



Verband der Fenster- und
Fassadenhersteller e.V.
Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt

Telefon +49 69 955054-0
Telefax +49 69 955054-11

www.window.de
vff@window.de



Bundesverband Flachglas e.V.
Mülheimer Straße 1
53840 Troisdorf

Telefon +49 2241 8727-0
Telefax +49 2241 8727-10

www.bundesverband-flachglas.de
info@Bundesverband-Flachglas.de

Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern

Aktualisierung der Studie „Im neuen Licht:
Energetische Modernisierung von alten Fenstern“

Stand: März 2010



Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern

Gliederung

Vorwort

Zusammenfassung

1. Energetische Eigenschaften von Fenstertypen (1950 bis 2009)
2. Modernisierungspotenzial in Deutschland Ende 2009
3. Zur Wirtschaftlichkeit neuer Fenster
4. Austausch von Fenstern lohnt sich
5. Literatur

- Anhang 1 Grunddaten zum Fenstermarkt in Deutschland (1971-2009)
Anhang 2 Einzelergebnisse der Amortisationsrechnung 2010
Anhang 3 Verfahren zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Vorwort

Diese Studie zum deutschen Fenstermarkt setzt eine Reihe von Untersuchungen fort, die der VFF nunmehr seit dem Jahr 2002 regelmäßig veröffentlicht.¹ Sie enthält die aktualisierten statistischen Grunddaten des Verbandes und die sich daraus ergebenden Berechnungen zur Energieersparnis mit neuen Fenstern in Deutschland.²

Gegenüber der letzten Studie zum Thema von Dezember 2007 wurde der aktuelle Datenbestand im Bereich von Bautätigkeit und Wohnen an die verfügbare Datenlage im Februar 2010 angepasst. Wie bereits 2007 erfolgt eine Unterteilung des Fensterbestands vor 1978 nach Fenstertypen. Damit lässt sich die tatsächliche Wärmedämmleistung des heutigen Fensterbestands in Deutschland zuverlässig berechnen.

Berücksichtigt wurden auch die (weitgehend unveränderten) Preisentwicklungen bei Neufenstern sowie die starken Niveauunterschiede bei den Energiepreisen in den vergangenen beiden Jahren.

¹ Vgl. VFF (2002), VFF-BF (2005), VFF-BF (2007) sowie VFF-BF (2008).

² Die Studie wurde überarbeitet von Prof. Dr. Andreas Brandt (FHDW Fachhochschule der Wirtschaft, Mettmann) in Zusammenarbeit mit dem Verband der Fenster- und Fassadenhersteller e.V. (VFF) und dem Bundesverband Flachglas e.V. (BF).

Zusammenfassung

In der Nachkriegszeit ergeben sich drei Phasen im Fensterbau, die eng mit der ökonomischen Entwicklung und den veränderten Rahmenbedingungen im Wärmeschutz zusammenhängen. Von 1950 bis 1978 dominierten einfachverglaste Fenster sowie Kasten- und Verbundfenster mit zwei Einzelscheiben. Ab 1978 kamen mit der Wärmeschutzverordnung (WSchV) verstärkt Isolierglasfenster auf den Markt. Ab 1995 setzte sich dann die beschichtete Wärmedämmverglasung (Low-E) durch.

Abb. 1 Gesamtmengen von Fenstern in Deutschland

Fensterbestand in Deutschland 2009		Mio. FE
Typ 1	Einfachverglaste Fenster	27
Typ 2	Verbund- und Kastenfenster	55
Typ 3	Fenster mit Isolierverglasung	238
Typ 4	Fenster mit Wärmedämmverglasung (Low-E)	258
Gesamt		578

Bestand in Fenstereinheiten (1 FE = 1,3 m x 1,3 m = 1,69 m²). Angaben gerundet.

