



Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern

Aktualisierung Mai 2021 der Studie „Im neuen Licht:
Energetische Modernisierung von alten Fenstern“

Mehr Energiesparen mit neuen Fenstern

Diese Hilfestellung wurde erarbeitet von:

Verband Fenster + Fassade, Frankfurt am Main, und Bundesverband Flachglas e. V., Troisdorf



© 2021

Bildnachweis: stock.adobe.com, iStockphoto.com

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort: Ausgangspunkt, Verfahren und Zielsetzung.....	5
2. Zusammenfassung	6
3. Gesamtbestand und energetische Eigenschaften von Fenstertypen	6
4. Modernisierungspotenzial in Deutschland	8
5. Zur Wirtschaftlichkeit neuer Fenster.....	10
6. Zur Wirtschaftlichkeit von Mehrinvestitionen gegenüber „Ohnehin“-Maßnahmen	12
7. Austausch von Fenstern lohnt sich	13
Anhang 1 Grunddaten zum Fenstermarkt in Deutschland (1971-2020)	14
Anhang 2 Erläuterungen zur Berechnung.....	18
Anhang 3 Literatur	19

Mehr Energiesparen mit neuen Fenstern



1. Vorwort: Ausgangspunkt, Verfahren und Zielsetzung

Diese Studie zum deutschen Fenstermarkt setzt eine Reihe von Untersuchungen fort, die VFF und BF seit vielen Jahren gemeinsam veröffentlichen.¹ Sie enthält die aktualisierten statistischen Grunddaten der Verbände und die sich daraus ergebenden Berechnungen zu Energieeinsparpotenzialen durch den Einsatz neuer Fenster im deutschen Wohngebäudebestand.² Wie bereits in früheren Versionen der Studie erfolgt eine Unterteilung des Fensterbestands nach Fenstertypen. Damit lässt sich die tatsächliche energetische Qualität des heutigen Fensterbestands in Deutschland zuverlässig berechnen. Bei der Berechnung des energetischen Sanierungspotenzials werden die solaren Gewinne durch transparente Bauteile berücksichtigt.

Die Studie enthält weiterhin Angaben zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Vollkostenbasis und unter Berücksichtigung der aktuellen Förderung der energetischen

Sanierung von Einzelmaßnahmen nach Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Höhe von 20 %, die für den Fenstertausch gewährt wird.³ Außerdem wird die Wirtschaftlichkeit auch im Vergleich zu einer „Ohnehin-Maßnahme“ betrachtet.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit werden die Kosten für die Energieeinsparungen durch die neuen Fenster, bezogen auf eine kWh, mit den ansonsten zu erwartenden Kosten für den Energiebezug verglichen. Dieser Vergleichspreis wird mit 0,075 €/kWh angesetzt. Das liegt leicht über dem aktuellen Energiepreis und berücksichtigt den eingeführten CO₂-Preis, der bis 2025 schrittweise steigt und damit den Erdgaspreis um 0,01 €/kWh erhöhen wird.⁴ Liegen die Kosten der Kilowattstunde eingesparter Energie unter dem Vergleichspreis, ist die Maßnahme wirtschaftlich.

Die vorliegende Studie will damit – bei wachsender Bedeutung der energetischen Sanierung des deutschen Gebäudebestandes – allen Stakeholdern Ausgangsdaten zu den Sanierungspotenzialen im deutschen Fensterbestand liefern und eine seriöse Bewertung der Frage ermöglichen, wann sich der Austausch von Bestandsfenstern in wirtschaftlicher Hinsicht lohnt.

¹ Vgl. VFF (2002), VFF-BF (2005), VFF-BF (2007), VFF-BF (2008), VFF-BF (2010), VFF-BF (2011), VFF-BF (2014) sowie VFF-BF (2017).

² Die Studie wurde erarbeitet / überarbeitet von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser, Technische Universität München / Dr. Rolf-Michael Lüking, in Zusammenarbeit mit dem Verband Fenster + Fassade (VFF) und dem Bundesverband Flachglas (BF).

³ Ausführliche Informationen in RTG (2021)

⁴ Erstes Gesetz zur Änderung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes vom 3. November 2020, www.bgbl.de

Mehr Energiesparen mit neuen Fenstern

2. Zusammenfassung

Drei veraltete Fenstertypen finden sich noch in großen Mengen im Bestand deutscher Wohngebäude: Fenster mit Einfachglas (Typ 1, 11 Mio. Fenstereinheiten), Verbund- und Kastenfenster (Typ 2, 39 Mio. FE) und Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas (Typ 3, 185 Mio. FE). Würden diese zusammen 235 Mio. Fenstereinheiten gegen moderne Fenster ausgetauscht, ließen sich rund 53 Milliarden Kilowattstunden Energie und rund 12,3 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen.⁵

Der Austausch veralteter Fenster lohnt sich aber nicht nur ökologisch, sondern ist auch in hohem Maße wirtschaftlich. Die Kosten, die es verursacht, durch Fenstertausch Energie einzusparen, liegen – auf die kWh Energie umgerechnet – in der Regel schon heute unter dem aktuellen Energiebezugspreis.

