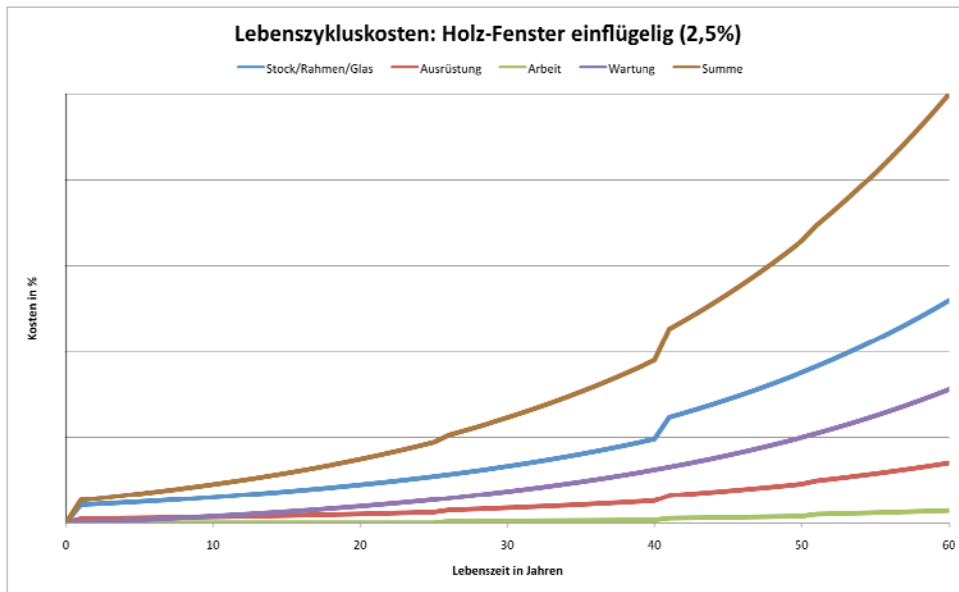


Abb. 18: Holz-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass das Aluminium-Fenster über die ganze Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als das Holz-Fenster aufweist (siehe Abb. 19).

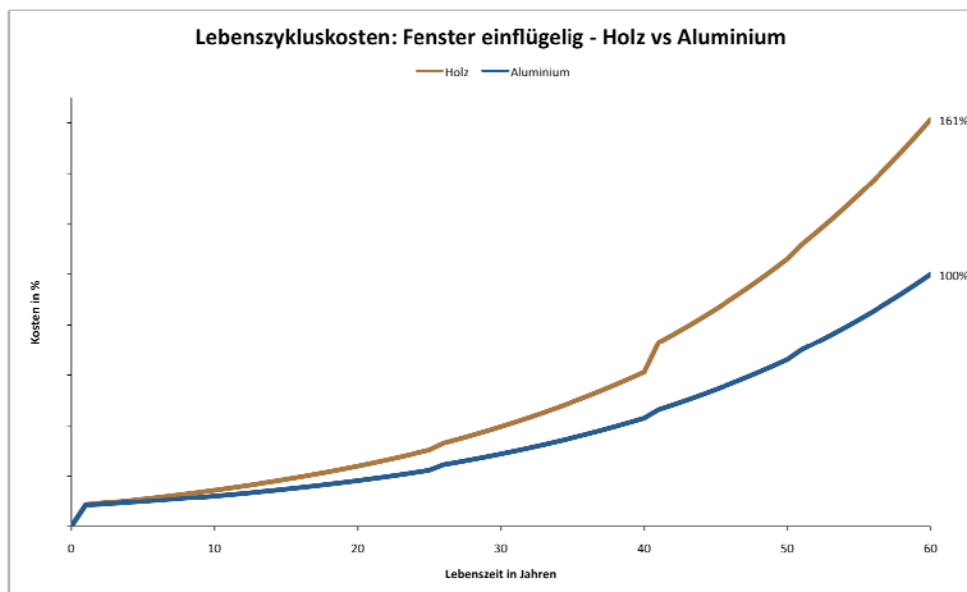


Abb. 19: Lebenszykluskosten: Holz-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 4.6.2 Holz/Alu-Fenster einflügelig

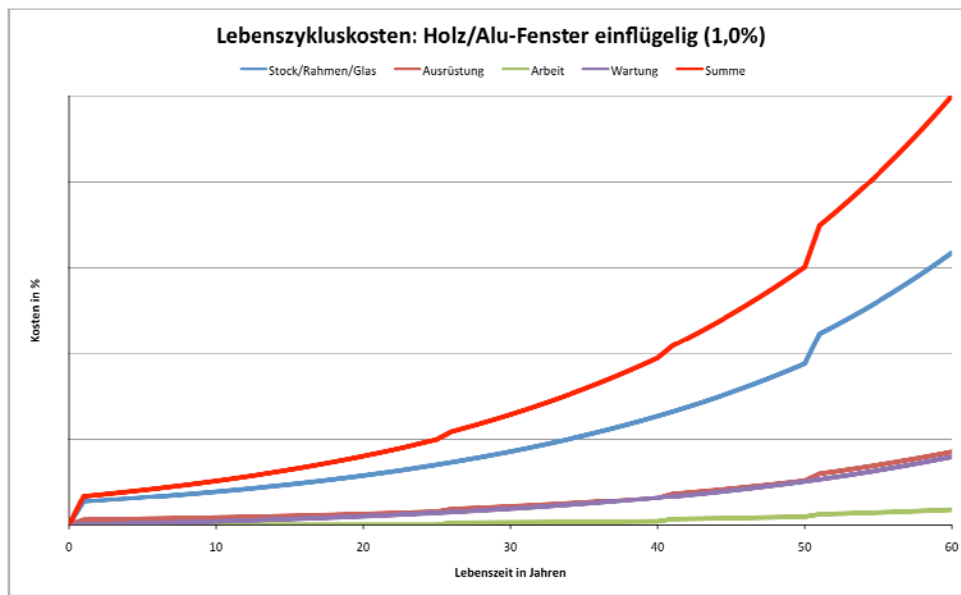
Ein einflügeliges Holz/Alu-Fenster wird mit dem einflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 50 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 12). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet 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).

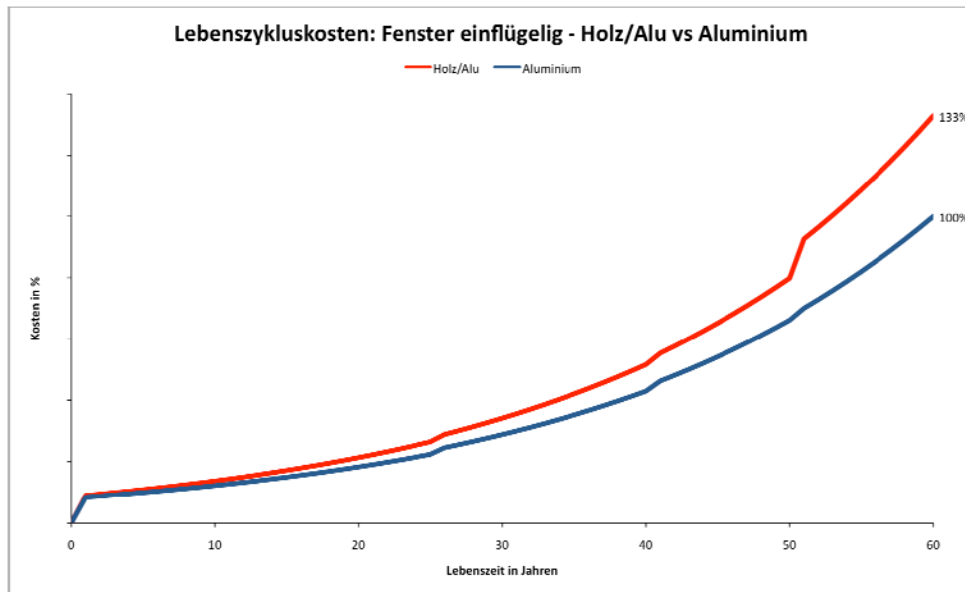


Abb. 21: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Fenster vs. Aluminium-Fenster

### 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.

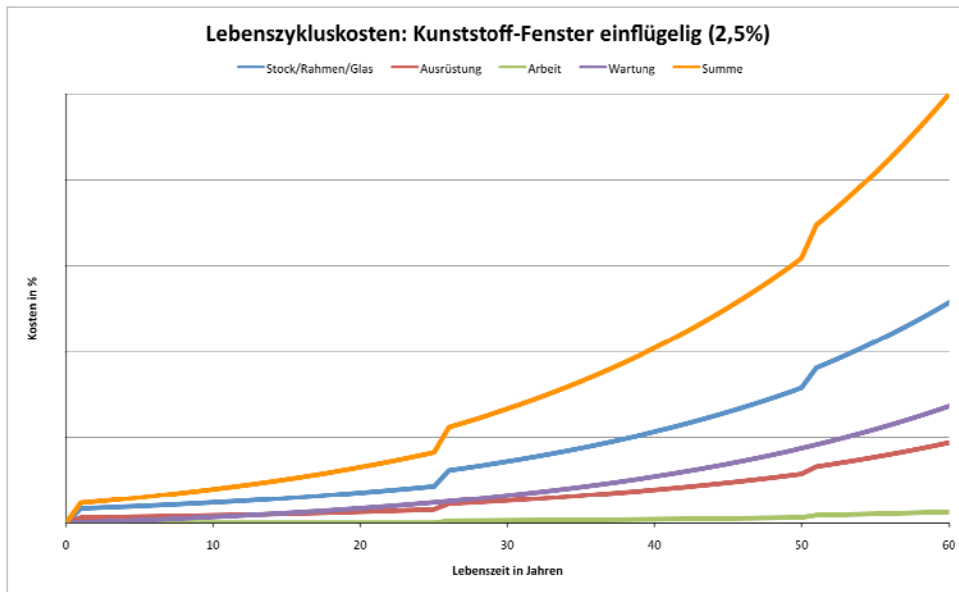


Abb. 22: Kunststoff-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

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).

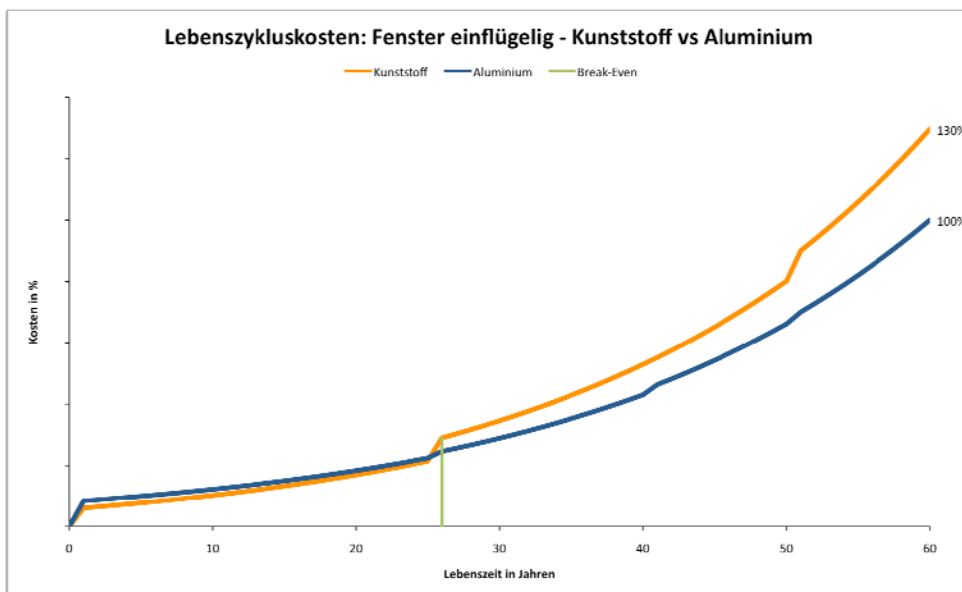


Abb. 23: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 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:

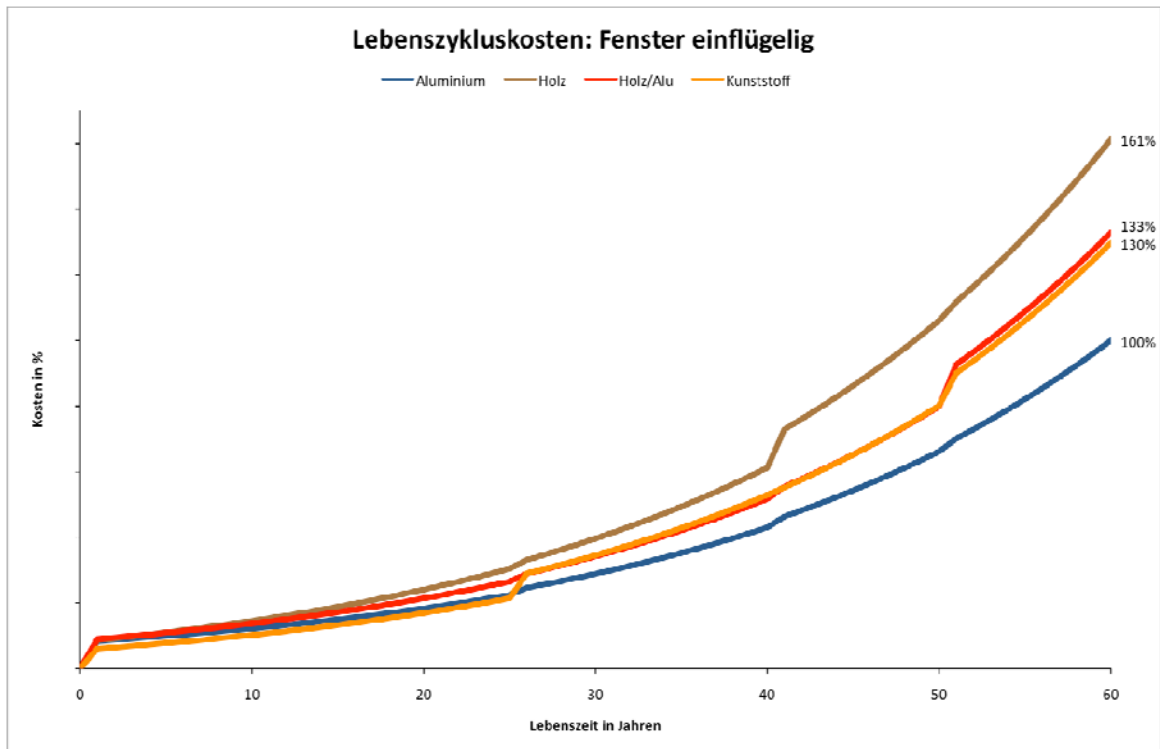


Abb. 24: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe

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.