Quelle: VFF, Stand Ende 2009

Von besonderem Interesse für einen baldigen Austausch sind Fenster mit Einfachverglasung vom Typ 1, die nach Einschätzung von VFF und BF immer noch rund 27 Millionen Fenstereinheiten ausmachen, 3 Millionen weniger als 2006. Dieser Bestand weist im Durchschnitt aller Baujahre einen sehr ungünstigen Wärmedurchgangskoeffizienten von 4,6 W/m²K und schlechter auf. Moderne Fenster mit Wärmedämmverglasung vom Typ 4 bringen es im Vergleich inzwischen auf 1,3 W/m²K und besser. Pro Fenstereinheit würden bei einem Austausch der einfachverglasten Fenster im Jahr mehr als 62 Liter Heizöl eingespart.³

Das gesamte Einsparpotenzial für Fenster mit Einfachverglasung liegt damit bei rund 16,8 Milliarden Kilowattstunden. Das entspricht dem durchschnittlichen Energieverbrauch von 3,7 Millionen 4-Personen-Haushalten pro Jahr.⁴

Der Austausch alter Fenster mit Einfachverglasung lohnt sich aber nicht nur ökologisch, sondern ist auch in hohem Maße wirtschaftlich. Denn bei den derzeitigen Heizölpreisen von 65 Ct/Liter amortisieren sich neue Kunststoff- oder Holzfenster bereits nach 11 bzw. 13 Jahren. Das momentane Preisniveau (März 2010) für Heizöl liegt mit 65 Ct/Liter zum Teil deutlich über dem der Jahre 2007 (50-73 Ct) und 2009 (46-60 Ct), reicht aber nicht an die Rekordwerte aus 2008 heran, als im März 78 Ct und im Juli 98 Ct je Liter erreicht wurden. Diese Preisspanne findet bei den Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit ihren Niederschlag.

³ Berechnung ohne solare Gewinne.

⁴ Bei einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von 4.500 kWh im Vier-Personen-Haushalt.

1. Energetische Eigenschaften von Fenstertypen

Die energetischen Eigenschaften eines Fensters werden durch seinen Wärmedurchgangskoeffizienten⁵ gemessen. Dieser Wert hat sich in den letzten 50 Jahren um rund 70 % verbessert, wie die nachstehende Tabelle zeigt. Je niedriger der Koeffizient, umso besser ist dies, da die Wärmeverluste geringer ausfallen.

Abb. 2 Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern

Wärmedurchgangskoeffizienten U_w in W/m^2K nach Fenstertypen		
Fenstertyp	Hauptsächlich verbaut von ... bis ...	Durchschnittlicher U_w -Wert im Bestand in W/m^2K
Fenster mit Einfachverglasung	bis 1978	4,6
Verbund- und Kastenfenster	bis 1978	2,4
Fenster mit Isolierverglasung	1978-1995	2,6
Fenster mit Wärmedämmverglasung (Low-E)	1995-2002	1,8
	2003-2005	1,5
	ab 2006	1,4

U_w -Wert ohne solare Gewinne. Der angegebene U_w -Wert ist als Durchschnittswert des Bestands dieser Baujahre berechnet. Der Bestand setzt sich aus Fenster mit Rahmen unterschiedlicher Bautiefe und Wärmedämmleistung, sowie aus Verglasungen mit verschiedenen Wärmedurchgangskoeffizienten zusammen.

Quelle: VFF

Moderne Wärmedämmfenster weisen eine beschichtete Isolierverglasung auf, die auch als Low-E Verglasung bekannt ist. Sie besitzen in Verbindung mit der hochentwickelten Dämm- und Dichtungstechnik des Rahmens dreimal bessere Wärmedämmwerte als Fenster mit Einfachverglasung.

Der Fensterbestand besteht aus Fenstern vieler Größen, deren Rahmen unterschiedliche Bautiefen und Bauarten aufweisen. Dazu kommen Verglasungen mit verschiedenen Wärmedurchgangskoeffizienten. In die Berechnung durchschnittlicher U_w -Werte gehen daher die Wärmedurchgangskoeffizienten von Glas und Rahmen ein, wobei der jeweilige Anteil der Rahmen- und Glasarten berücksichtigt wird.