Wenn ein Fenster „sowieso“ ausgetauscht werden soll, weil es beispielsweise den

funktionalen Anforderungen nicht mehr entspricht, sind für den Planer und Bauherren zwei Aspekte relevant, die dafür sprechen, nach dem Prinzip „wenn schon, denn schon“ zu verfahren. Dann sollte man gleich energetisch hochwertige, energieeffizientere Fenster mit einem U_W-Wert von 0,95 W/(m²K) oder besser einbauen. Die Umwelt profitiert von geringeren Emissionen; es wird aktiver Klimaschutz praktiziert. Und der Geldbeutel wird geschont, weil die Energiekosten sinken und Fördermaßnahmen nach Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie die steuerliche Abzugsfähigkeit der Sanierung bares Geld wert sind.

Neben der reinen Energieeinsparung bewirkt die Investition in den Fenstertausch weitere Verbesserungen, wie z. B. bei Behaglichkeit, Komfort, Schallschutz oder Sicherheit. Der Austausch erhöht darüber hinaus den Substanzwert der Immobilie.

3. Gesamtbestand und energetische Eigenschaften von Fenstertypen

Seit Bestehen der Bundesrepublik ergeben sich vier 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 ersten Wärmeschutzverordnung (WSchVO) verstärkt Isolierglasfenster auf den Markt. Ab 1995 setzte sich dann das beschichtete Wärmedämmglas (Low-E) durch. Seit 2005 werden Fenster mit Dreifach-Wärmedämmglas eingesetzt (2 Low-E-Beschichtungen), deren Marktanteil seit 2009 stark steigt.

⁵ Berechnung unter Berücksichtigung solarer Gewinne.

Gesamtmenngen von Fenstern in Deutschland

Fensterbestand in Deutschland		2016 Mio. FE	2020 Mio. FE
Typ 1	Fenster mit Einfachglas	17	11
Typ 2	Verbund- und Kastenfenster	44	39
Typ 3	Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas	205	185
Typ 4	Fenster mit Zweischeiben-Wärmedämmglas (Low-E)	289	309
Typ 5	Fenster mit Dreischeiben-Wärmedämmglas (Low-E)	55	90
Gesamt		610	634

Bestand inistereinheiten (1 FE = 1,3 x 1,3 m = 1,69 m²). Angaben gerundet. Quelle: VFF / BF, Stand 2021

Die energetischen Eigenschaften eines Fensters werden beschrieben durch seinen Wärmedurchgangskoeffizienten⁶ (U-Wert), aus dem sich die Transmissionswärmeverluste ergeben, und durch den Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert), von dem

die solaren Energiegewinne abhängen. Der U-Wert hat sich bei Fenstern in den letzten 50 Jahren um rund 75 % verbessert, wie die nachstehende Tabelle zeigt. Je niedriger der Koeffizient, umso geringer sind die Wärmeverluste.

⁶ Die Maßzahl für den Wärmedurchgangskoeffizient ist $W/(m^2K)$. Generell gilt: je niedriger der Wärmedurchgangskoeffizient, desto besser ist das Fenster gedämmt.

Wärmedurchgangskoeffizienten U_w und g-Werte nach Fenstertypen im Gebäudebestand

Fenstertyp	Hauptsächlich verbaut	Durchschnittlicher U_w -Wert in $W/(m^2K)$	Durchschnittlicher g-Wert in %
1 Fenster mit Einfachglas	bis 1978	4,7	87
2 Verbund- und Kastenfenster	bis 1978	2,4	76
3 Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas	1978-1995	2,7	76
4 Fenster mit Zweischeiben-Wärmedämmglas (Low-E)	ab 1995	1,5	60
5 Fenster mit Dreischeiben-Wärmedämmglas (2 x Low-E)	ab 2005	1,1	50

Die angegebenen Werte sind als Durchschnittswerte des Bestands dieser Baujahre berechnet. Der Bestand setzt sich aus Fenstern mit Rahmen unterschiedlicher Bautiefe und Wärmedämmleistung sowie aus Verglasungen mit verschiedenen Wärmedurchgangskoeffizienten und g-Werten zusammen (s. Tabelle in Anhang 1). Quelle: VFF / BF

Moderne Wärmedämmfenster weisen Dreischeiben-Wärmedämmglas mit zwei beschichteten Scheiben (so genannte Low-E-Verglasung) auf. Sie besitzen in Verbindung mit der hochentwickelten Dämm- und Dichtungstechnik des Rahmens eine mehr als viermal bessere Wärmedämmung als Fenster mit Einfachglas. Die Beschichtungen reduzieren den

g-Wert gegenüber alten, schlecht wärmedämmenden Gläsern, ein Effekt, der im Sommer Vorteile mit sich bringt, in der Heizperiode allerdings zu einer Reduktion der nutzbaren solaren Wärmegevinne führt. Generell sind diese kostenlosen solaren Energiegewinne bei den Berechnungen dieser Studie berücksichtigt. Der Fensterbestand besteht aus Fenstern vieler

Größen, deren Rahmen unterschiedliche Bautiefen und Bauarten aufweisen. Dazu kommen Isoliergläser 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 (s. Anhang 1).

Mehr Energiesparen mit neuen Fenstern

4. Modernisierungspotenzial in Deutschland

Mehr denn je von hohem Interesse in der aktuellen umweltpolitischen Zielsetzung sind neben dem Neubau vor allem die Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand (Wohn- und Nichtwohnbau).