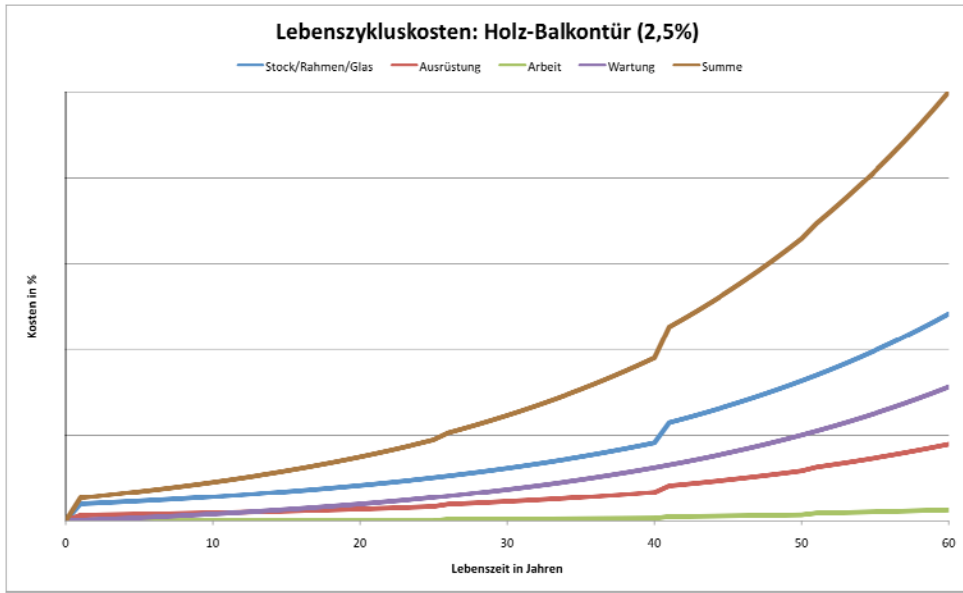


Abb. 25: Holz-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür über die ganze Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als die Holz-Balkontür aufweist (siehe Abb. 26).

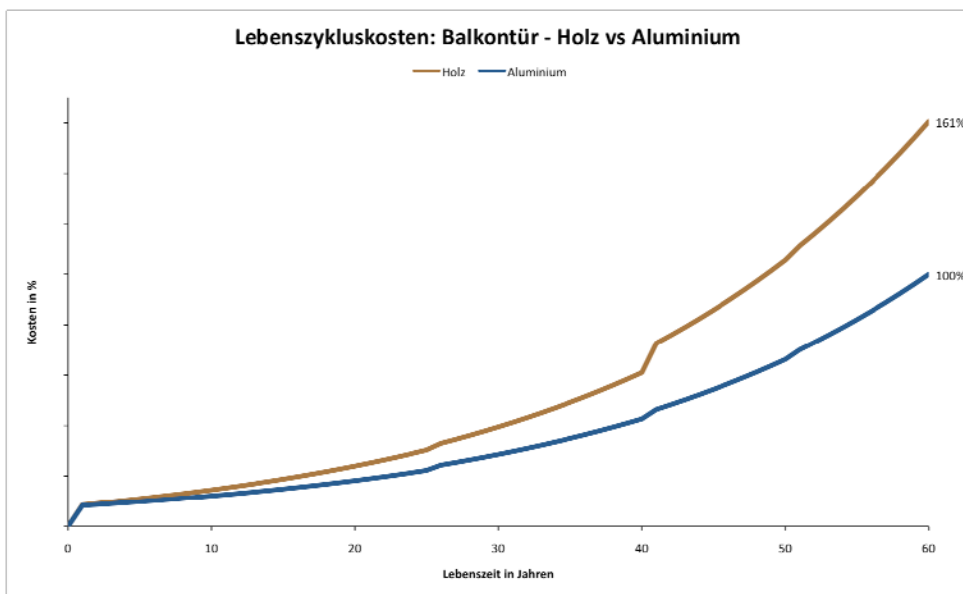


Abb. 26: Lebenszykluskosten: Holz-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

### 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.

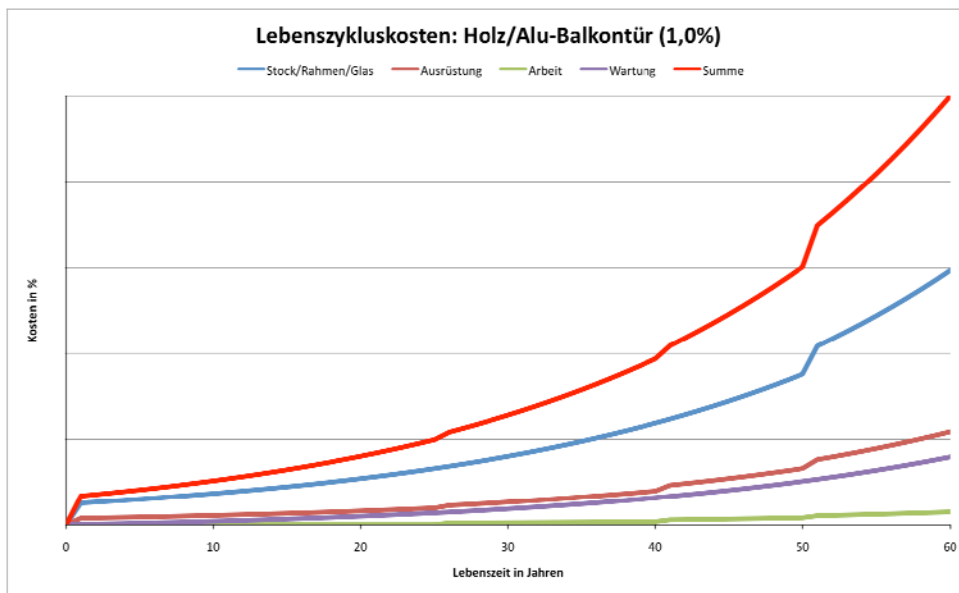


Abb. 27: Holz/Alu-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

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).

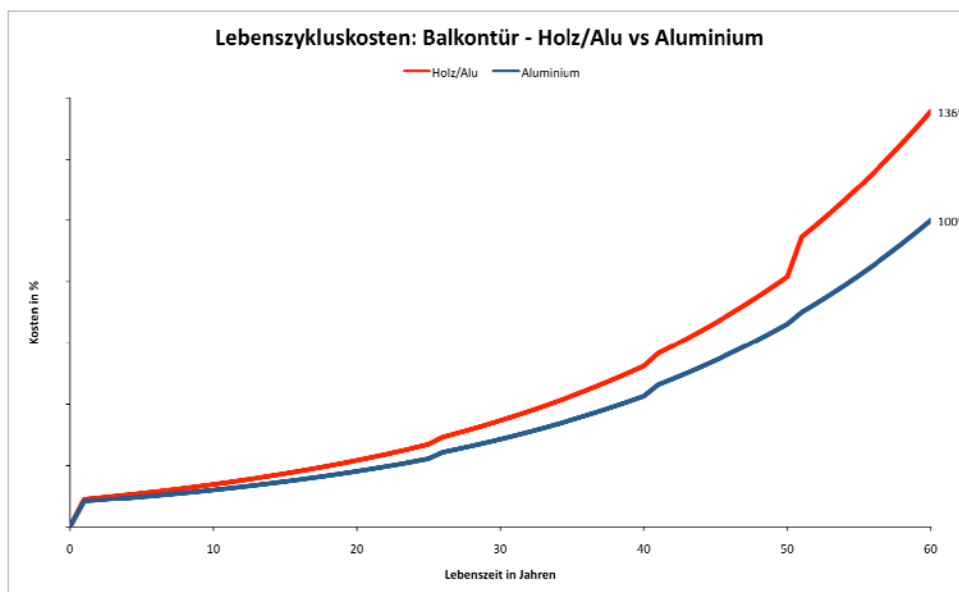


Abb. 28: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

### 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.



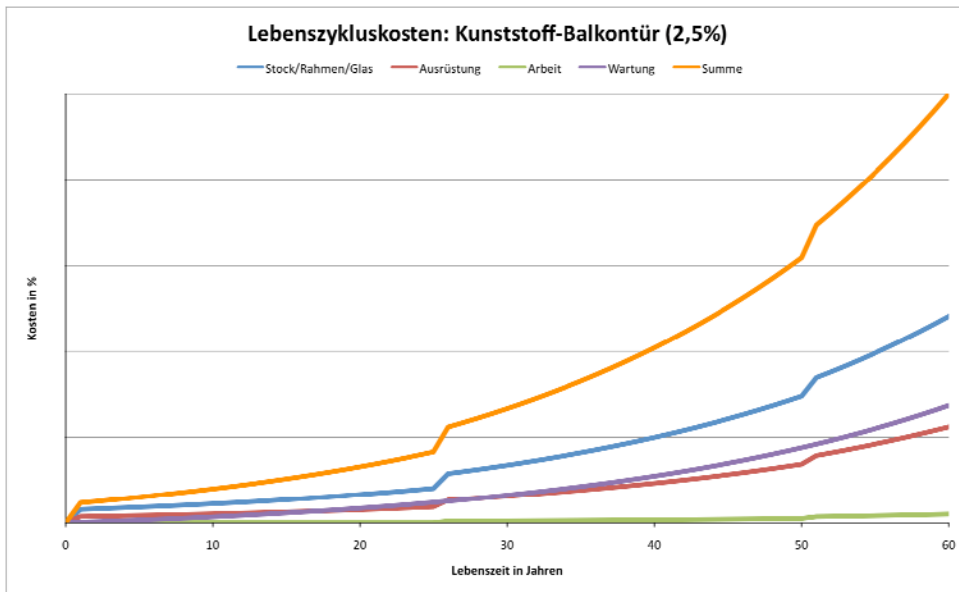


Abb. 29: Kunststoff-Balkontür: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

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).

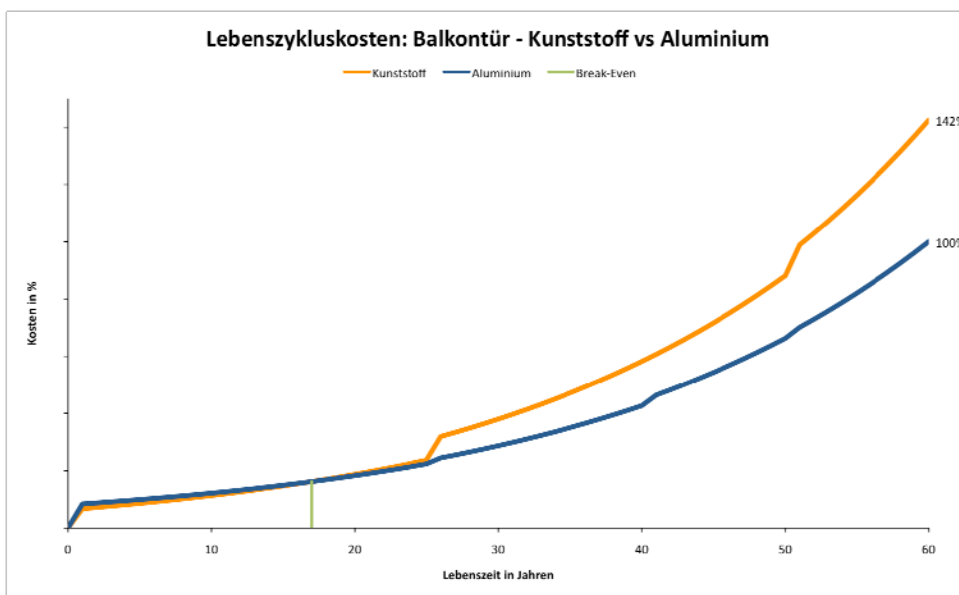


Abb. 30: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

#### 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:

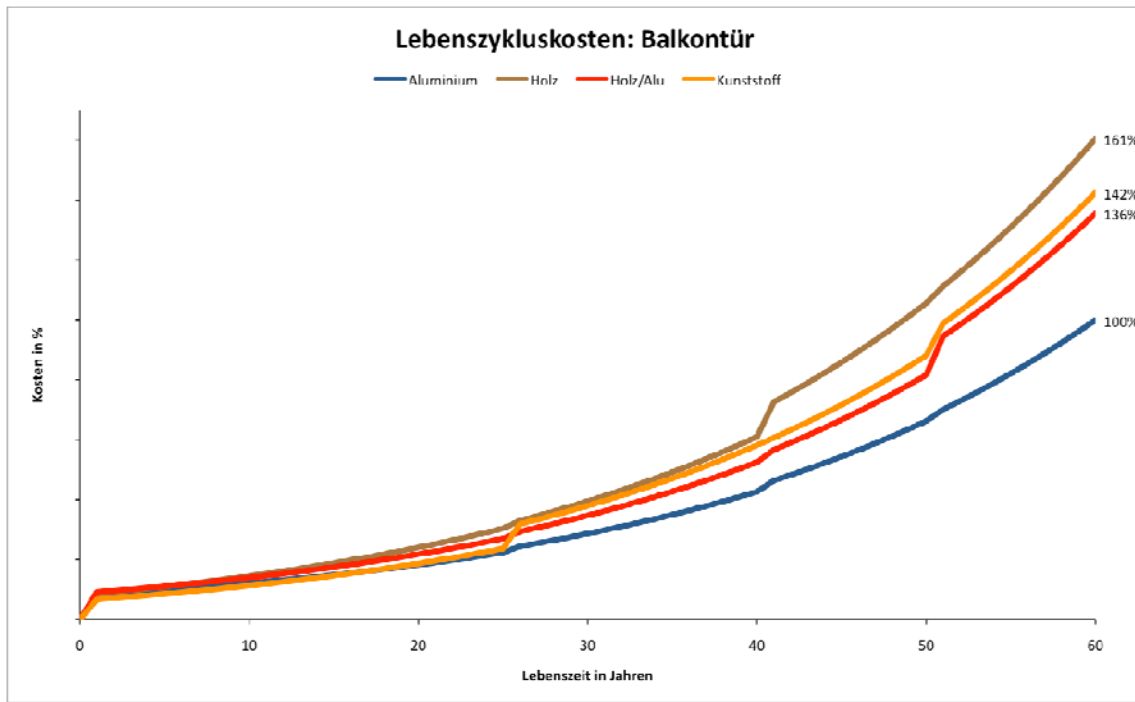


Abb. 31: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe

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.

