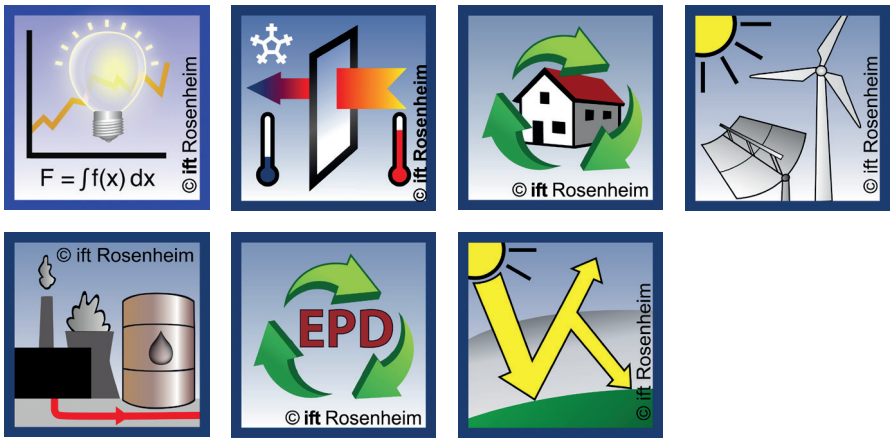
FB

**ift-FORSCHUNGSBERICHT**
März 2026

# Graue Energie und Graue Emissionen von Fenstern im Vergleich zum Einsparpotential




© ift Rosenheim

# Abschlussbericht

| | |
|---|---|
| **Thema** | Graue Energie und Graue Emissionen von Fenstern im Vergleich zum Einsparpotential |
| **Auftraggeber** | Verband Fenster + Fassade (VFF)<br>Walter-Kolb-Straße 1-7<br>60594 Frankfurt am Main |
| **Forschungsstelle** | ift Rosenheim |
| **Bearbeiter** | Norbert Sack<br>Christoph Seehauser<br>Florian Brechleiter |
| **Projektleiter** | Norbert Sack |
| **Institutsleitung** | Prof. Winfried Heusler |

Rosenheim, März 2026

# Inhaltsverzeichnis


**1 Ziel und Methodik 1**

1.1 Ziel 1

1.2 Methodik 1

**2 Ermittlung der grauen Energien und grauen Emissionen moderner Fenster 3**

**3 Ermittlung des Heizwärmebedarfs 5**

3.1 Energetische Eigenschaften der untersuchten Fensterkonstruktionen 5

3.2 Ermittlung der effektiven Wärmeverluste durch das Fenster 5

**4 Ermittlung der Einsparung 9**

4.1 Einsparung an Heizwärme 9

4.2 Einsparung an Primärenergie und Treibhausgasemissionen 11

4.2.1 Aktuelle Einsparung an Primärenergie 13

4.2.2 Aktuelle Einsparung an Treibhausgasemissionen 15

4.2.3 Kumulierte Einsparung an Primärenergie 16

4.2.4 Kumulierte Einsparung an Treibhausgasemissionen 18

**5 Aufwendung vs. Einsparung 21**

5.1 Generelles 21

5.2 Vergleich der Einsparungen mit den Aufwendungen 21

5.2.1 Vergleich der Primärenergie 21

5.2.2 Vergleich der THG Emissionen 22

5.3 Amortisation 23

5.3.1 Energetische Amortisation 23

5.3.2 $CO_2$-Amortisation 25

**6 Zusammenfassung 29**

**7 Literaturverzeichnis 31**

# 1 Ziel und Methodik

## 1.1 Ziel

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war der Vergleich der durch die Modernisierung von Fenstern eingesparten Heiz- und Primärenergie sowie die hierdurch resultierende Reduzierung der $CO_2$-Emissionen mit dem für die Herstellung der neuen Fenster notwendigen Energieeinsatz sowie das hiermit verbundene Global-Warming-Potential (GWP).

## 1.2 Methodik

Um den Vergleich durchzuführen, waren folgende Einzelschritte notwendig:

1. Ermittlung der grauen Energien und grauen Emissionen für moderne Fensterkonstruktionen (Herstellung und Einbau)
2. Ermittlung des Heizwärmebedarfs in Abhängigkeit der wärmetechnischen Eigenschaften des Fensters
3. Ermittlung der Einsparung an Heizwärme durch den Austausch „alter“ Fenster durch moderne Fensterkonstruktionen
4. Ermittlung der Einsparung an Primärenergie sowie der $CO_2$-Emissionen durch den Austausch „alter“ Fenster durch moderne Fensterkonstruktionen in Abhängigkeit des eingesetzten Energieträgers
5. Vergleich der eingesparten Energie sowie der zugehörigen $CO_2$-Einsparung mit der für die Modernisierung aufzuwendendem Energie- und $CO_2$-Einsatz