Im Folgenden betrachtet werden die Auswirkungen eines Austauschs von Fenstern im Wohngebäudebestand unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sowie hinsichtlich der Aspekte Energieeinsparung und CO₂-Reduktion. Ausgehend von den zuvor dargestellten Fenstertypen, die im Gebäudebestand vorgefunden werden, wird der Ersatz durch ein modernes Fenster mit Dreischeiben-Wärmedämmglas betrachtet, welches über einen U_W-Wert von 0,95 W/(m²K) und einen g-Wert von 62 % verfügt.⁷ Das Potenzial zur Energieeinsparung zeigt die nachfolgende Übersicht im Einzelnen auf. Es wird deutlich, dass vor allem die Modernisierung im Bereich der Fenster mit Einfachglas (Typ 1),

aber auch beim hohen Bestand der Fenster mit veraltetem, unbeschichtetem Isolierglas (Typ 3) lohnt, da hier das größte Einsparpotenzial realisierbar ist.

Von besonderem Interesse für einen raschen Austausch sind Fenster mit Einfachglas vom Typ 1, die nach Einschätzung von VFF und BF immer noch rund 11 Millionen Fenstereinheiten ausmachen. Dieser Bestand weist im Durchschnitt aller Baujahre einen sehr ungünstigen Wärmedurchgangskoeffizienten von 4,7 W/(m²K) und schlechter auf. Das moderne Fenster mit Dreischeiben-Low-E-Glas vom Typ 5, das zum Vergleich herangezogen wird, verfügt über einen U_W-Wert von 0,95 W/(m²K) und einen g-Wert von 62 %. Pro Fenstereinheit würden bei einem Austausch der Fenster mit Einfachglas im Jahr rund 491 kWh Energie bzw. 49 m³ Erdgas eingespart.

Das gesamte Einsparpotenzial für Fenster mit Einfachglas liegt damit immer noch bei rund 5 Milliarden Kilowattstunden und rund 1,2 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr.

Aber auch der Austausch von Fenstern mit veraltetem, unbeschichtetem Isolierglas (Typ 3) ist geboten. Bei einem Austausch würden hier pro Fenstereinheit im Jahr rund 222 kWh Energie bzw. 22 m³ Erdgas eingespart. Hochgerechnet auf den enorm hohen Bestand von 185 Mio. Fenstereinheiten liegt das Einsparpotenzial für diese Fenster bei rund 41 Milliarden Kilowattstunden und rund 9,5 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr.

⁷ Der U_W-Wert wurde in Anlehnung an die Anforderungen der BEG für die Förderung von Einzelmaßnahmen bei der energetischen Sanierung gewählt. Unter Umständen ist dieser U_W-Wert von Fenstertüren, die Barrierefreiheit gewährleisten, nicht einzuhalten.

Energetisches Sanierungspotenzial von Fenstern in Deutschland 2020

Energetisches Sanierungspotenzial von Fenstern in Deutschland 2020	Fenstertypen im Gebäudebestand					Summe der sanierungswürdigen Typen 1 bis 3	Einheiten
	Typ 5 Mit Wärmedämmglas 3-fach	Typ 4 Mit Wärmedämmglas 2-fach	Typ 3 Mit Isolierglas unbeschichtet	Typ 2 Verbund- und Kasten- fenster	Typ 1 Fenster mit Einfachglas		
Fensterbestand in Fenstereinheiten FE (1 FE = 1,69 m ²)	90	309	185	39	11	235	Mio. FE
Hauptsächlich verbaut von ... bis ...							
U _W -Wert bis 1978 g-Wert					4,7 87		W/(m ² K) %
U _W -Wert bis 1978 g-Wert				2,4 76			W/(m ² K) %
U _W -Wert 1978-1995 g-Wert			2,7 76				W/(m ² K) %
U _W -Wert ab 1995 (2-fach) g-Wert		1,8 - 1,3 58 - 63					W/(m ² K) %
U _W -Wert ab 2005 (3-fach) g-Wert	0,8 - 1,1 45 - 60						W/(m ² K) %
Bei einem Gradtagszahlfaktor von 75 kWh u. einem Jahresnutzungsgrad der Heizungsanlage von 85 % (e _g = 1,2) ergibt sich unter Berücksichtigung solarer Gewinne als Energieeinsparung in kWh bezogen auf FE (1,69 m ²):	Austausch energetisch wenig sinnvoll		222,0	176,0	491,0		kWh (FE*a)
Umrechnung in m ³ Erdgas			22,2	17,6	49,1		m ³ (FE*a)
Energetische Sanierungs Potenziale in Mrd. kWh			41,0	6,9	5,4	53,3	Mrd. kWh/a
Umgerechnet in Mrd. Kubikmeter Erdgas			4,1	0,7	0,5	5,3	Mrd. Kubikmeter Erdgas/a
Umgerechnet in Mio. Tonnen CO ₂			9,48	1,59	1,25	12,32	Mio. Tonnen CO ₂ /a

Quelle: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser, Technische Universität München / Dr. Rolf-Michael Lüking

Mehr Energiesparen mit neuen Fenstern

5. Zur Wirtschaftlichkeit neuer Fenster

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit erfolgen hier als dynamische Annuitätsrechnungen, in denen die Kosten für Energieeinsparungen bezogen auf eine kWh ermittelt werden, die den zu erwartenden Kosten für den Energiebezug gegenübergestellt werden können. Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, wenn die Kosten der eingesparten Energie kleiner sind als die Kosten für die Energie, die ansonsten bezogen werden muss.