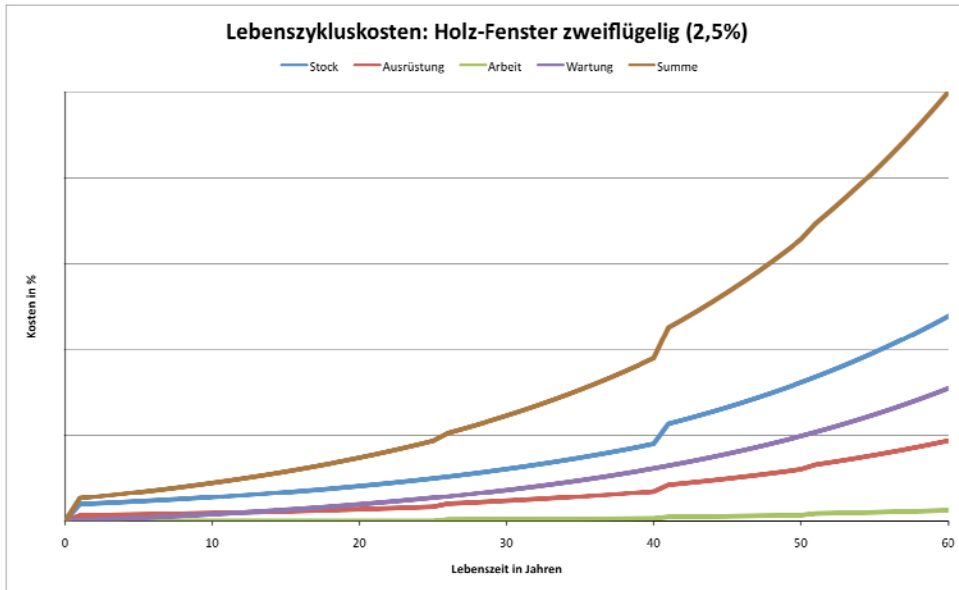


Abb. 32: Holz-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

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).

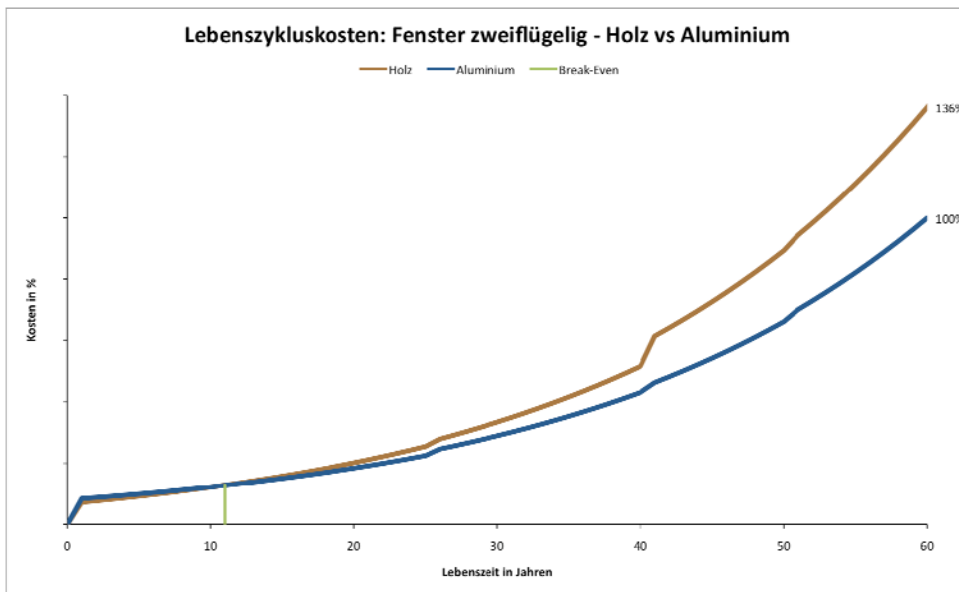


Abb. 33: Lebenszykluskosten: Holz-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

### 4.8.2 Holz/Alu-Fenster zweiflügelig

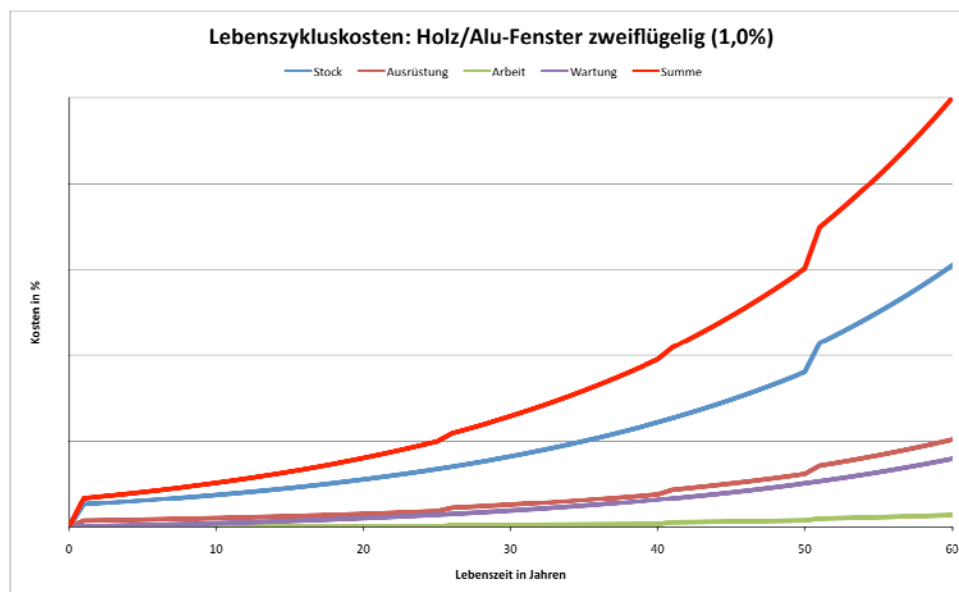
Ein zweiflügeliges Holz/Alu-Fenster wird mit dem zweiflügeligen Aluminium-Fenster verglichen. Die Stocklebensdauer beträgt 50 Jahre. Die Lebensdauer für Griffe und Beschläge wird mit 40 Jahren angesetzt; jene für die Dichtungen mit 25 Jahren (siehe Tab. 18). Der Zinssatz ist mit 4 % festgesetzt. Betrachtet 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).

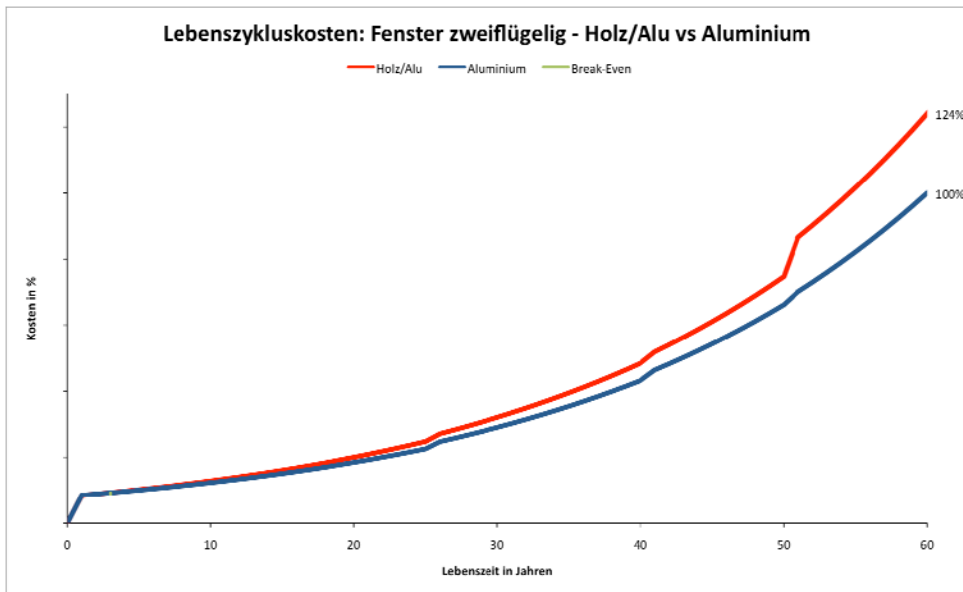


Abb. 35: Lebenszykluskosten: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

### 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.

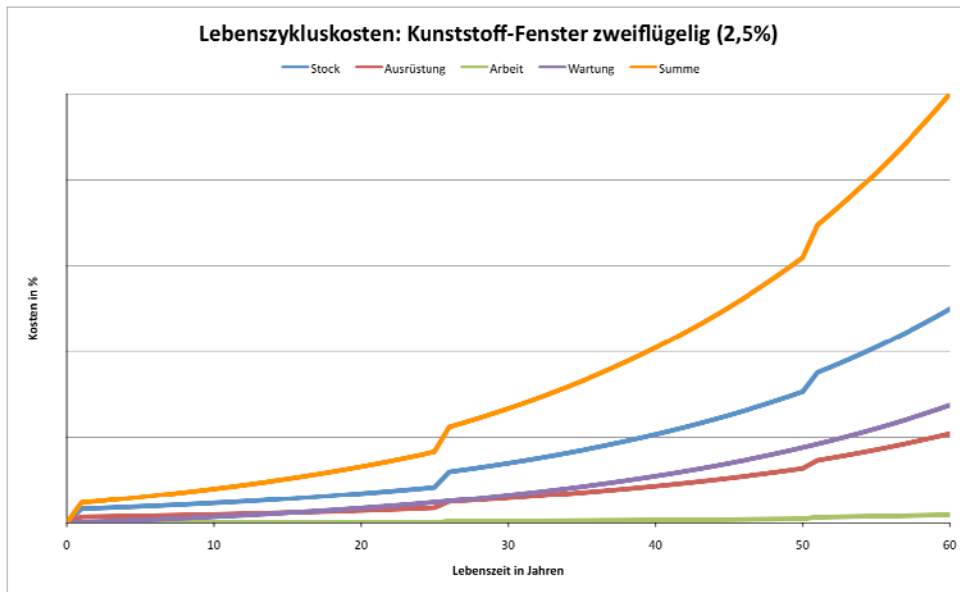


Abb. 36: Kunststoff-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten über die Lebensdauer dargestellt

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).

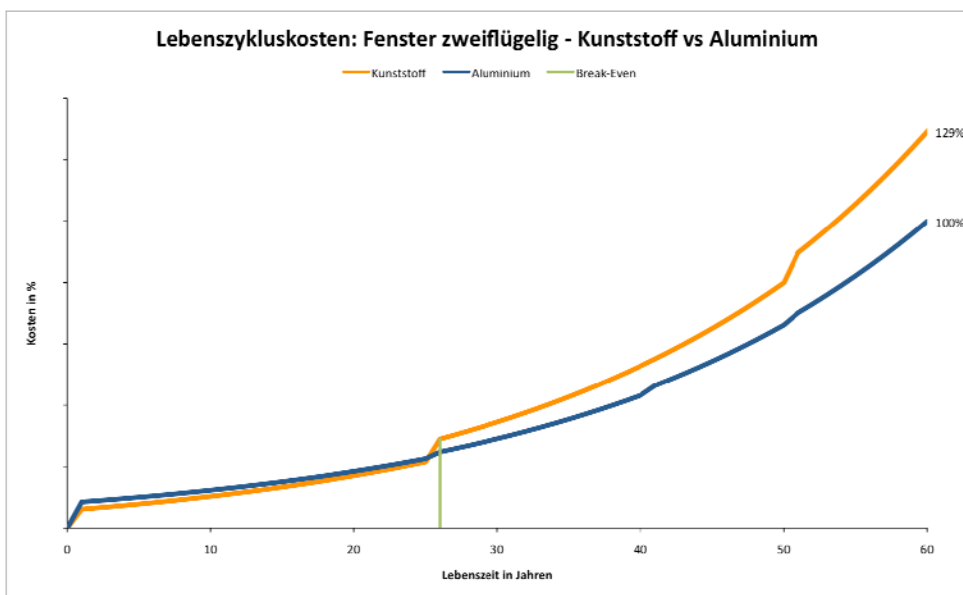


Abb. 37: Lebenszykluskosten: Kunststoff-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 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:

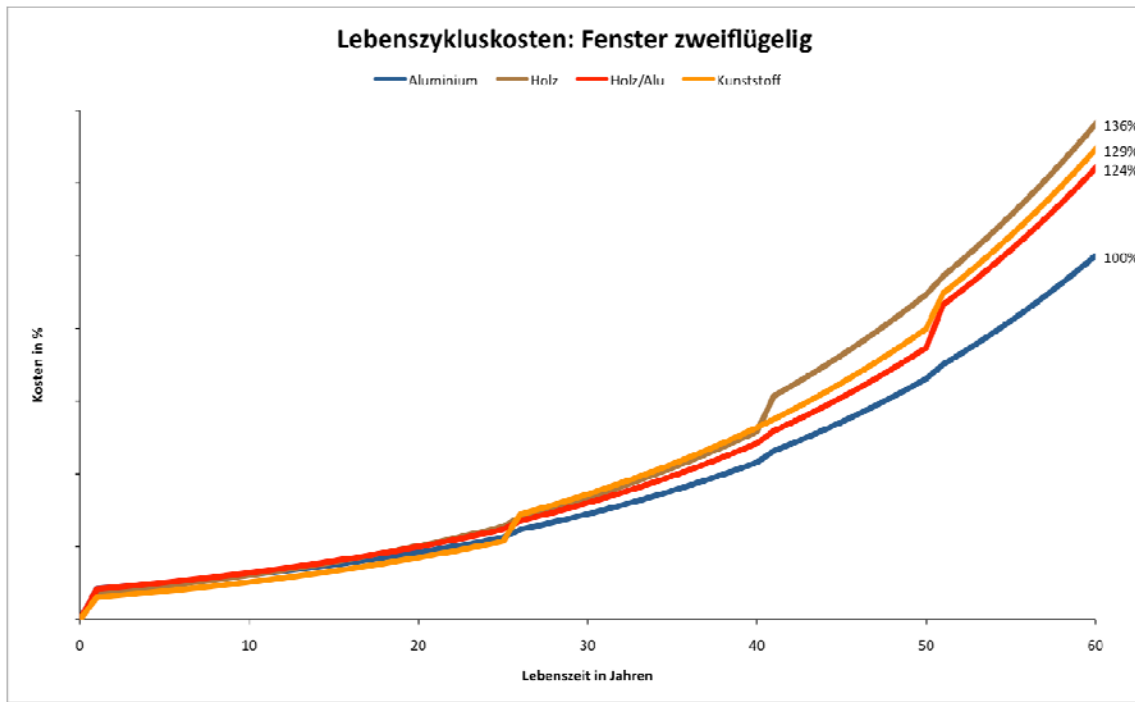


Abb. 38: Vergleich der Verläufe der Lebenszykluskosten aller betrachteten Rahmenwerkstoffe

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**



<b>Aluminium vs.</b>	<b>Holz</b>	<b>Holz/Alu</b>	<b>Kunststoff</b>
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.