2. Modernisierungspotenzial in Deutschland Ende 2009

Von unverändert hohem Interesse in der aktuellen umweltpolitischen Zielsetzung sind neben dem Neubau die Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand (Wohn- und Nichtwohnbau).

Das Potenzial zur Energieeinsparung zeigt die nachfolgende Übersicht im Einzelnen auf. Auch ohne Berücksichtigung solarer Energieeinträge wird deutlich, dass vor allem die Modernisierung im Bereich der Fenster mit Einfachverglasung lohnt, da hier das größte Einsparpotenzial realisierbar ist. Verbunden mit anderen Maßnahmen an der Gebäudehülle (z.B. Verbesserung der Außendämmung) lohnt auch der Austausch von Verbund- und Kastenfenstern sowie isolierverglasten Fenstern ohne Low-E Beschichtung.

⁵ Die Maßzahl für den Wärmedurchgangskoeffizient ist W/m^2K . Generell gilt: je niedriger der Wärmedurchgangskoeffizient, desto besser ist das Fenster gedämmt.

Abb. 3 Energetisches Sanierungspotenzial von Fenstern, Deutschland 2009

Energetisches Sanierungspotenzial von Fenstern in Deutschland		Wärmedämmglas (Low-E)	Isolierglas (unbeschichtet)	Verbund- und Kastenfenster	Einfachverglaste Fenster	Summen	Einheit	
	Fensterbestand in Fenstereinheiten (FE) (1 FE = 1,69 m ²)	258	238	55	27		Mio. FE	
	Hauptsächlich verbaut von bis							
Berechnung für eine Fenstereinheit	U _w -Wert 1950 - 1978				4,6		W/m ² K	
	U _w -Wert 1950 - 1978			2,4			W/m ² K	
	U _w -Wert 1978 - 1994		2,6				W/m ² K	
	U _w -Wert ab 1995	1,8-1,3					W/m ² K	
	Reduzierung des Fenster-U _w -Wertes bei einem Austausch des Fensters auf den technischen Stand 2009 mit einem U _w -Wert von 1,3 um:	0,0-0,5	1,3	1,1	3,3		W/m ² K	
	Bezogen auf eine Fensterfläche von 1,69 m ² ergibt sich		2,15	1,76	5,56		W/1,69m ² *K	
	Bei einer Heizgradtagzahl von 3.500 und einem Jahresnutzungsgrad von Heizungsanlagen bezogen auf die eingesetzte Energie von 75 % ergibt sich die Einsparung von Transmissionswärmeverlusten ohne solare Gewinne als EINSPARUNG IN L HEIZÖL	Austausch energetisch nicht sinnvoll		24,0	19,7	62,3		Liter / FE
	Umrechnung in Kilowattstunden			240,4	196,9	622,7		kWh/FE
	Energetische Sanierungs-Potenziale Bei 3.600 Kilojoule (kJ) pro Kilowattstunde (kWh) multipliziert mit der Anzahl der Fenster und einer Umrechnung auf Petajoule (PJ)			206,0	39,0	60,5	305,5	Petajoule
	Äquivalent in Mrd. Liter Heizöl			5,7	1,1	1,7	8,5	Mrd. Liter Heizöl
Äquivalent in Mio. Tonnen CO ₂			17,8	3,3	5,2	26,4	Mio. Tonnen CO ₂	
Äquivalent in Mrd. kWh		57,2	10,8	16,8	84,9	Mrd. kWh		

Quellen: Eigene Berechnungen (Rundungsdifferenzen möglich). Zur Umrechnung in eingespartes Heizöl vgl. „Gestalten mit Glas“, hrsg. von Interpane (2007), S. 319.