Ausgewiesen wird ein Preis für eine Kilowattstunde eingesparter Energie (in €/kWh). In diese Größe fließen neben den Annahmen zur Abschreibungszeit der Investition lediglich Ansätze zum Kapitalzins sowie der allgemeinen Inflationsrate ein (zur Methodik vgl. Anhang 2).

Der Vergleichspreis wird mit 0,075 €/kWh angesetzt. Das liegt leicht über dem aktuellen Energiepreis und berücksichtigt den eingeführten CO₂-Preis, der bis 2025

schrittweise steigt und damit den Erdgaspreis um 0,01 €/kWh erhöhen wird. Liegen die Kosten der Kilowattstunde eingesparter Energie unter dem Vergleichspreis, ist die Maßnahme als wirtschaftlich anzusehen. Die vorliegende Studie überlässt es dem Leser, die weitere zukünftige Entwicklung des Energiepreises zu beurteilen.

Wir gehen bei unseren Berechnungen von modernen Fenstern aus Kunststoff, Holz, Holz-Aluminium und Aluminium mit marktüblicher, durchschnittlicher Ausstattung ohne Extras (z. B. Schlösser, besondere Sicherheitsmerkmale und mechanische Steuerung sowie Sprossen etc.) aus. Der durchschnittliche Marktpreis für ein modernes neues Fenster der Größe 1,3 x 1,3 m mit Dreischeiben-Wärmedämmglas wurde für alle Rahmenmaterialien (Kunststoff, Holz, Holz-Aluminium und Aluminium) erhoben. Daraus wurde ein mit den Marktanteilen dieser Rahmenmaterialien für das Jahr 2020 gewichteter Durchschnitt ermittelt. Da das Rahmen-

material Aluminium für den Wohnungsbau kaum eine Rolle spielt, wurde auch ein gewichteter Durchschnitt der anderen Rahmenmaterialien ohne Aluminium ermittelt. Berücksichtigt sind jeweils die Montagekosten ohne Ausbau und Entsorgung sowie die Mehrwertsteuer (derzeit 19 %).⁸

Da nach der aktuellen Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) der Fenstertausch als Einzelmaßnahme mit einem Zuschuss von mindestens 20 % gefördert wird, werden in der folgenden Tabelle auch die entsprechend reduzierten Preise sowie die daraus resultierenden Preise der eingesparten Energie aufgeführt.

Alle Fälle, bei denen das Kriterium für die Wirtschaftlichkeit erfüllt ist (Kosten der eingesparten Energie liegen unter den Energiebezugskosten von 0,075 €/kWh), sind in der Tabelle grün gekennzeichnet.

⁸ Durchschnittspreise gerundet auf volle Euro-Beträge. Stand Mai 2021.

Kosten der eingesparten Energie durch Fenstertausch (Vollkosten-Betrachtung)

Tausch gegen ein Fenster mit Dreifach-Wärmedämmglas ($U_W = 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und $g = 62 \%$)				Fenstertypen im Bestand							
Rahmenmaterial	Marktanteil in %	Preis je Fenster in €	Preis je Fenster in €	Typ 5 Mit Wärmedämmglas 3-fach	Typ 4 Mit Wärmedämmglas 2-fach	Typ 3 Mit Isolierglas unbeschichtet	Typ 2 Verbund- und Kastenfenster	Typ 1 Fenster mit Einfachglas			
		ohne Förderung	./ . 20 % Förderung	Kosten der eingesparten Energie in €/kWh ohne / ./ . 20 % Förderung							
				Austausch energetisch wenig sinnvoll		ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Holz	15,1	645 €	516 €			0,071	0,057	0,090	0,072	0,032	0,026
Holz-Aluminium	9,1	750 €	600 €			0,083	0,066	0,104	0,084	0,037	0,030
Kunststoff	58,5	490 €	392 €			0,054	0,043	0,068	0,055	0,024	0,020
Aluminium	17,3	930 €	744 €			0,103	0,082	0,130	0,104	0,046	0,037
Gewichteter Durchschnitt Wohnbaufenster ohne Aluminium	82,7	547 €	438 €			0,061	0,048	0,076	0,061	0,027	0,022
Gewichteter Durchschnitt alle Rahmenmaterialien	100	613 €	490 €	0,068	0,054	0,085	0,068	0,031	0,025		

Vergleichsmaßstab bezogene Energie: 0,075 €/kWh. Grün unterlegt = wirtschaftlich.

Quelle: VFF, durchschnittliche Marktpreise für Fenster. Stand Mai 2021, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser, Technische Universität München / Dr. Rolf-Michael Lüking.

Der Austausch alter Fenster vom Typ 1 (Einfachglas) ist in jedem Fall, selbst ohne die 20 %ige Förderung, wirtschaftlich, da die Vergleichskosten der bezogenen Energie für alle im Wohnbau gängigen Rahmenmaterialien über den Kosten der eingesparten Energie liegen. Unter Be-

rücksichtigung der 20 %igen Förderung ist auch für die meisten Rahmenmaterialien der Austausch von Fenstern vom Typ 2 (Verbund- und Kastenfenster) und für alle Rahmenmaterialien der Tausch von Fenstern vom Typ 3 (mit unbeschichtetem Isolierglas) wirtschaftlich.