	<b>Aluminium</b>	<b>Holz</b>	<b>Holz/Alu</b>	<b>Kunststoff</b>
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.

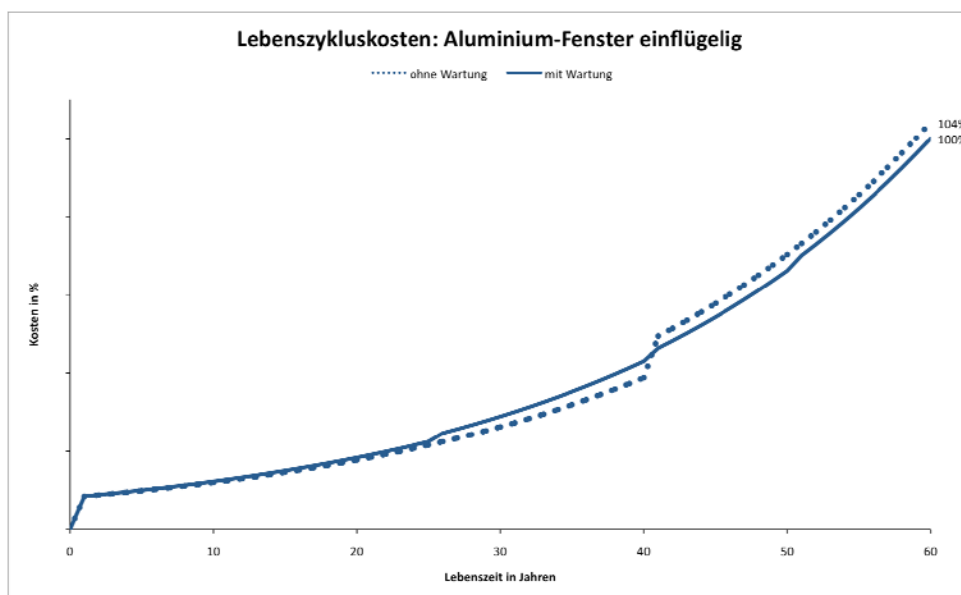


Abb. 39: Aluminium-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten

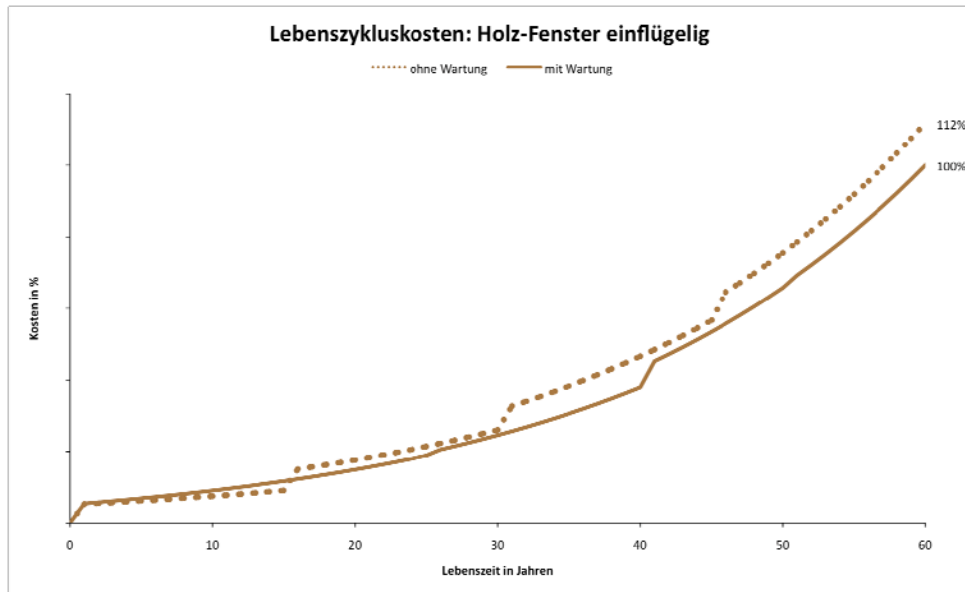
#### 4.10.2 Holz-Fenster einflügelig

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

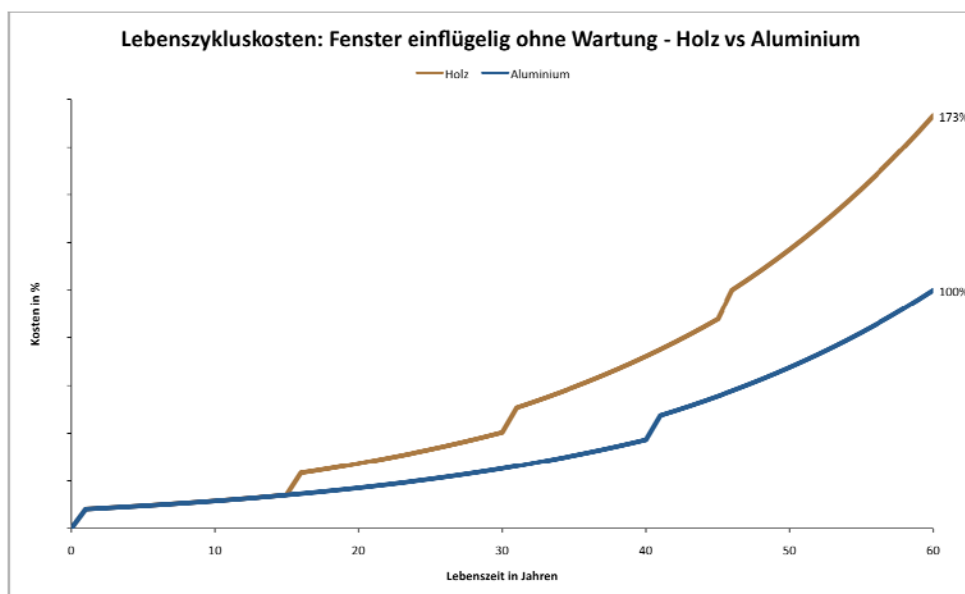
**Tab. 25: Holz-Fenster einflügelig ohne Wartung: Lebensdauer**

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**

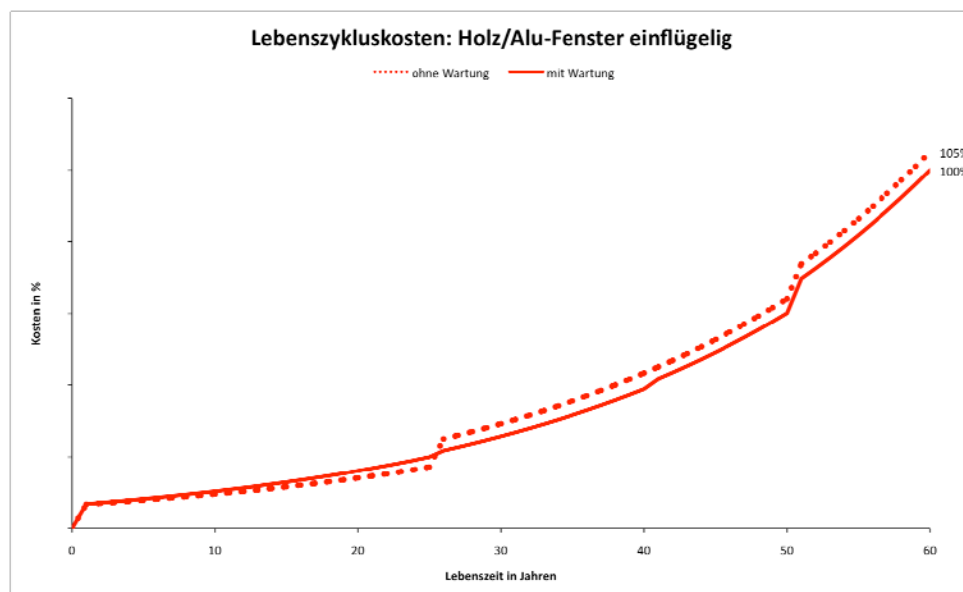
### 4.10.3 Holz/Alu-Fenster einflügelig

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).

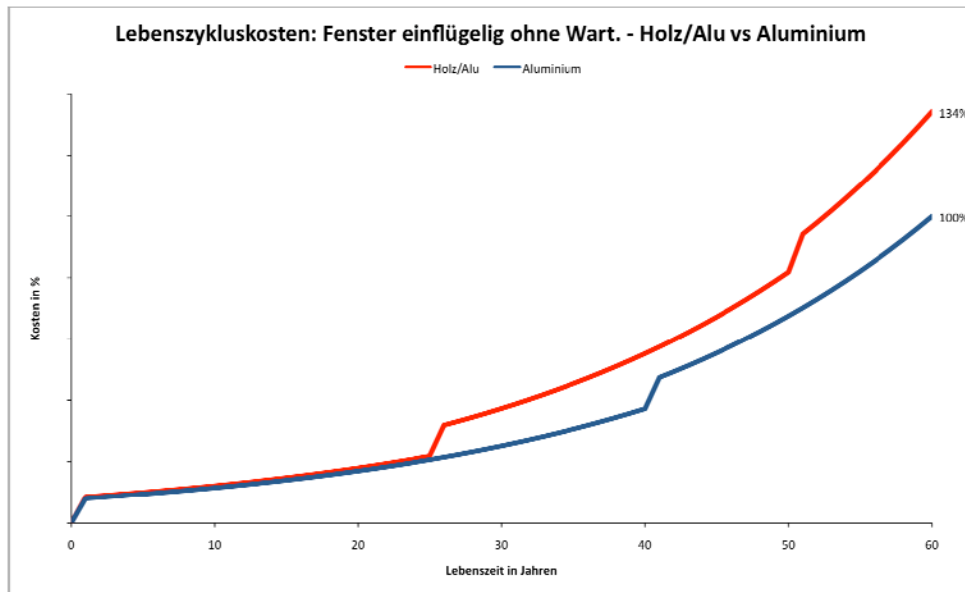


Abb. 43: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 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.

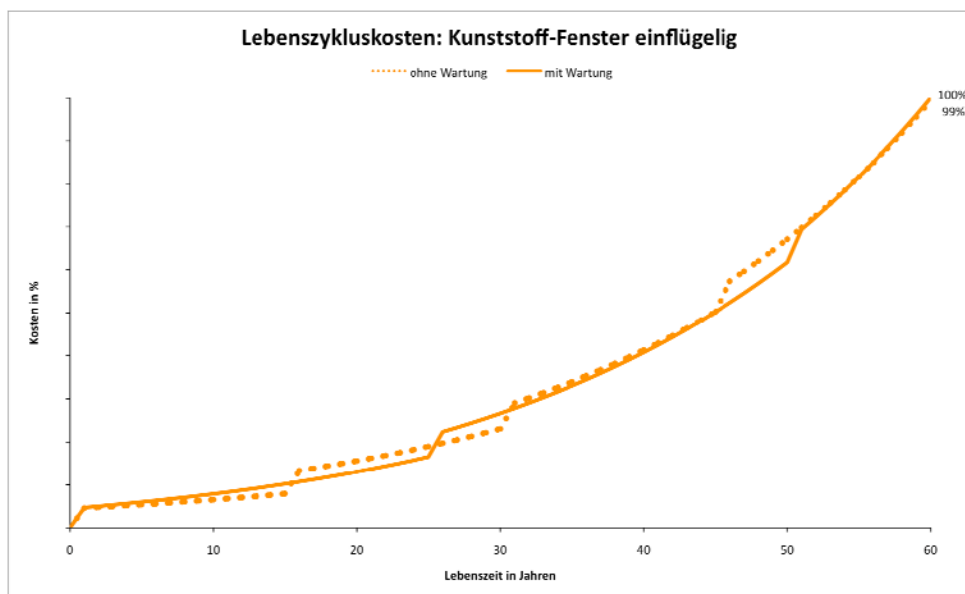


Abb. 44: Kunststoff-Fenster einflügelig: Lebenszykluskosten

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).