# 2 Ermittlung der grauen Energien und grauen Emissionen moderner Fenster

Die für den Vergleich notwendigen Umweltindikatoren Global-Warming-Potential (GWP), Primärenergie total (PET) und nichterneuerbare Primärenergie (PENRT) von modernen Fenstern wurden auf Grundlage folgender Muster EPDs und den zugehörigen Hintergrundberichten ermittelt:

- Muster EPD Glas [1]
- Muster EPD Fenster [2]

Aus den für die Erstellung der Muster EPDs erhobenen Daten wurden Umweltindikatoren Primärenergie total (PET), nichterneuerbare Primärenergie (PENRT) und das Global-Warming-Potential (GWP) für folgende Aufbauten ermittelt:

- Fenster aus Holz mit Wärmedämmglas 2-fach sowie 3-fach
- Fenster aus Holz-Aluminium mit Wärmedämmglas 2-fach sowie 3-fach
- Fenster aus PVC mit Wärmedämmglas 2-fach sowie 3-fach
- Fenster aus Aluminium mit Wärmedämmglas 2-fach sowie 3-fach

In den ermittelten Umweltindikatoren wurden hierbei die Herstellung (Module A1-A3), der Transport (Modul A4) und die Montage (Modul A5) berücksichtigt.
Des Weiteren wurde aus den vorliegenden Umweltdaten der „Mehraufwand“ an Primärenergie sowie des Global-Warming-Potentials ermittelt, der anfällt, wenn statt eines Wärmedämmglases 2-fach ein Wärmedämmglas 3-fach verwendet wird.

Entsprechend [3] werden in Deutschland folgende in Tabelle 3 angegebenen Rahmenmaterialien mit den deren Marktanteilen eingesetzt. Bezugsjahr ist hierbei das Jahr 2024.

**Tabelle 1** Marktanteile der Rahmenmaterialien von Fenstern im Wohn- und Nichtwohnbau im Bezugsjahr 2024 [3]

| Rahmenmaterial | Marktanteil in % |
|---|---|
| Holz | 10,0 |
| Holz-Aluminium | 5,6 |
| PVC | 59,7 |
| Aluminium | 24,7 |

Wie in Kapitel 2 dargestellt wird, erfolgten die Berechnungen der Einsparung an Heizwärme durch Modernisierung von Fenstern für den Anwendungsfalls Wohnbau. Fenster aus Aluminium werden im Wohnungsbau nicht bzw. nur von untergeordneter Bedeutung eingesetzt [3]. Daher ergeben sich für den Wohnungsbau folgende, in Tabelle 2 angegebene, Anteile der verwendeten Rahmenmaterialien.

**Tabelle 2** Anteil der im Wohnungsbau verwendeten Rahmenmaterialien im Bezugsjahr 2024 [3]

| Rahmenmaterial | Anteil in % |
|---|---|
| Holz | 13,3 |
| Holz-Aluminium | 7,4 |
| PVC | 79,3 |

Mit diesen Anteilen wurde der gewichtete Durchschnitt des GWP, des Primärenergieeinsatzes nicht erneuerbar (PENRT) sowie des totalen Primärenergieeinsatzes (PET) für Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach sowie für Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach ermittelt. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 3 sowie Tabelle 4 angegeben. Neben dem gewichteten Durchschnitt sind auch die jeweiligen Minimal- bzw. Maximalwerte angegeben. Die angegebenen Werte beziehen sich jeweils auf 1 $m^2$ Fensterfläche.

**Tabelle 3** Umweltindikatoren für Fenster im Wohnungsbau mit Wärmedämmglas 2-fach

| | Gewichteter Durchschnitt | Minimaler Wert | Maximaler Wert |
|---|---|---|---|
| GWP in kg $CO_2$ eq./$m^2$ | 52 | 26 | 57 |
| PENRT in kWh/$m^2$ | 292 | 229 | 303 |
| PET in kWh/$m^2$ | 396 | 368 | 558 |

**Tabelle 4** Umweltindikatoren für Fenster im Wohnungsbau mit Wärmedämmglas 3-fach

| | Gewichteter Durchschnitt | Minimaler Wert | Maximaler Wert |
|---|---|---|---|
| GWP in kg $CO_2$ eq. /$m^2$ | 66 | 40 | 71 |
| PENRT in kWh/$m^2$ | 359 | 279 | 427 |
| PET in kWh/$m^2$ | 456 | 427 | 618 |

Aus Tabelle 3 sowie Tabelle 4 kann auch der „Mehraufwand“ für die Herstellung eines Fensters mit Wärmedämmglas 3-fach gegenüber einem Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach abgeleitet werden. Der Mehraufwand ergibt sich im Wesentlichen durch die 3. Glasscheibe (4 mm Float), die zusätzliche Beschichtung, einen weiteren Abstandhalter incl. 2. Dichtstufe sowie dem zusätzlichen Füllgas. Weitere Auswirkungen durch die dritte Scheibe sind das erhöhte Gewicht und der hierdurch erhöhte Aufwand für den Transport/Montage. Tabelle 5 stellt die entsprechenden Werte der Umweltindikatoren für den Mehraufwand durch die 3. Scheibe dar.