Mehr Energiesparen mit neuen Fenstern

6. Zur Wirtschaftlichkeit von Mehrinvestitionen gegenüber „Ohnehin-Maßnahmen“

Ausgewiesen wurden bislang die Vollkosten eines Fenstertausches. Von Interesse ist außerdem die Wirtschaftlichkeit der Investition in das beschriebene, hochwertige moderne Fenster (U_W -Wert 0,95 W/(m²K); g-Wert 62 %) im Vergleich zu einer „Ohnehin-Maßnahme“, also einem Fenstertausch, der nicht aus energetischen, sondern aus funktionalen Gründen erforderlich ist (Funktionsstörung, Funktionsausfall, Verschleiß). Als Vergleichsmaßstab ziehen wir hierfür einen Fensterstandard heran, der vom Gebäudeenergiegesetz (GEG) 2020 als Mindestanforderung für den Austausch verlangt wird: U_W -Wert 1,3 W/(m²K) (in der Praxis bedeutet das eine Ausführung mit Zweischleiben-Wärmedämmglas; g-Wert 60 %).

Die analogen Marktpreise für ein solches Fenster nach Mindestanforderung in der Größe 1,3 x 1,3 m inkl. Montage und MwSt. wurden wie oben beschrieben ermittelt, und mit den Marktanteilen der Rahmenmaterialien wurden gewichtete Durchschnittspreise gebildet.⁹

Entscheidet man sich im Falle des „ohnehin“ anstehenden Fenstertausches dazu, in das hochwertige moderne Fenster (U_W -Wert 0,95 W/(m²K); g-Wert 62 %) statt des Fensters nach Mindestanforderung zu investieren, so betragen die Mehrkosten je Fenster in der Größe 1,3 x 1,3 m je nach Rahmenmaterial zwischen 70,- und 76,- € inkl. Montage und MwSt.

Die Kosten für eine Kilowattstunde zusätzlich eingesparter Energie betragen dann,

wie folgende Tabelle zeigt, je nach Rahmenmaterial zwischen 0,029 und 0,031 €/kWh. Das liegt deutlich unter dem Vergleichspreis für bezogene Energie (0,075 €/kWh). Im Falle des ohnehin anstehenden Fenstertausches ist daher die Entscheidung für die Mehrinvestition in das beschriebene, hochwertige moderne Fenster in jedem Fall als wirtschaftlich anzusehen. Wenn für das hochwertige moderne Fenster die 20 %ige Förderung abgezogen wird, so liegen die geförderten Preise sogar durchgehend unter den Preisen für das Fenster nach Mindestanforderung, so dass sich negative Kosten für die höherwertige Maßnahme ergeben.

⁹ Durchschnittspreise gerundet auf volle Euro-Beträge. Stand Mai 2021.

Kosten der eingesparten Energie gegenüber „Ohnehin-Maßnahmen“

Tausch gegen ein Fenster mit Dreifach-Wärmedämmglas ($U_W = 0,95$ W/(m²K) und g = 62 %) statt eines Fensters nach GEG-Mindestanforderung ($U_W = 1,3$ W/(m²K) und g = 60 %)

Rahmenmaterial	Marktanteil in %	Preis je Fenster mit Dreifach-Wärmedämmglas in €		Preis je Fenster nach GEG-Mindestanforderung in €	Kosten der zusätzlich eingesparten Energie in €/kWh	
		ohne Förderung	./. 20 % Förderung		ohne Förderung	./. 20 % Förderung
Holz	15,1	645 €	516 €	569 €	0,031	-0,022
Holz-Aluminium	9,1	750 €	600 €	678 €	0,030	-0,032
Kunststoff	58,5	490 €	392 €	420 €	0,029	-0,012
Aluminium	17,3	930 €	744 €	856 €	0,030	-0,046
Gewichteter Durchschnitt Wohnbaufenster ohne Aluminium	82,7	547 €	438 €	476 €	0,029	-0,016
Gewichteter Durchschnitt alle Rahmenmaterialien	100	613 €	490 €	541 €	0,030	-0,021

Vergleichsmaßstab bezogene Energie: 0,075 €/kWh. Grün unterlegt = wirtschaftlich.

7. Austausch von Fenstern lohnt sich

Durch die Energieeinsparung rentiert sich der Fenstertausch wirtschaftlich. Er trägt durch CO₂-Einsparung außerdem zum Erreichen der politischen Klimaziele bei und wird daher auch im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gefördert.

Daneben erzielen hochwertige moderne Fenster gegenüber veralteten Bestandsfenstern eine Reihe weiterer Modernisierungseffekte, wie z. B. Gewinne an...

- Behaglichkeit (durch höhere Oberflächentemperaturen der besser gedämmten Glasflächen)
 - Bedienungskomfort
 - Pflegeleichtigkeit (z. B. der Oberflächen)
 - Sicherheit
 - Schalldämmung
- sowie
- Verbesserte Nachhaltigkeit / Ökologie,
 - Steigerung des Substanzwertes der Immobilie und
 - Verbesserung der Vermietbarkeit.

Wenn man diese Effekte quantifizierte, würde das offenkundig die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung weiter zugunsten des Fenstertausches verbessern. Eine Quantifizierung wäre durchaus denkbar, würde aber immer Annahmen erforderlich machen, die im Einzelfall diskutierbar wären. Investitionen in den Fenstertausch sind also auch Investitionen in diese Modernisierungseffekte. Der Austausch alter Fenster mit Einfachglas, umweltpolitisch ohnehin notwendig, drängt sich daher für jeden Haus- und Wohnungseigentümer sowie für Eigentümer von Nichtwohngebäuden geradezu auf.