3. Zur Wirtschaftlichkeit neuer Fenster

Von Bedeutung für die Forderung nach einem Austausch alter Fenster mit Einfachverglasung ist unter anderem auch der Nachweis der Wirtschaftlichkeit einer solchen Maßnahme.

Dabei hängen die Berechnungen von drei Annahmen ab: Den Kosten eines neuen Fensters, den aktuellen und erwarteten Energiepreisen sowie den finanzmathematischen Annahmen über Zinsen und Inflationsraten (siehe Anhang 3).

Wir gehen bei unseren Berechnungen von Standardfenstern aus Kunststoff, Holz, Holz-Aluminium und Aluminium mit marktüblicher, durchschnittlicher Ausstattung ohne Extras (z.B. Schlösser, besondere Sicherheitsmerkmale und mechatronische Steuerung sowie Sprossen etc.) aus. Berücksichtigt sind die Montagekosten ohne Ausbau und Entsorgung sowie die Mehrwertsteuer (19%).

Abb. 4 Preise für Standardfenster

Preise für Fenster der Größe 1,3 m x 1,3 m nach Rahmenarten, inkl. Montage und Mehrwertsteuer (in Euro)				
	<u>Nettopreis</u>	<u>Montage</u>	<u>MwSt.</u>	<u>Gesamt</u>
Kunststoff	210,00	104,00	59,66	373,66
Holz	260,00	104,00	69,16	433,16
Holz-Aluminium	360,00	104,00	88,16	552,16
Aluminium	450,00	104,00	105,26	659,26

Quelle: VFF, durchschnittliche Marktpreise für Standardfenster. Stand Ende 2009.

Da die Energiepreise seit Jahren sehr stark steigen – zurzeit (März 2010) kostet Heizöl 0,65 € je Liter – unterstellen wir für die Berechnungen der Amortisation neuer Fenster Preise zwischen 60 Eurocent und 140 Eurocent je Liter Heizöl.

Der zugrunde liegende Kalkulationszins orientiert sich am nominalen Zins für zehnjährige Hypotheken, der mit durchschnittlich 5,0 % angenommen wird. Die für unsere Berechnungen verwendete jahresdurchschnittliche Inflationsrate bildet mit 1,9 % das mittelfristige Inflationsziel der Europäischen Zentralbank von unter 2 % ab.

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigen, dass sich Kunststoff- und Holzfenster beim aktuellen Heizölpreis nach rund 11 bzw. 13 Jahren amortisieren. Damit rechnet sich die Investition für den Austausch auch nach ökonomischen Gesichtspunkten, zumal neue Fenster eine Lebensdauer von mehr als 30 Jahren haben.

4. Austausch von Fenstern lohnt sich

Der Austausch alter, einfachverglaster Fenster, umweltpolitisch ohnehin notwendig, drängt sich wirtschaftlich für jeden Haus- und Wohnungseigentümer sowie für Eigentümer von Nichtwohngebäuden geradezu auf.

Das gleiche gilt auch für Verbund- und Kastenfenster sowie für alte isolierverglaste Fenster ohne Wärmedämmverglasung (Low-E) in Verbindung mit Modernisierungsmaßnahmen am Gebäude, z. B. an der Außenwand oder im Badezimmer.

Bei Fenstern der Generation vor 1995, deren Rahmen und Dichtungen noch in gutem Zustand sind, ist das Auswechseln unbeschichteter Isolierverglasungen gegen modernes Low-E Wärmedämmglas eine interessante Option.

Die verschiedenen von der Bundesregierung aufgelegten Förderprogramme sind bei der Realisierung der energetischen Gebäudemodernisierungsmaßnahmen durchaus hilfreich. Verstärkte und ausgeweitete Anreizprogramme bis hin zu einer gesetzlichen Austauschverpflichtung sind hinsichtlich der notwendigen Energieeinsparung und des gewünschten Klimaschutzes geboten.