**Tabelle 5** Umweltindikatoren für Mehraufwand Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach gegenüber Fenster mit Wärmeschutz 2-fach

| | Mehraufwand |
|---|---|
| GWP in kg $CO_2$ eq. /$m^2$ | 14 |
| PENRT in kWh/$m^2$ | 49 |
| PET in kWh/$m^2$ | 60 |


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

# 3 Ermittlung des Heizwärmebedarfs

## 3.1 Energetische Eigenschaften der untersuchten Fensterkonstruktionen

Zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs, der durch unterschiedliche energetische Qualitäten verursacht wird, wurden die in Tabelle 6 aufgeführten Fenster zu Grunde gelegt

**Tabelle 6** Energetische Eigenschaften der untersuchten Fenster

| Nr. | Beschreibung | hauptsächlich verbaut | Wärmedurchgangs-koeffizient $U_W$ in W/(m²K) | Gesamtenergie-durchlassgrad g des Glases |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Fenster mit Einfachglas | bis 1978 | 4,7 | 0,87 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | bis 1978 | 2,4 | 0,76 |
| 3 | Fenster mit unbeschichte-tem Isolierglas | 1978 - 1995 | 2,7 | 0,76 |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 1995 bis heute | 1,3 | 0,60 |
| 5 | Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach | 2010 bis heute | 0,95 | 0,50 |

Die Fenster 1 bis 3 sind alte Fenster in nicht modernisierten Wohngebäuden. Die energetischen Eigenschaften sind typisch für solche älteren Konstruktionen und wurden [3] entnommen. Fenster 4 und 5 geben die energetischen Eigenschaften von modernen, aktuellen Fenstern wieder und orientieren sich an den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes sowie der Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG) (Stand Februar 2026).

## 3.2 Ermittlung der effektiven Wärmeverluste durch das Fenster

Zur Ermittlung der effektiven Wärmeverluste von Fenstern wird der sog. Bilanzkennwert $BK_{tr}$ entsprechend DIN/TS 18599-2 [4] verwendet. Der Bilanzkennwert berücksichtigt im Heizfall nicht nur die Transmissionswärmeverluste als Einflussgröße, sondern auch die nutzbaren solaren Wärmeeinträge. $BK_{tr}$ ergibt sich aus der Jahreswärmebilanz des Fensters, indem die Transmissionswärmesenken und die nutzbaren solaren Wärmequellen miteinander verrechnet werden.
Mithilfe des Strahlungsgewinnkoeffizienten ($S_F$-Wert) kann der Einfluss unterschiedlich nutzbarer solarer Wärmeeinträge beschrieben werden. Mit diesem Koeffizienten wird der Gesamtenergiedurchlassgrad g gewichtet und vom Wärmedurchlasskoeffizienten des transparenten Bauteils abgezogen. Somit ergibt sich der Bilanzkennwert $BK_{tr}$ zu:

$$BK_{tr} = U_W - g \cdot S_F$$

mit

$BK_{tr}$ Bilanzkennwert des transparenten Bauteils in W/(m²·K);

$U_W$ Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters in W/(m²·K);

g Gesamtenergiedurchlassgrad des Glases ermittelt nach EN 410 dimensionslos;

$S_F$ Strahlungsgewinnkoeffizient in W/(m²·K);

Die Strahlungsgewinnkoeffizienten $S_F$ für neue bzw. modernisierte Wohngebäude wurden entsprechend des in DIN/TS 18599-2 angegebenen detaillierten Verfahrens ermittelt und können für ein Einfamilienhaus (EFH) sowie für ein Mehrfamilienhaus (MFH) nachfolgender Tabelle 7 entnommen werden. Der auf die Raumfläche bezogene Anteil der Fensterfläche wurde hierbei mit 20% angenommen.

**Tabelle 7** Strahlungsgewinnkoeffizienten für neue bzw. modernisierte Wohngebäude entsprechend DIN/TS 18599-2

| | **Strahlungsgewinnkoeffizient**[a] | |
|---|---|---|
| | EFH | MFH |
| **Orientierung**[b] | W/(m²K) | W/(m²K) |
| Nord | 0,87 | 0,70 |
| Ost/West | 1,15 | 0,96 |
| Süd | 1,67 | 1,45 |

[a] Bei Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sind die $S_F$-Werte mit 0,75 zu multiplizieren.