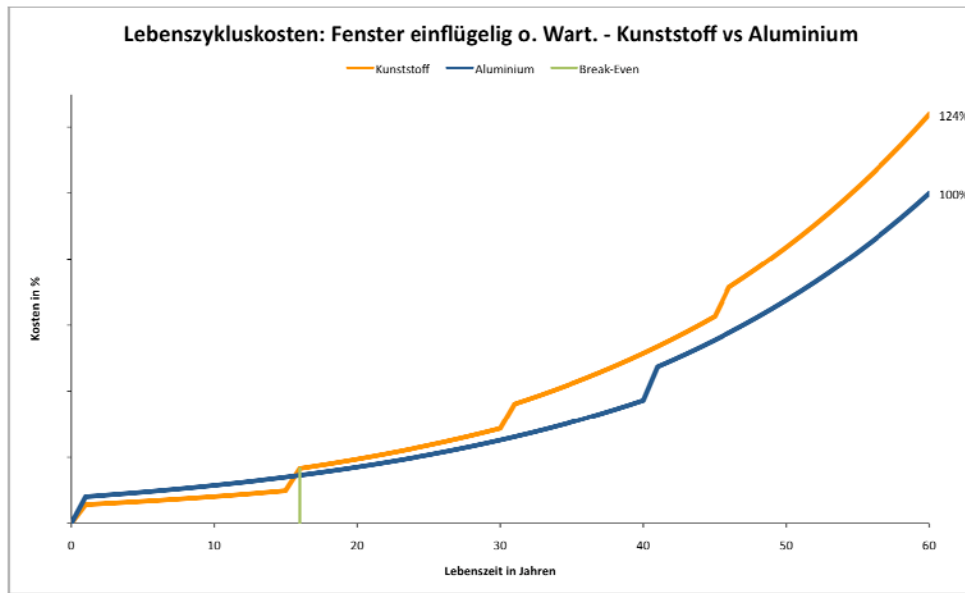


Abb. 45: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Fenster vs. Aluminium-Fenster

#### 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:

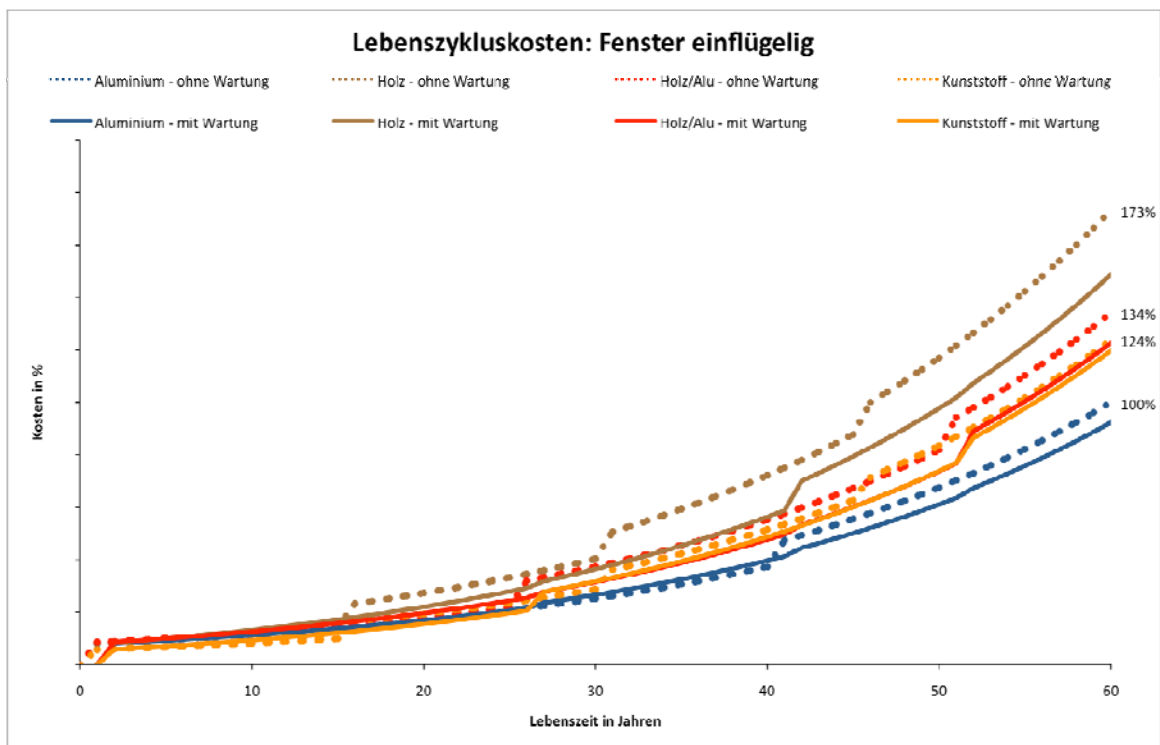


Abb. 46: Lebenszykluskostenvergleich: einflügeliges Fenster

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.

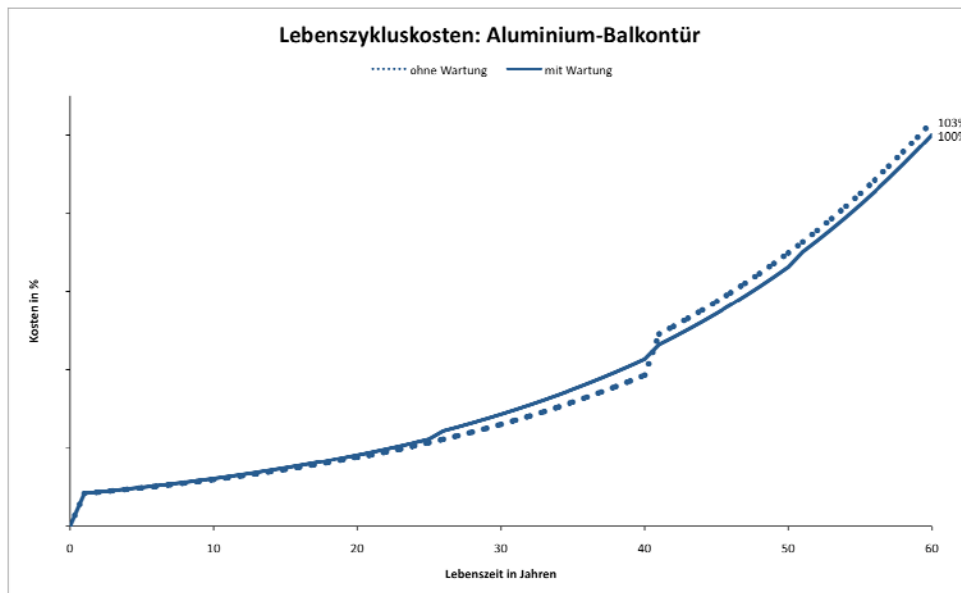
#### 4.10.6 Aluminium-Balkontür einflügelig

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.

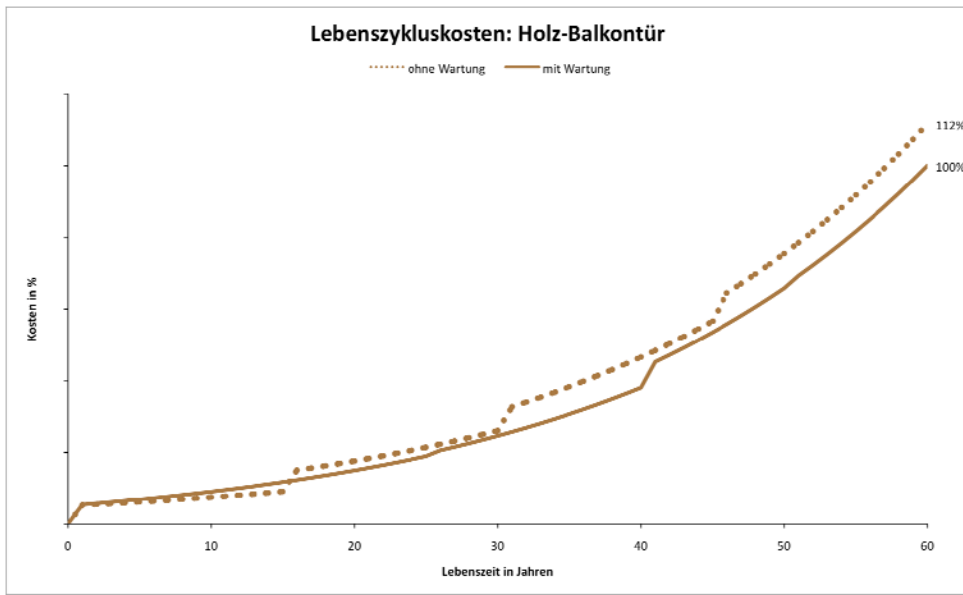


Abb. 48: Holz-Balkontür: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür über die gesamte Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als die Holz-Balkontür aufweist (siehe Abb. 49).

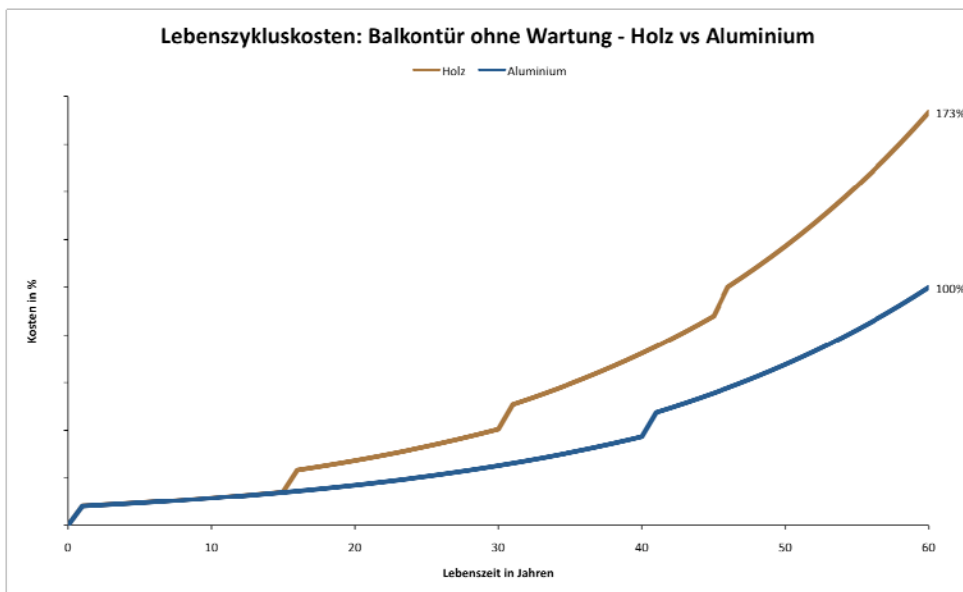


Abb. 49: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

#### 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.

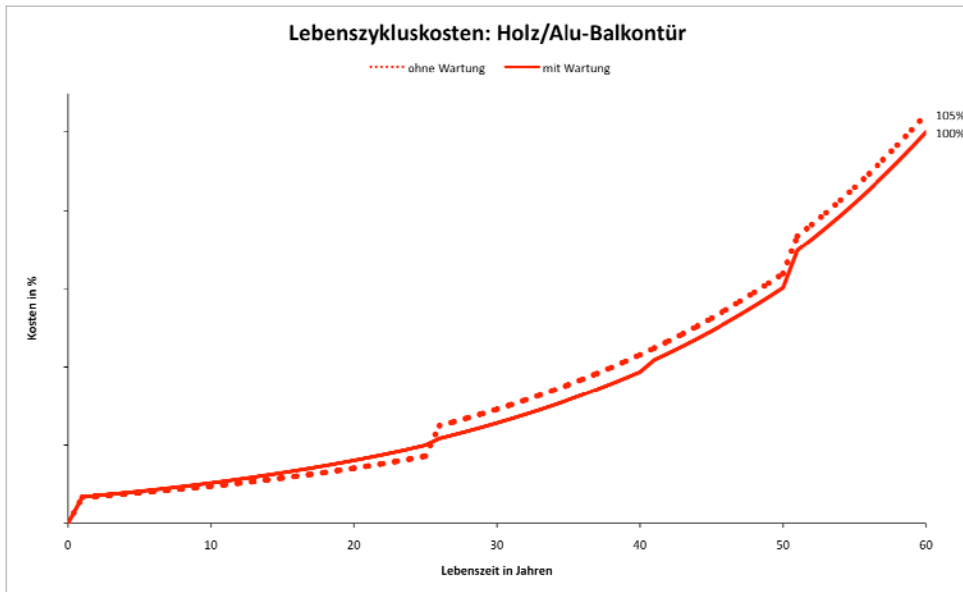


Abb. 50: Holz/Alu-Balkontür: Lebenszykluskosten

Ein Vergleich der Lebenszykluskosten zeigt, dass die Aluminium-Balkontür über die gesamte Lebensdauer niedrigere Lebenszykluskosten als die Holz/Alu-Balkontür aufweist (siehe Abb. 51).