5. Literatur

Interpane (2007), „Gestalten mit Glas“, hrsg. von Interpane Glas Industrie AG, 7. Aufl., Lauenförde.

VFF (2002), Aufschwung schaffen – Gesamtwirtschaftliche und ökologische Wirkungen der Förderung von Investitionen zur Verbesserung der Wärmedämmung von Fenstern, Gutachten von Meyer, B. und Wolter, M. I., Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (GWS Osnabrück). Herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF), Frankfurt a. M.

VFF (2004), Grunddaten zum Fenstermarkt, Arbeitstabellen des Verbandes der Fenster- und Fassadenhersteller vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF), Frankfurt a. M. (unveröffentlicht).

VFF-BF (2005), Wirtschaftlichkeit von neuen Fenstern bei Nachrüstverpflichtung, herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF), Frankfurt a. M. und dem Bundesverband Flachglas (BF), Troisdorf.

VFF-BF (2007), In neuem Licht: Energetische Modernisierung von alten Fenstern, herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF), Frankfurt a. M. und dem Bundesverband Flachglas (BF), Troisdorf.

VFF-BF (2008), Amortisation von neuen Fenstern – Aktualisierung, herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF), Frankfurt a. M. und dem Bundesverband Flachglas (BF), Troisdorf.

6. Anhang

Anhang 1

Produzierte Fenster in Deutschland *		1971	1972	1973	1974	1975	1976
U-Werte, Stand 03-2010							
Fenstermarkt Produktionszahlen							
Holz	In Mio. Einheiten, 1 Einheit = 1,69 m ²	5,6	6,8	7,0	7,6	7,0	6,7
Kunststoff		1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	3,0
Aluminium		5,7	6,3	6,1	6,0	5,5	4,9
Holz-Aluminium		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Markt gesamt		12,3	14,4	14,8	15,6	15,0	14,6
* Quelle: VFF (Summen gerundet)							
Glastypen in %							
Einfachglas	U _g = 5,8 W/m ² K	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%
Kasten-/Verbundfenster	U _g = 2,8 W/m ² K	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%
Isolierglas 4/12/4 (unbeschichtet)	U _g = 2,8 W/m ² K						
2-fach Wärmedämmglas 1.Generation	U _g = 1,4 W/m ² K						
2-fach Wärmedämmglas 2.Generation	U _g = 1,2 W/m ² K						
2-fach Wärmedämmglas 3.Generation	U _g = 1,1 W/m ² K						
3-fach Wärmedämmglas	U _g = 0,7 W/m ² K						
Glastypen in Mio. m²							
Einfachglas		4,4	5,1	5,3	5,5	5,3	5,2
Kasten-/Verbundfenster		10,2	11,9	12,3	12,9	12,4	12,1
Isolierglasglas 4/12/4 (unbeschichtet)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 1.Generation		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 2.Generation		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 3.Generation		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3-fach Wärmedämmglas							
Anteil Fenster mit „warmer Kante“ (Psi-Wert von 0,06 W/K)							
	Mittl. U_f-Wert W/m²K	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
U-Werte Rahmentypen							
Holz-Einfachfenster (Hartholz)	U _f = 1,9 W/m ² K	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%
Holz-Einfachfenster (Weichholz)	U _f = 1,5 W/m ² K	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz-Kastenfenster (Hartholz)	U _f = 1,4 W/m ² K	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%
Holz-Einfachfenster (Typ 1)	U _f = 1,1 W/m ² K						
Holz-Einfachfenster (Typ 2)	U _f = 0,9 W/m ² K						
	Mittl. U_f-Wert W/m²K	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Kunststoff-Fenster 2-kammrig	U _f = 2,2 W/m ² K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Kunststoff-Fenster 3-kammrig	U _f = 1,8 W/m ² K						
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 1)	U _f = 1,4 W/m ² K						
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 2)	U _f = 1,1 W/m ² K						
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 3)	U _f = 0,9 W/m ² K						
	Mittl. U_f-Wert W/m²K	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 3	U _f = 7,0 W/m ² K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.3	U _f = 5,0 W/m ² K						
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.2	U _f = 3,8 W/m ² K						
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.1	U _f = 3,0 W/m ² K						
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 1	U _f = 2,2 W/m ² K						
Alu-Fenster heute (Typ 1)	U _f = 1,9 W/m ² K						
Alu-Fenster heute (Typ 2)	U _f = 1,4 W/m ² K						
Alu-Fenster heute (Typ 3)	U _f = 1,1 W/m ² K						
Alu-Fenster heute (Typ 4)	U _f = 0,9 W/m ² K						
	Mittl. U_f-Wert W/m²K	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Holz-Metall-Fenster (Typ 1)	U _f = 1,7 W/m ² K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Holz-Metall-Fenster (Typ 2)	U _f = 1,3 W/m ² K						
Holz-Metall-Fenster (Typ 3)	U _f = 1,1 W/m ² K						
Holz-Metall-Fenster (Typ 4)	U _f = 0,9 W/m ² K						
	Mittl. U_f-Wert W/m²K	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Alle Fensterrahmenmaterialien							
Mittlerer U_w-Wert aller Fenster nach Tab.		Mittl. U_f-Wert	W/m²K	4,1	4,0	3,9	3,7
		W/m²K		3,8	3,8	3,8	3,7
Durchschnittlicher U_w-Wert 1971 - 1978		3,7					
Durchschnittlicher U_w-Wert 1979 - 1994							
Durchschnittlicher U_w-Wert 1995 - 2001							
Durchschnittlicher U_w-Wert 2001 - 2007							
Durchschnittlicher U_w-Wert 2008 - 2009		(Stand der Technik)					