Bei Fenstern der Generation vor 1995, deren Rahmen und Dichtungen noch in gutem Zustand sind, kann auch das Auswechseln von unbeschichtetem Isolierglas gegen modernes Low-E-Wärmedämmglas eine interessante Option sein. In der Regel wird es sich hier um Zweischeiben-Wärmedämmglas handeln, weil die vorhandenen Rahmen- bzw. Falzbreiten den Einsatz von Dreischeiben-Wärmedämmglas nicht erlauben.

Seit dem 1. Januar 2021 bündelt die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) eine Vielzahl bestehender Förderprogramme und macht es damit künftig leichter, die Förderung zu beantragen. Mit der BEG wird die Förderlandschaft zudem weiterentwickelt: Neue, attraktive Förderangebote, die den individuellen Bedürfnissen der Eigentümer besser entsprechen können, kommen hinzu. Neben der BEG bleiben die steuerliche Förderung und die Förderung der Energieberatung bestehen.

Anhang 1

Vermarktete Fenster in Deutschland ¹⁰ U-Werte, Stand 06-2021			1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Fenstermarkt Marktzahlen										
Holz	In Mio. Einheiten*		5,6	6,8	7,0	7,6	7,0	6,7	6,4	6,3
Kunststoff			1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	3,0	3,6	4,2
Aluminium	* 1 Einheit = 1,69 m ²		5,7	6,3	6,1	6,0	5,5	4,9	5,1	4,8
Holz-Aluminium			0	0	0	0	0	0	0	0
Markt gesamt			12,3	14,4	14,8	15,6	15,0	14,6	15,1	15,3
* Quelle: VFF										
Marktanteile Glastypen										
Einfachglas	U _g = 5,8	W/(m ² K)	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	20,0%
Kasten-/Verbundfenster	U _g = 2,8	W/(m ² K)	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%
Isolierglasglas 4/12/4 (unbeschichtet)	U _g =2,8	W/(m ² K)								10,0%
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	5,4	3,6
Kasten-/Verbundfenster			10,2	11,9	12,3	12,9	12,4	12,1	12,5	12,7
Isolierglas 4/12/4 (unbeschichtet)			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
2-fach Wärmedämmglas 1. Generation			0,0	0,0	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	0,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 3. Generation										
3-fach Wärmedämmglas										
Anteil Verglasung mit „warmer Kante“ (Psi-Wert von 0,06)										
	Mittl. U_g-Wert	W/(m²K)	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,4
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%	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%	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%	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	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%	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	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%	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	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%	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	1,7	1,7
Alle Fensterrahmenmaterialien	Mittl. U_f-Wert	W/(m²K)	4,1	4,0	3,9	3,7	3,7	3,5	3,5	3,4
Mittlerer U_w-Wert aller Fenster nach Tabelle		W/(m ² K)	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6	3,7	3,4
Durchschnittlicher U_w-Wert 1971 - 1978							3,7			
Durchschnittlicher U_w-Wert 1979 - 1994										

1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
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
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
5,0	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	0,1	0,2	0,2	1,0	0,4	0,5	0,7	0,6	0,7
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

0,0%															
5,0%															
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%

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
1,0	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
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	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
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	2,6	2,3

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%	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%
5,0%															
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%	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	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7
90,0%															
10,0%	100,0%	100,0%	90,0%	70,0%	50,0%	30,0%	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%

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%
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
3,4	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
3,0	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