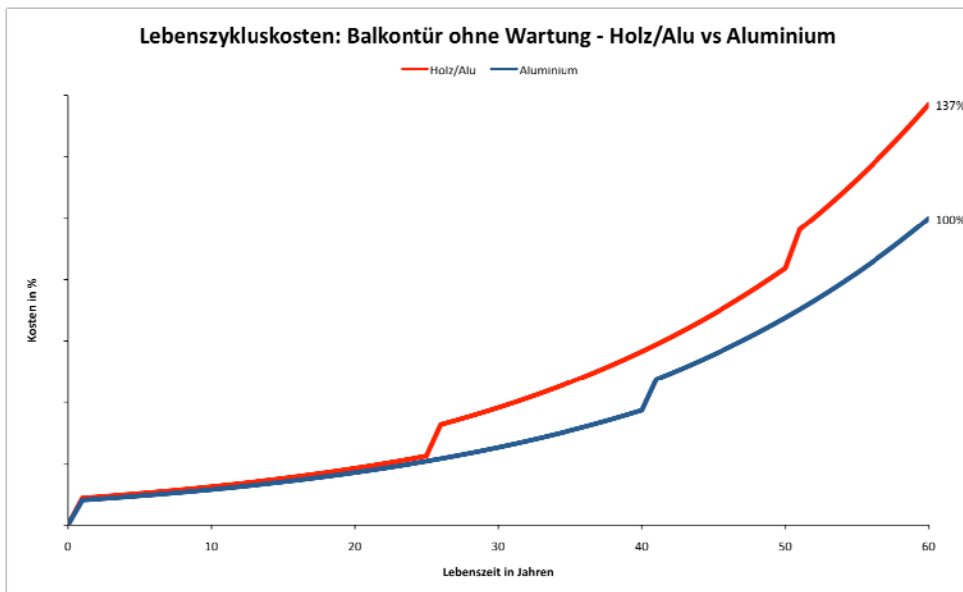


Abb. 51: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Balkontür vs. Aluminium-Balkontür

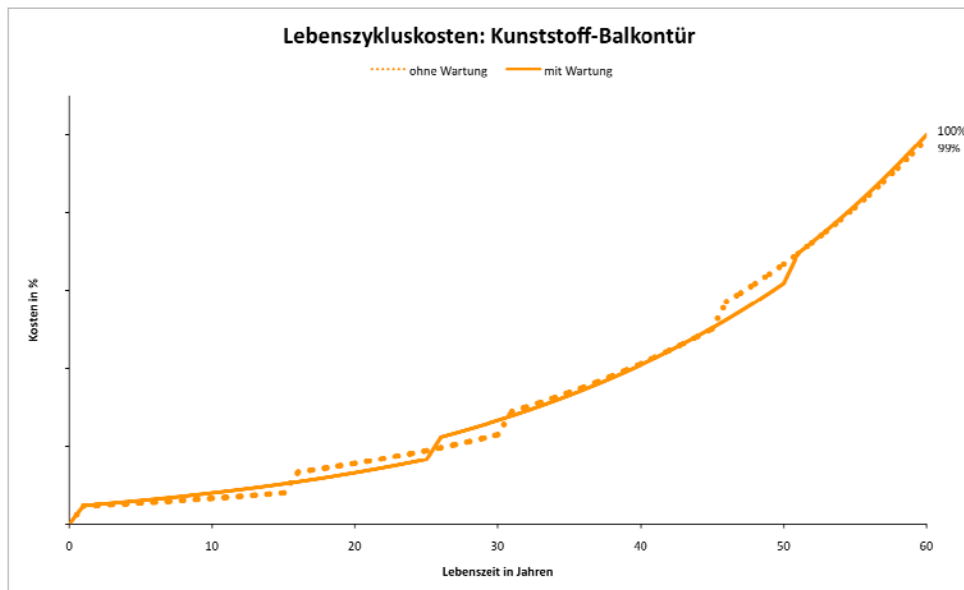
#### 4.10.9 Kunststoff-Balkontür

Die Lebensdauer der Kunststoff-Balkontür reduziert sich auf 15 Jahre (siehe Tab. 31).

Positionen:	Lebensdauer
Stock + Rahmen + Glas:	15
Griff + Beschläge:	15
Dichtungen:	15

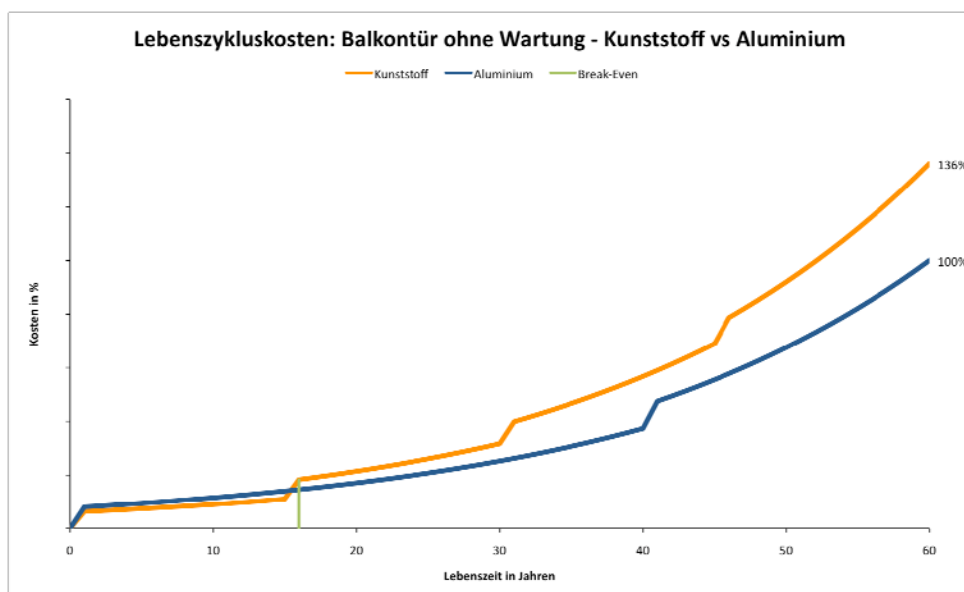
**Tab. 31: Kunststoff-Balkontür ohne Wartung: Lebensdauer**

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:

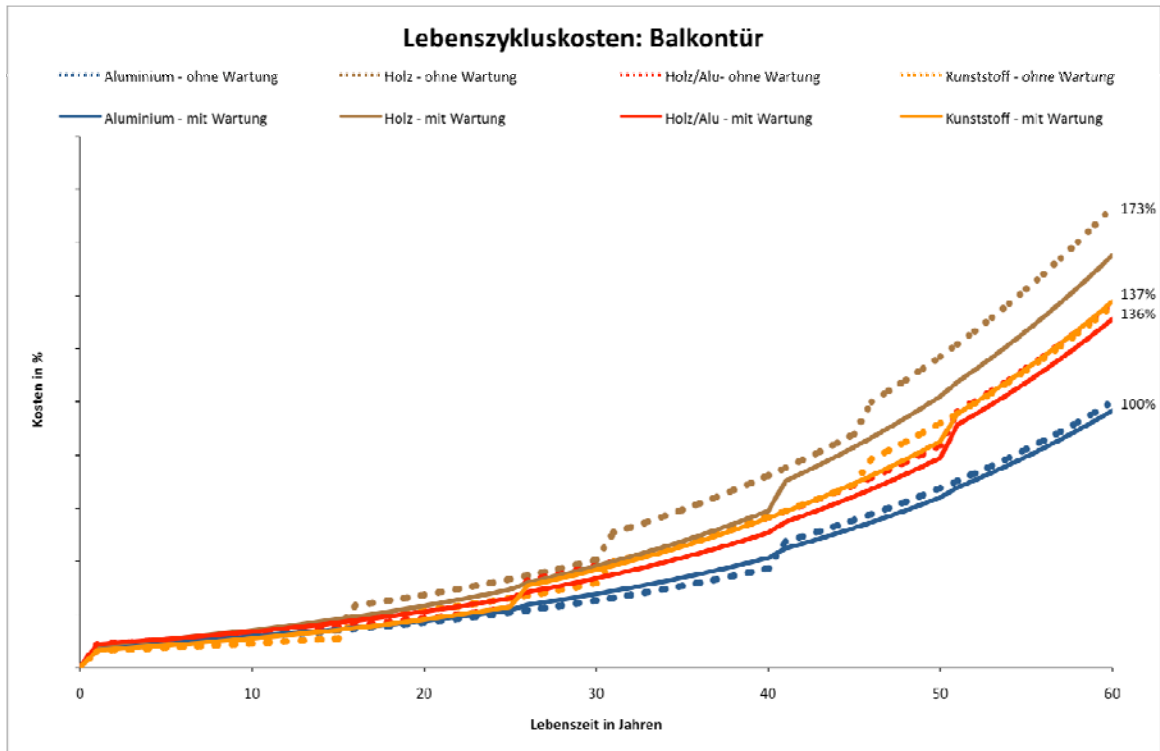


Abb. 54: Lebenszykluskostenvergleich: Balkontür

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.

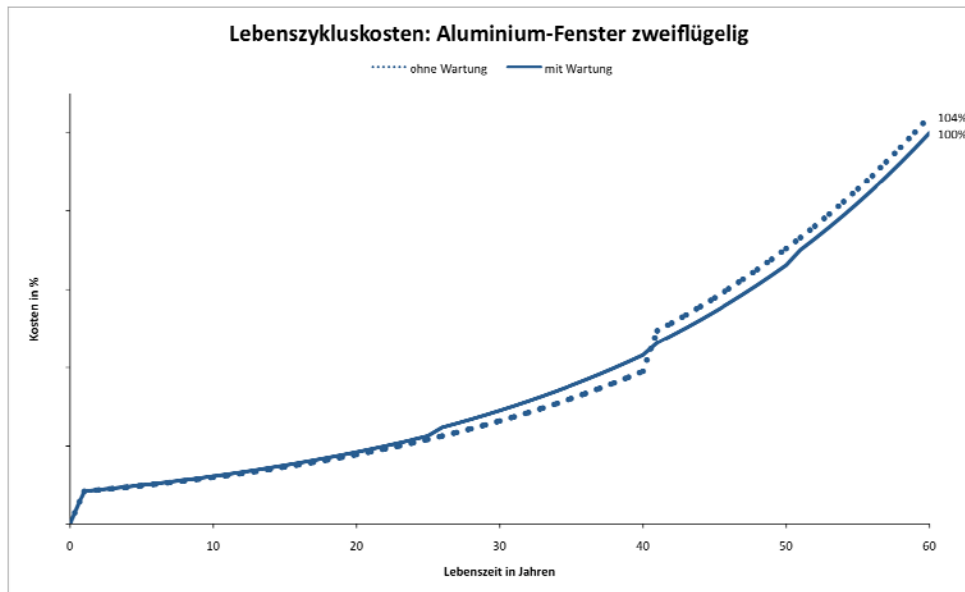


Abb. 55: Aluminium-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

#### 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.

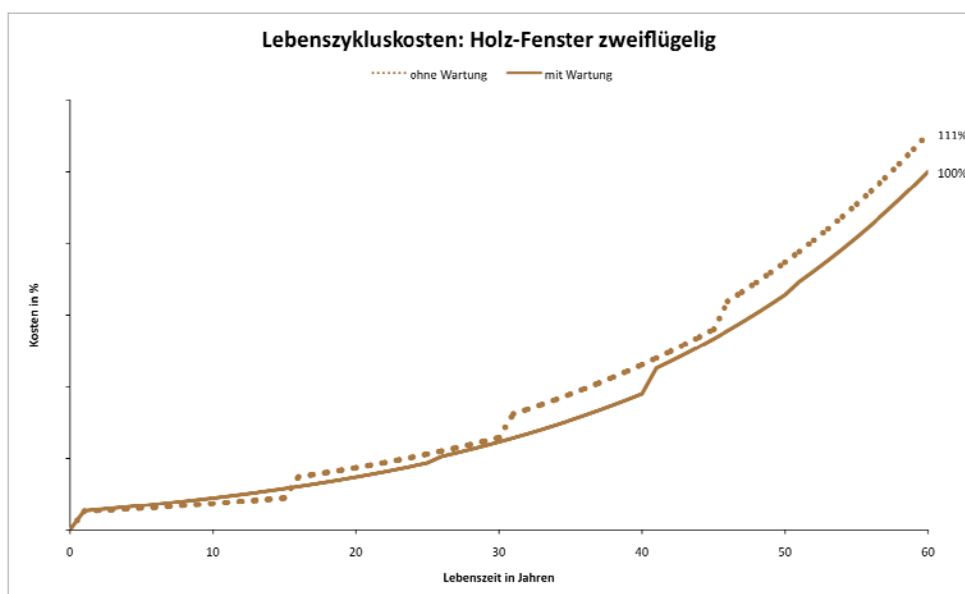


Abb. 56: Holz-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

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).

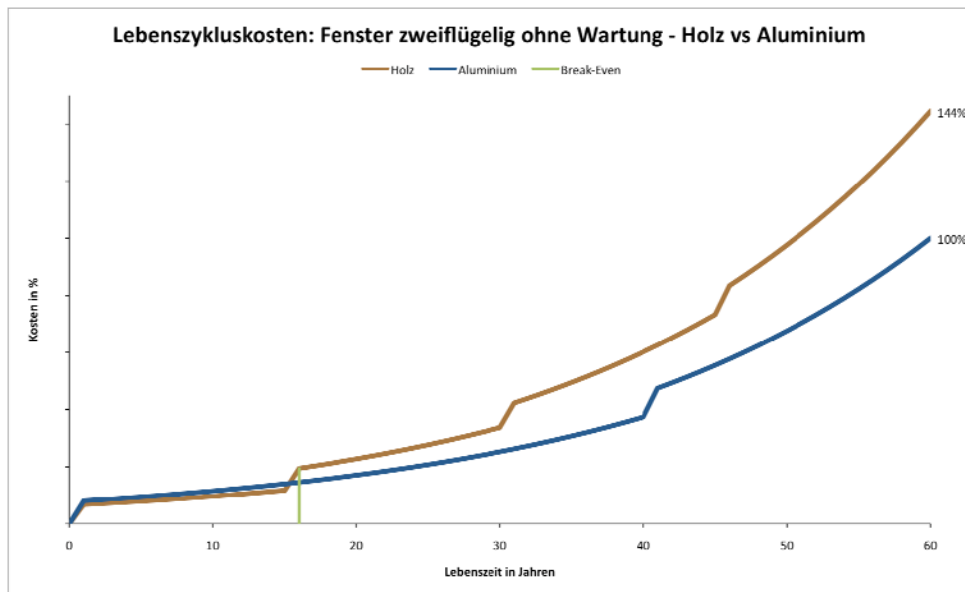


Abb. 57: Lebenszykluskostenvergleich: Holz-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 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.