Berechnung der U_w-Werte nach DIN EN ISO 10 077 Teil 1

Berechnung der Glasmengen nach DIN EN ISO 14351-1

* Zahlen bis 1990 für die BRD

1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
6,4	6,3	7,0	7,1	6,2	5,5	5,3	5,5	5,2	5,1	5,3	5,4	6,6	7,3	7,3	7,6	8,0	7,6
3,6	4,2	5,5	6,3	5,7	5,2	5,0	4,9	5,1	5,4	5,5	5,3	5,7	6,6	8,5	9,3	10,0	11,7
5,1	4,8	5,0	4,7	3,2	2,7	2,3	2,3	2,1	2,7	3,1	3,5	3,8	4,2	4,4	4,7	4,8	5,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	1,0	0,4	0,5	0,7	0,6	0,7
15,1	15,3	17,5	18,1	15,1	13,4	12,6	12,7	12,4	13,3	14,1	14,4	17,1	18,5	20,7	22,3	23,4	25,2
30,0%	20,0%	0,0%															
70,0%	70,0%	5,0%															
	10,0%	95,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	90,0%	89,0%	88,0%	83,0%	66,0%
													10,0%	11,0%	12,0%	17,0%	34,0%
5,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12,5	12,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	1,8	19,7	21,4	17,9	15,9	14,9	15,0	14,7	15,7	16,7	17,0	20,2	19,7	21,8	23,2	23,0	19,7
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,7	3,2	4,7	10,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3,7	3,4	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6	2,3
30,0%	30,0%	95,0%	100,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	60,0%	60,0%	60,0%
0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	40,0%	40,0%	40,0%
70,0%	70,0%	5,0%															
1,6	1,6	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	90,0%	80,0%	70,0%	60,0%	50,0%	40,0%	30,0%	20,0%	10,0%			
						10,0%	20,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	90,0%	95,0%	90,0%	85,0%
															5,0%	10,0%	15,0%
2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7
100,0%	100,0%	90,0%	100,0%	100,0%	90,0%	70,0%	50,0%	30,0%	10,0%								
		10,0%			10,0%	30,0%	50,0%	70,0%	90,0%								
										100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
7,0	7,0	6,8	5,0	5,0	4,9	4,6	4,4	4,2	3,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
3,5	3,4	3,4	2,8	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
3,7	3,4	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,4
										2,8							