¹⁰ Zahlen bis 1990 für die BRD

Anhang 1

Vermarktete Fenster in Deutschland U-Werte, Stand 06-2021			1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Fenstermarkt Marktzahlen											
Holz	In Mio.Einheiten*		7,4	6,8	6,5	5,9	5,4	4,6	3,5	3,5	2,8
Kunststoff			12,3	12,1	12,6	12,1	12,1	10,7	8,6	8,1	7,2
Aluminium	* 1 Einheit = 1,69 m ²		5,2	5,1	4,4	3,9	3,5	3,5	3,1	2,6	2,6
Holz-Aluminium			0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6
Markt gesamt			25,5	24,7	24,3	22,6	21,8	19,5	16,0	14,7	13,2
* Quelle: VFF											
Marktanteile Glastypen											
Einfachglas	U _g = 5,8	W/(m ² K)									
Kasten-/Verbundfenster	U _g = 2,8	W/(m ² K)									
Isolierglasglas 4/12/4 (unbeschichtet)	U _g = 2,8	W/(m ² K)	41,0%	20,0%	17,0%	15,0%	9,0%	5,0%	5,0%	4,0%	
2-fach Wärmedämmglas 1. Generation	U _g = 1,4	W/(m ² K)	59,0%	80,0%	83,0%	85,0%	45,0%	30,0%	20,0%	6,0%	
2-fach Wärmedämmglas 2. Generation	U _g = 1,2	W/(m ² K)					46,0%	65,0%	75,0%	90,0%	100,0%
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			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kasten-/Verbundfenster			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Isolierglas 4/12/4 (unbeschichtet)			12,4	5,8	4,9	4,0	2,3	1,2	0,9	0,7	0,0
2-fach Wärmedämmglas 1. Generation			17,8	23,4	23,9	22,7	11,6	6,9	3,8	1,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 2. Generation			0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	15,0	14,2	15,7	15,7
2-fach Wärmedämmglas 3. Generation											
3-fach Wärmedämmglas											
Anteil Verglasung mit „warmer Kante“ (Psi-Wert von 0,06)											
	Mittl. U_g-Wert	W/(m²K)	2,0	1,7	1,6	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2
U-Werte Rahmentypen											
Holz-Einfachfenster (Hartholz)	U _f = 1,9	W/(m ² K)	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%
Holz-Einfachfenster (Weichholz)	U _f = 1,5	W/(m ² K)	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	60,0%	60,0%	60,0%	60,0%
Holz-Kastenfenster (Hartholz)	U _f = 1,4	W/(m ² K)									
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)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Kunststoff-Fenster 2-kammrig	U _f = 2,2	W/(m ² K)									
Kunststoff-Fenster 3-kammrig	U _f = 1,8	W/(m ² K)	80,0%	70,0%	60,0%	50,0%	40,0%	30,0%	20,0%	10,0%	5,0%
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 1)	U _f = 1,4	W/(m ² K)	20,0%	30,0%	40,0%	50,0%	60,0%	70,0%	80,0%	90,0%	95,0%
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)	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 3	U _f = 7,0	W/(m ² K)									
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)	100,0%	95,0%	90,0%	85,0%	80,0%	70,0%	65,0%	45,0%	30,0%
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 1	U _f = 2,2	W/(m ² K)	0,0%	5,0%	10,0%	15,0%	20,0%	30,0%	35,0%	50,0%	55,0%
Alu-Fenster heute (Typ 1)	U _f = 1,9	W/(m ² K)								5,0%	15,0%
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)	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,5	2,4
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%	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	1,7	1,7	1,7
Alle Fensterrahmenmaterialien			Mittl. U_f-Wert	W/(m²K)	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7
Mittlerer U_w-Wert aller Fenster nach Tabelle			W/(m²K)	2,2	2,0	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,5
Durchschnittlicher U_w-Wert 1995 - 2001						1,9					
Durchschnittlicher U_w-Wert 2001 - 2007											
Durchschnittlicher U_w-Wert 2008 - 2016											
Durchschnittlicher U_w-Wert 2017 - 2020											

2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
																vorläufig
2,8	2,3	2,5	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3
7,2	6,5	7,2	6,4	6,4	6,8	7,1	7,4	7,5	7,6	7,7	7,7	8,0	8,2	8,3	8,4	8,8
2,4	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4
13,1	11,6	12,6	11,6	11,7	12,1	12,5	12,9	13,0	13,1	13,4	13,4	13,8	14,2	14,4	14,8	15,3
90,0%	75,0%	26,0%	10,0%													
10,0%	20,0%	65,0%	80,0%	85,0%	75,0%	60,0%	55,0%	50,0%	45,0%	44,0%	42,0%	41,0%	40,4%	40,1%	39,7%	39,5%
	5,0%	9,0%	10,0%	15,0%	25,0%	40,0%	45,0%	50,0%	55,0%	56,0%	58,0%	59,0%	59,6%	59,9%	60,3%	60,5%
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	0,0	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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13,9	10,3	3,9	1,4	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
1,5	2,7	9,7	11,0	11,8	10,7	8,9	8,4	7,7	7,0	7,0	6,7	6,7	6,8	6,8	7,0	6,9
	0,7	1,3	1,4	2,1	3,6	5,9	6,9	7,7	8,5	8,9	9,2	9,6	10,0	10,2	10,6	10,6
			3%	8%	16%	30%	40%	50%	55%	58,0%	62,0%	62,7%	62,8%	66,2%	70,0%	74,0%
1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
40,0%	40,0%	40,0%	40,0%	30,0%	25,0%	10,0%										
60,0%	60,0%	60,0%	60,0%	65,0%	60,0%	74,0%	84,0%	84,0%	84,0%	80,0%	76,0%	74,0%	72,0%	70,0%	68,0%	66,0%
										4,0%	8,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%
				5,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	12,0%	14,0%	16,0%	18,0%
					5,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
5,0%																
95,0%	100,0%	100,0%	100,0%	95,0%	88,0%	60,0%	55,0%	51,0%	48,0%	46,0%	45,0%	44,0%	43,0%	42,0%	41,0%	40,0%
				5,0%	8,0%	32,0%	35,0%	40,0%	41,0%	45,0%	46,0%	47,0%	48,0%	48,0%	49,0%	50,0%
					4,0%	8,0%	8,0%	9,0%	9,0%	9,0%	9,0%	9,0%	9,0%	10,0%	10,0%	11,0%
1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
15,0%																
65,0%	50,0%	30,0%	30,0%	24,0%	14,0%											
20,0%	50,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	50,0%	40,0%	10,0%	5,0%						
					5,0%	10,0%	22,0%	39,0%	46,0%	74,0%	82,0%	84,0%	84,0%	82,0%	80,0%	77,0%
					1,0%	5,0%	7,0%	10,0%	13,0%	15,0%	12,0%	15,0%	15,0%	16,0%	17,0%	19,0%
						1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	2,0%	3,0%	3,0%
2,3	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3
100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	86,0%	69,0%	38,0%	25,0%	15,0%								
				10,0%	20,0%	44,0%	53,0%	59,0%	70,0%	68,0%	67,0%	66,0%	60,0%	54,0%	48,0%	42,0%
				4,0%	8,0%	12,0%	15,0%	18,0%	20,0%	22,0%	23,0%	24,0%	30,0%	36,0%	42,0%	48,0%
					3,0%	6,0%	7,0%	9,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%
1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2
1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
1,5																
							1,3					1,2				
																1,1