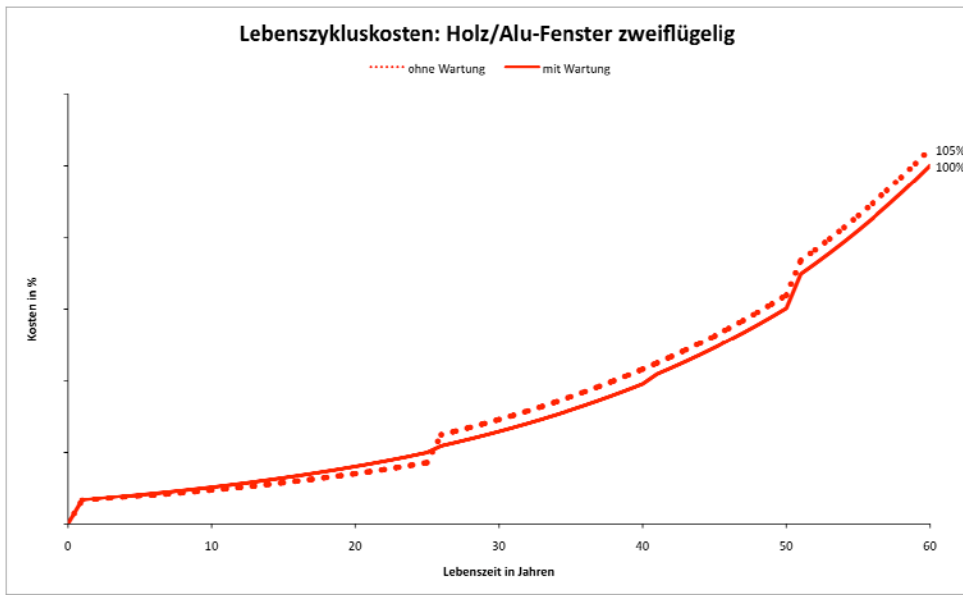


Abb. 58: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

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).

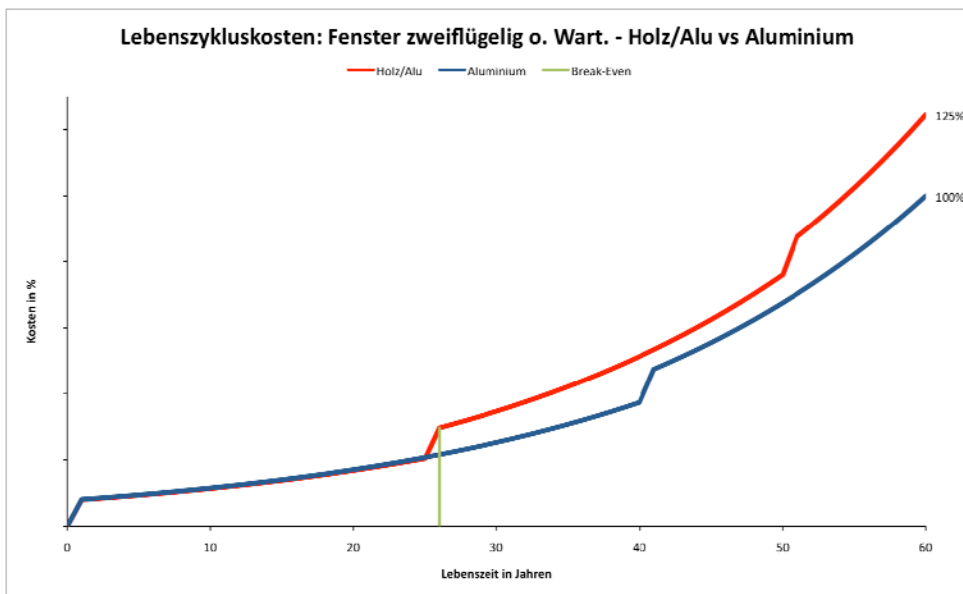


Abb. 59: Lebenszykluskostenvergleich: Holz/Alu-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 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.

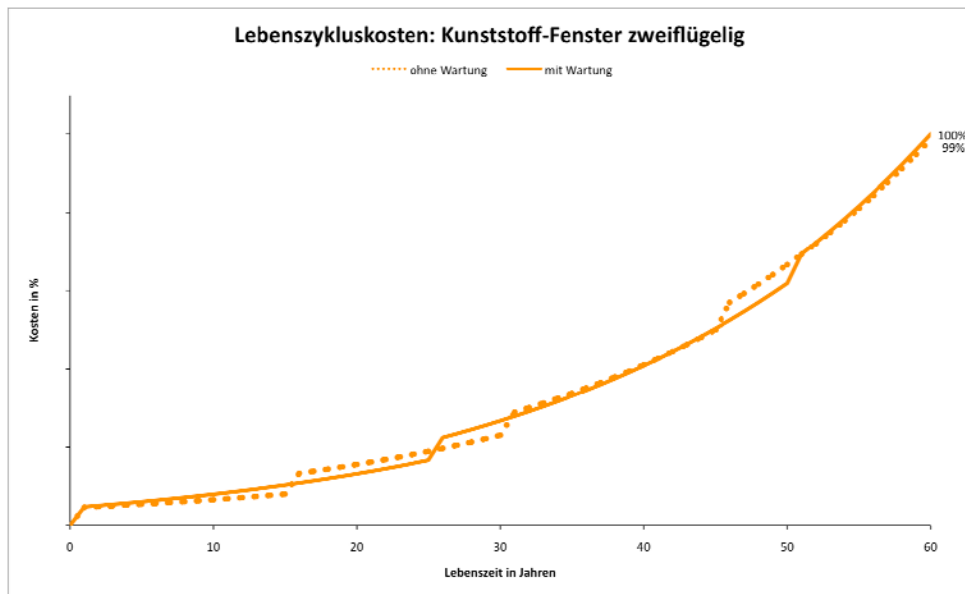


Abb. 60: Kunststoff-Fenster zweiflügelig: Lebenszykluskosten

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).

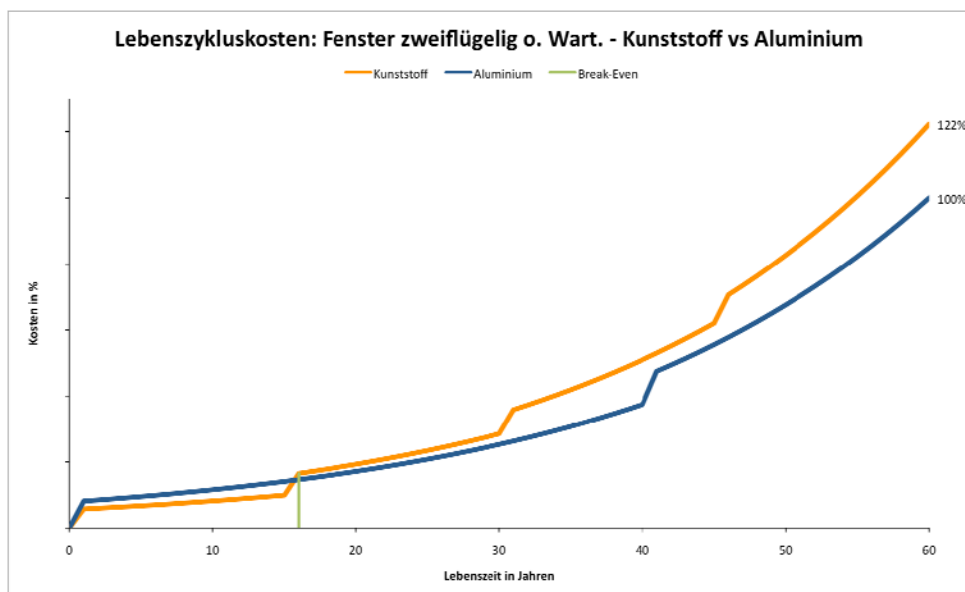


Abb. 61: Lebenszykluskostenvergleich: Kunststoff-Fenster zweiflügelig vs. Aluminium-Fenster zweiflügelig

#### 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:

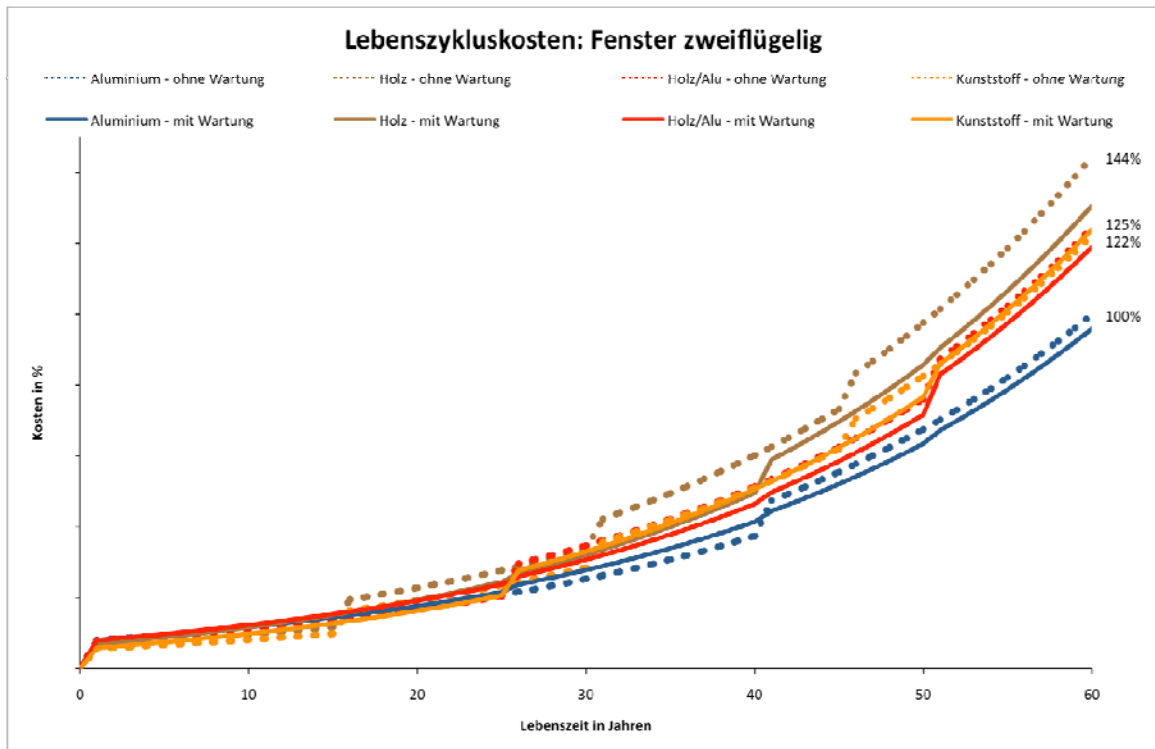


Abb. 62: Lebenszykluskostenvergleich: Fenster zweiflügelig

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.

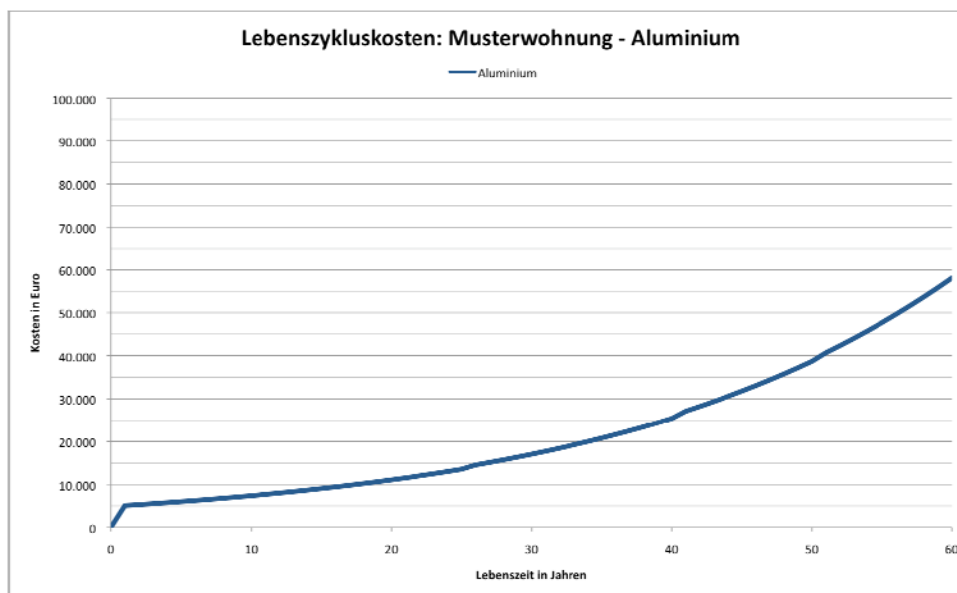
### 4.11.1 Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Aluminium

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**

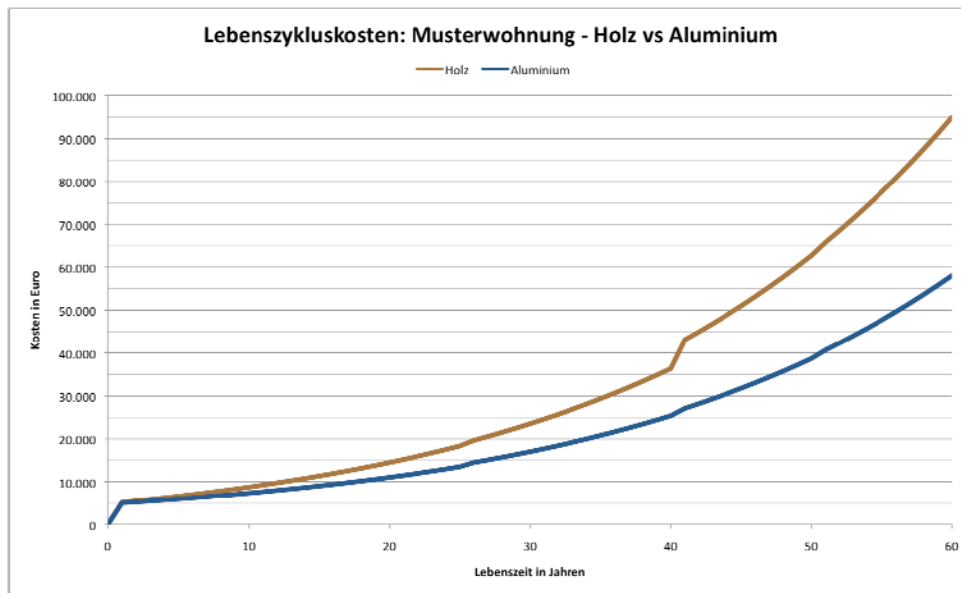
### 4.11.2 Musterwohnung: Rahmenmaterial aus Holz

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
<b>KU</b>	18.044 €	4.896 €
<b>LZK</b>	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
<b>KU</b>	14.620 €	5.179 €
<b>LZK</b>	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).