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
7,4	6,8	6,5	5,9	5,4	4,6	3,5	3,5	2,8	2,8	2,3	2,5	2,1	2,0	2,0
12,3	12,1	12,6	12,1	12,1	10,7	8,6	8,1	7,2	7,2	6,5	7,2	6,4	6,4	6,7
5,2	5,1	4,4	3,9	3,5	3,5	3,1	2,6	2,6	2,4	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5
0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8
25,5	24,7	24,3	22,6	21,8	19,5	16,0	14,7	13,2	13,1	11,6	12,6	11,6	11,7	12,0
41,0%	20,0%	17,0%	15,0%	9,0%	5,0%	5,0%	4,0%							
59,0%	80,0%	83,0%	85,0%	45,0%	30,0%	20,0%	6,0%							
				46,0%	65,0%	75,0%	90,0%	100,0%	90,0%	75,0%	26,0%	10,0%	0,0%	0,0%
									10,0%	20,0%	65,0%	80,0%	85,0%	75,0%
										5,0%	9,0%	10,0%	15,0%	25,0%
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12,4	5,8	4,9	4,0	2,3	1,2	0,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17,8	23,4	23,9	22,7	11,6	6,9	3,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	15,0	14,2	15,7	15,7	13,9	10,3	3,9	1,4	0,0	0,0
									1,5	2,7	9,7	11,0	11,8	10,6
										0,7	1,3	1,4	2,1	3,5
												3%	8%	16%
2,0	1,7	1,6	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	30,0%	25,0%
40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	65,0%	60,0%
													5,0%	10,0%
														5,0%
1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5
80,0%	70,0%	60,0%	50,0%	40,0%	30,0%	20,0%	10,0%	5,0%	5,0%					
20,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	90,0%	95,0%	95,0%	100,0%	100,0%	100,0%	95,0%	88,0%
													5,0%	8,0%
														4,0%
1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
100,0%	95,0%	90,0%	85,0%	80,0%	70,0%	65,0%	45,0%	30,0%	15,0%					
0,0%	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%	30,0%	35,0%	50,0%	55,0%	65,0%	50,0%	30,0%	30,0%	24,0%	14,0%
							5,0%	15,0%	20,0%	50,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%
													5,0%	10,0%
													1,0%	5,0%
														1,0%
3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5	2,4	2,3	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8
100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	86,0%	69,0%
													10,0%	20,0%
													4,0%	8,0%
														3,0%
1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5
2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5
2,2	2,0	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3
1,9							1,5						1,4	

Anhang 2

Einzelerggebnisse der Amortisationsrechnung 2010

Einsparung Heizöl pro FE/Jahr (Bj. 71-78)					
Durchschnittliche Preise für den Fensterersatz, inkl. Montage und MwSt. (Quelle: VFF)					Preise für leichtes Heizöl (bei 3.000 l), EUR / Liter
Preis (EUR)	Holz 433,16	Kunststoff 373,66	Aluminium 659,26	Holz-Alu 552,16	
Amortisationsdauer bei variablen Heizölpreisen	14,02	11,78	23,94	18,93	0,60
	13,24	10,74	21,98	17,11	0,65
	11,69	9,86	20,02	16,10	0,70
in Jahren	10,79	9,12	17,36	14,36	0,75
je Fenstereinheit	10,02	8,49	16,48	13,29	0,80
dynamische Berechnung	9,36	7,94	15,29	12,37	0,85
	8,78	7,45	14,27	11,57	0,90
	8,27	7,02	13,38	10,87	0,95
	7,81	6,64	12,59	10,25	1,00
	7,40	6,30	11,89	9,70	1,05
	7,03	5,99	11,26	9,20	1,10
	6,70	5,71	10,70	8,76	1,15
	6,40	5,46	10,19	8,35	1,20
	6,12	5,22	9,73	7,98	1,25
	5,87	5,01	9,31	7,64	1,30
	5,63	4,81	8,92	7,33	1,35
	5,42	4,63	8,57	7,04	1,40
Durchschnittliche Amortisationsdauer	11,1 8,4 6,5	9,3 7,1 5,5	18,5 13,6 10,4	14,8 11,0 8,5	0,60 - 0,90 0,80 - 1,10 1,00 - 1,40