Erläuterung zur Berechnung

a) Annahmen für Heizperiode und Strahlungssummen

- Heizperiode nach DIN 4108-2; Gradtagszahlfaktor (FGT) 75 kWh (Annahme eines teilsanierten Gebäudes: Aktualisierte Werte der spezifischen CO₂-Emissionen der betrachteten Energieträger nach GEMIS 5.0)
- Berechnungsansatz Heizperiodenbilanzverfahren
Jahresheizwärmebedarf:
 $Q_h = F_{GT} * (H_T + H_V) - \eta_{HP}(Q_s + Q_i)$ [kWh/a]
- Die nutzbaren Wärmegewinne (Q_s) aus solarer Einstrahlung ergeben sich orientierungsabhängig aus der solaren Strahlungssumme (I_{s,HP}) in der Heizperiode unter Berücksichtigung von Reduktionsfaktoren zur Abbildung des Rahmenanteils der Fenster (einheitlich 30 %) sowie für Verschmutzung und Verschattung pro m² Fensterfläche aus: $Q_s = 0,567 * I_{s,HP}$
- Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne von $\eta_{HP} = 0,9$
- Mittelwert der solaren Strahlungssummen in der Heizperiode pro Quadratmeter
- Fensterfläche aus südlichen, östlichen, westlichen und nördlichen Orientierungen:
 $I_{s,HP,durchschnittl} = 306 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

b) Annahmen zur Anlagentechnik

- Ausstattung mit Niedertemperatur- oder Brennwertkesseln: Endenergiebezogene Anlagenaufwandszahl 1,20
- Aus der Reduktion des Heizwärmebedarfs durch Fenstererneuerung ergibt sich somit die Reduktion des Heizenergiebedarfs als:
 $\Delta Q_E = 1,2 * \Delta Q_h = 1,2 * (F_{GT} * \Delta U_W - \Delta g * \eta_{HP} * Q_s)$ [kWh/(m²FFa)]
- Energieträger für die Wärmeversorgung: fossiles Erdgas mit spezifischen Emissionen in Höhe von 0,231 kg/kWh CO₂-Äquivalent [GEMIS 5.0]. Im Gebäudeenergiegesetz (GEG) wird für Erdgas leicht abweichend mit spezifischen Emissionen in Höhe von 240 g/kWh CO₂-Äquivalent gerechnet.

c) Grundlagen der Berechnung zur Wirtschaftlichkeit

- Kosten der eingesparten Energie (P_{Ein} in e/kWh) ergeben sich aus der Energieeinsparung (ΔQ_E) und den annuitätischen Kosten (K) der Investition: $P_{Ein} = K/\Delta Q_E$
- Annuitätische Kosten für die Maßnahme ergeben sich als Produkt aus dem Annuitätsfaktor a und den Investitionskosten I: $K = a * I$
- Der Annuitätsfaktor a ist von dem angesetzten Realzinssatz p und der Nutzungsdauer n der Investition nach folgender Formel abhängig:
 $a = p/(1-(1+p)^{-n})$
- Nominalzinssatz $p_N = 2,0 \%$
- Inflationsrate $i = 1,3 \%$
- Nutzungsdauer $n = 48 \text{ Jahre}$
- Resultierender effektiver Realzinssatz $p = 0,69 \%$

Literatur

BF (2009), In Glas steckt Potenzial, Fachinformation, Herausgegeben vom Bundesverband Flachglas (BF), Troisdorf

BMWi (2020), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG), Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG), Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM), www.bundesanzeiger.de

Erstes Gesetz zur Änderung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes vom 3. November 2020, www.bgbl.de

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, unveröffentlicht. Herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF), Frankfurt a. M.

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

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

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

VFF-BF (2010), Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern – Aktualisierung, Herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF) und dem Bundesverband Flachglas (BF), Frankfurt a. M. und Troisdorf

VFF-BF (2011), Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern – Aktualisierung, Herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF) und dem Bundesverband Flachglas (BF), Frankfurt a. M. und Troisdorf

VFF-BF (2014), Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern – Aktualisierung, Herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF) und dem Bundesverband Flachglas (BF), Frankfurt a. M. und Troisdorf

VFF-BF (2017), Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern – Aktualisierung, Herausgegeben vom Verband der Fenster- und Fassadenhersteller (VFF) und dem Bundesverband Flachglas (BF), Frankfurt a. M. und Troisdorf

GEMIS 5.0, - Stand September 2019, Download unter iinas.org, IINAS GmbH – Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien, Darmstadt

RTG (2021), Infolyer „Förderung der energetischen Gebäudesanierung 2021: Die neue ‚BEG‘ und weitere Optionen“, Herausgegeben von der Repräsentanz Transparente Gebäudehülle



Walter-Kolb-Straße 1-7
60594 Frankfurt
Telefon +49 69 955054-0
Telefax +49 69 955054-11
www.window.de
vff@window.de



Mülheimer Straße 1
53840 Troisdorf
Telefon +49 2241 8727-0
Telefax +49 2241 8727-10
www.bundesverband-flachglas.de
info@bundesverband-flachglas.de