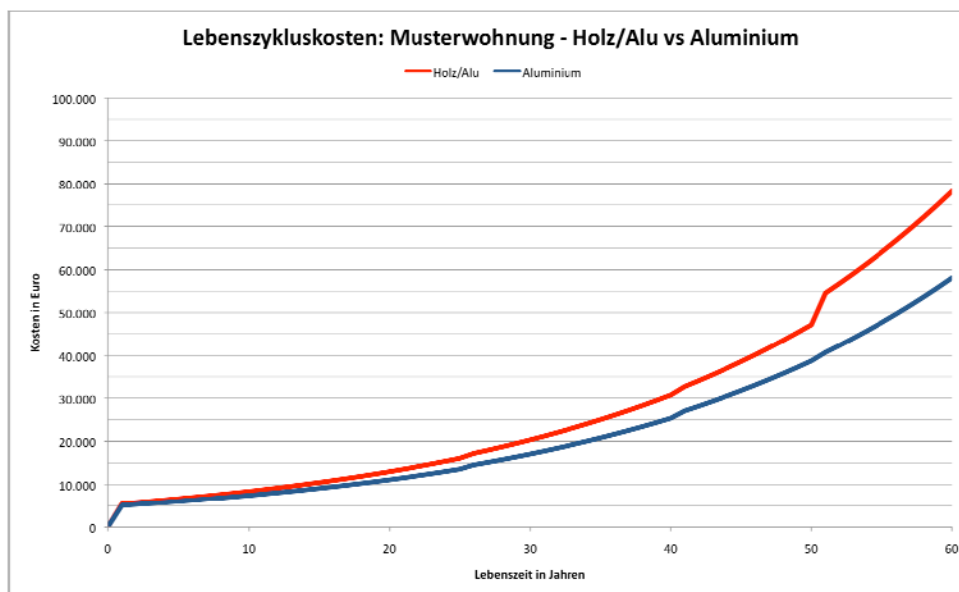


Abb. 65: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Holz/Alu und Aluminium

#### 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
<b>KU</b>	15.933 €	3.514 €
<b>LZK</b>	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).

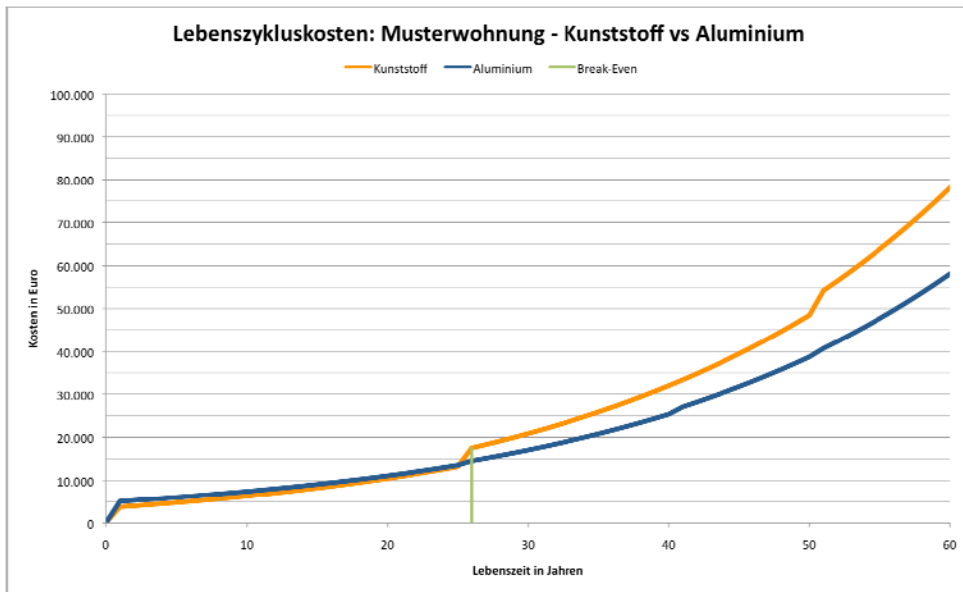


Abb. 66: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Kunststoff und Aluminium

#### 4.11.5 Musterwohnung: Rahmenmaterial: Zusammenfassung

Zusammenfassend stellt sich der Vergleich der Lebenszykluskosten der Rahmenwerkstoffe Aluminium, Holz, Holz/Alu und Kunststoff folgendermaßen dar:

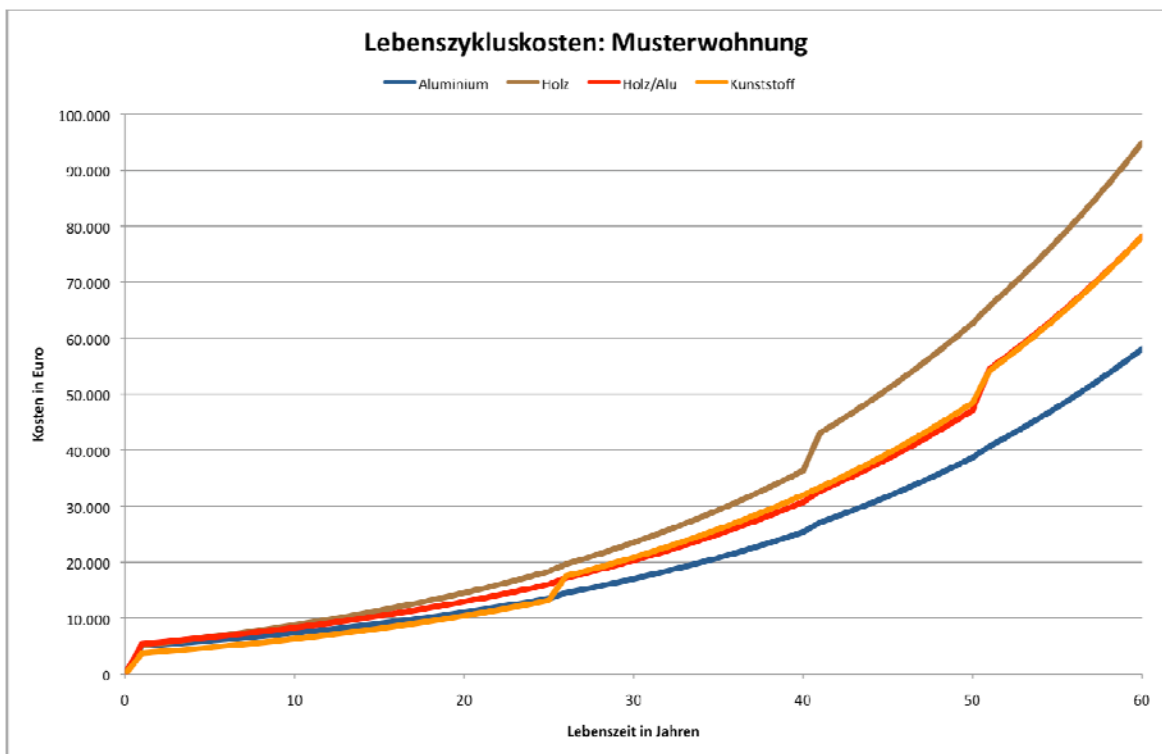


Abb. 67: Lebenszykluskosten Musterwohnung: Vergleich der Rahmenwerkstoffe<sup>34</sup>

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.

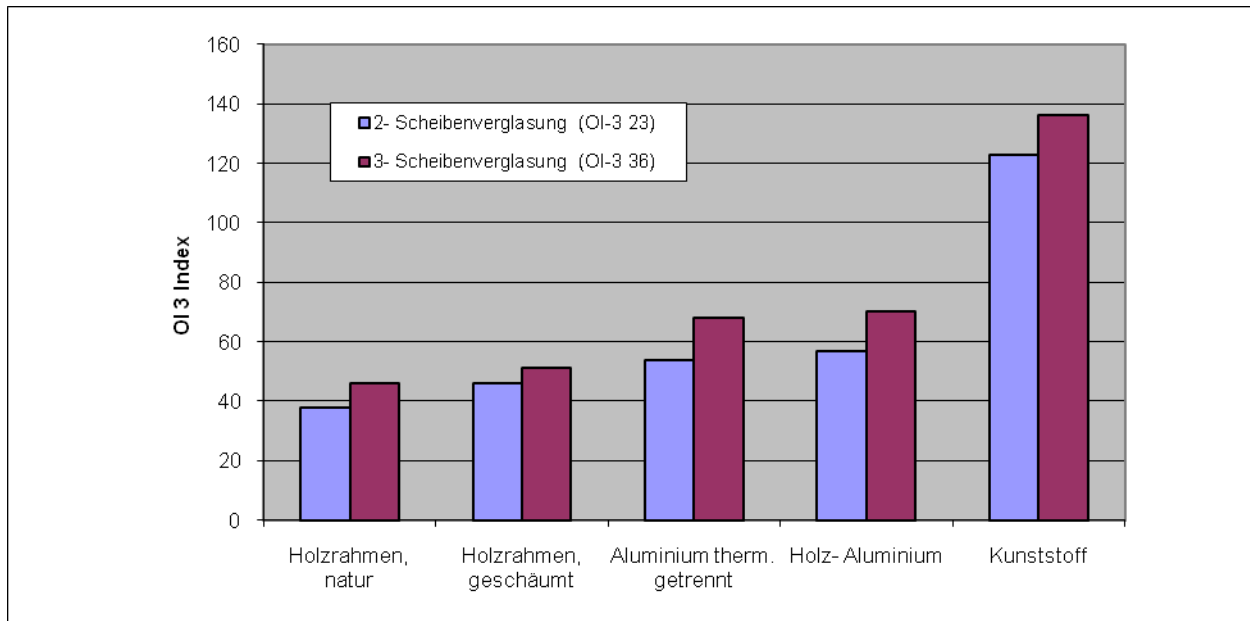


Abb. 68: Zusammenstellung der OI3 Werte<sup>35</sup> für unterschiedliche Rahmenwerkstoffe, Normfenster

## 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. Klebtechnologien 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



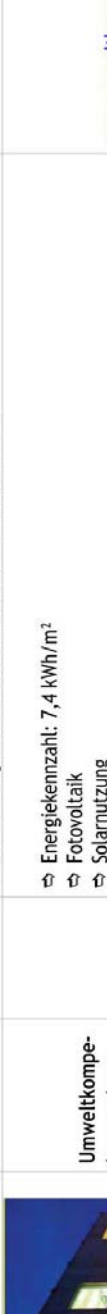
OIB: Leitfaden energietechnisches Verhalten von Gebäuden, Ver. 2.6, OIB-300.6-039/07, Wien: OIB, 2007

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),

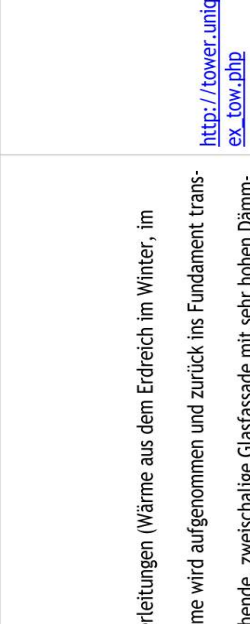
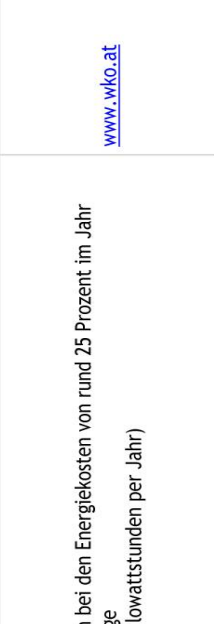

# 8 Anhang

## 8.1 Anhang A

Alphabetische Listung	Bezeichnung & Standort	Neubau / Sanierung	Begründung	Nähere Infos
	<p><b>Adler Lounge</b> 9981 Kals am Großglockner</p>	<p>Neubau</p>	<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>	<p><a href="http://www.adlerlounge.at">www.adlerlounge.at</a></p>
	<p><b>Bezirksspensio-nistenhelm</b> 8160 Weiz</p>	<p>Sanierung</p>	<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>	<p><a href="http://weiz.weiz-sozial.at">http://weiz.weiz-sozial.at</a></p>
	<p><b>EFH ALU MINI UM</b> Pressbaum/Rekawinkel</p>	<p>Neubau</p>	<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>	<p><a href="http://www.alufenster.at/show_content2.php?s2id=619">www.alufenster.at/show_content2.php?s2id=619</a></p>
	<p><b>Marximum</b> 1110 Wien</p>	<p>Neubau</p>	<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>	<p><a href="http://www.marximum.at">www.marximum.at</a></p>

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;sid=0&amp;replace=719">www.alufenster.at/show_content.php?sid=324&amp;sid=0&amp;replace=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). 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>Umweltkompetenzentrum</b> 8244 Schaffern</p>	<p>Neubau</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ Energiekennzahl: 7,4 kWh/m<sup>2</sup></li> <li>⇒ Photovoltaik</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>☞ Quellklimatisierung und eine konvektive Kühldecke im Inneren des Towers</li> </ul>	<p><a href="http://tower.uniqqa.at/find_ex_tow.php">http://tower.uniqqa.at/find_ex_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/beic/88498.htm">www.bauenergieumwelt.at/ecoplus/cluster/beic/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: Wärmeschutzisoliertes Glas, 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 Unterlichte; 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 Bei 5000 Zyklen: schmieren und Nachstellarbeiten	Klasse 2	Klasse 2 Bei 5000 Zyklen: schmieren und Nachstellarbeiten, bei 7500 Zyklen: leichte Verschleißerscheinungen im Getriebe; bei 10.000 Zyklen starke Abnutzung im Getriebekasten	Klasse 2 Bei 5000 Zyklen: schmieren und Nachstellarbeiten	Klasse 2 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

**Bauart: 1) einflügeliges Fenster mit fixer Unterlichte; 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.

## 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**