Die Tabelle zeigt die Amortisationsdauer in Jahren nach unterschiedlichen Rahmenmaterialien für neue Fenster in einem Spektrum unterschiedlicher Heizölpreise.

Unterstellt man künftig weiter steigende Preise, lässt sich über die einzelnen Werte der Tabelle für jede Rahmenart ein Durchschnittswert bilden. Zum Rechenverfahren siehe Anhang 3.

Anhang 3

Verfahren zur Berechnung der Amortisation

Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit des Austauschs von alten einfachverglasten Fenstern gegen moderne Wärmeschutzfenster erfordert ein finanzmathematisches Rechenverfahren, wobei der dynamische Ansatz das genauere Ergebnis liefert.

Statische Amortisationsrechnung

Bei der statischen Amortisationsrechnung wird auf einfache Weise geprüft, nach wie vielen Jahren die Anschaffungsausgaben A_0 eines neuen Holz- oder Kunststofffensters durch den Erlös e_0 des eingesparten Primärenergieverbrauchs bezahlt werden:

$$A_0 \leq \sum_{n=1}^{30} e_0$$

Hier werden einfach alle (erwarteten) Erlöswerte eingesparter Energie addiert und mit den Anschaffungsausgaben verglichen. Sind letztere niedriger, lohnt sich die Anschaffung.

Dynamische Amortisationsrechnung

Die dynamische Amortisationsrechnung berücksichtigt zusätzlich, dass künftige Ersparnisse aus heutiger Sicht weniger wert sind, je später sie in der Zukunft anfallen. Dazu wird der eingesparte Primärenergieverbrauch eines jeden Jahres n mit dem Realzinssatz abdiskontiert:

$$A_0 \leq \sum_{n=1}^{30} e_0 \cdot (r_{\text{real}})^{-n}$$

Der Realzinssatz (r_{real}) wird aus dem nominalen Zinssatz für langfristige Hypothekendarlehen (r_{nom}) und der durchschnittlichen Preissteigerungsrate (i) berechnet, wobei

$$r_{\text{real}} = (1 + r_{\text{nom}}) / (1 + i) - 1$$

Den Berechnungen liegen folgende Annahmen⁶ zugrunde:

- Nominalzinssatz von 4,5 %
- Preissteigerungsrate von 1,9 %
- Preisspanne für leichtes Heizöl von 0,60 – 1,40 € je Liter. Im März 2010 wurden 0,65 € je Liter bezahlt.

Realzinssatz, Preissteigerungsrate und Heizölpreise werden auch künftig Schwankungen unterliegen. Wirtschaftlichkeitsberechnungen stellen daher immer eine aktuelle Sichtweise dar und bieten keine Gewähr für zukünftige Entwicklungen.

⁶ Seit 1999 sind die nominalen Zinsen für Hypothekendarlehen mit 10-jähriger Bindung im Trend kontinuierlich von ca. 6 % auf teilweise unter 4,0 % in 2010 gesunken. Wir gehen von einem Marktdurchschnitt von 4,5 % aus. Bei der Preissteigerungsrate orientieren wir uns trotz des zurzeit sehr niedrigen Niveaus an der mittelfristigen Zielmarke des Europäischen Systems der Zentralbanken von unter 2 %.

Frankfurt am Main, März 2010