[b] Die Werte gelten für die angegebene Orientierung +/-45°. In Grenzfällen ist der niedrigere $S_F$-Wert zu verwenden. Die angegebenen Werte gelten für vertikale und geneigte transparente Bauteile. Bei transparenten Bauteilen in flachen oder bis zu 15 Grad geneigten Dachflächen gelten die $S_F$-Werte in der Orientierung Ost/West.

Für alte bzw. nicht modernisierte Wohngebäude wurden die Strahlungsgewinnkoeffizienten $S_F$ entsprechend [5] ermittelt und können nachfolgender Tabelle 8 entnommen werden.

**Tabelle 8** Strahlungsgewinnkoeffizienten für nicht modernisierte Wohngebäude, Ermittlung entsprechend [5]

| | **Strahlungsgewinnkoeffizient** | |
|---|---|---|
| | EFH | MFH |
| **Orientierung** | W/(m²K) | W/(m²K) |
| Nord | 0,92 | 0,74 |
| Ost/West | 1,23 | 1,04 |
| Süd | 1,76 | 1,56 |

Die Strahlungsgewinnkoeffizienten sowie die hierfür durchgeführten Berechnungen gelten für Ein- und Mehrfamilienhäuser, d.h. Wohngebäude. Diesem Umstand wird auch bei der Berücksichtigung der betrachteten unterschiedlichen Rahmenmaterialien der Fenster Rechnung getragen.


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

Die sich ergebenden Bilanzkennwerte für die Annahme, dass im Wohngebäude keine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorhanden ist, sind in Tabelle 9 berechnet.

**Tabelle 9** Bilanzkennwert der untersuchten Fenster in W/(m²·K)

| Nr. | **Beschreibung** | **Bilanzkennwert $BK_{tr}$ in W/(m²K) EFH/MFH** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Nord | Ost/West | Süd |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 3,9/4,1 | 3,7/3,8 | 3,2/3,4 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 1,7/1,9 | 1,6/1,6 | 1,1/1,3 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 2,0/2,2 | 1,9/1,9 | 1,4/1,6 |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 0,76/0,90 | 0,64/0,70 | 0,28/0,40 |
| 5 | Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach | 0,50/0,60 | 0,40/0,45 | 0,10/0,20 |

Zur Berechnung der effektiven Wärmeverluste pro Jahr ist der Bilanzkennwert $BK_{tr}$ mit dem Gradzahlfaktor FGT zu multiplizieren.

$$Q_{tr} = BK_{tr} \cdot F_{GT}$$

Durch Anwendung unterschiedlicher Gradtagzahlfaktoren $F_{GT}$ kann der Tatsache Rechnung getragen werden, dass in der Regel durch die wärmetechnische Modernisierung des Wohngebäudes die Heizgrenztemperatur ansteigt und somit die Heizperiode verkürzt wird. Im Rahmen der Untersuchungen wurden daher zwei Gradzahlfaktoren verwendet.

| | | |
|---|---|---|
| Gradtagzahlfaktor 1 | $F_{GT,1}$ = 84 kKh/a | unsaniertes Wohngebäude bzw. altes Fenster |
| Gradtagzahlfaktor 2 | $F_{GT,2}$ = 66 kKh/a | saniertes Wohngebäude bzw. neues Fenster |

Die zu Grunde gelegten Gradzahlfaktoren entsprechend somit auch den in der Studie [6] verwendeten Gradzahlfaktoren.
Die auf dieser Grundlage berechneten effektiven Wärmeverluste durch die untersuchten Fensterkonstruktionen sind in Tabelle 10 dargestellt.

**Tabelle 10** Effektive Wärmeverluste durch die Fenster in kWh/(m²a)

| Nr. | **Beschreibung** | **Effektive Wärmeverluste in kWh/(m²a) EFH/MFH** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Nord | Ost/West | Süd |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 329/344 | 314/322 | 271/285 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 144/157 | 131/138 | 93/106 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 169/182 | 157/163 | 118/131 |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 50/58 | 42/46 | 18/26 |
| 5 | Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach | 33/40 | 26/30 | 7/13 |

# 4 Ermittlung der Einsparung

## 4.1 Einsparung an Heizwärme

Die Einsparung des Heizwärmebedarf bei der Modernisierung eines Fensters ergibt sich zu

$$\Delta Q_{tr} = Q_{tr,1} - Q_{tr,2} = BK_{tr,1} \cdot F_{GT,1} - BK_{tr,2} \cdot F_{GT,2}$$

Die eingesparte Heizwärme pro Jahr bei Austausch der „alten“ Fenster durch ein Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas ist in Tabelle 11 dargestellt. Tabelle 12 stellt die eingesparte Heizwärme pro Jahr dar bei Austausch durch ein modernes Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas.

**Tabelle 11** Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach

| Nr. | **Beschreibung**<br>**Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt** | **Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a) EFH/MFH** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Nord | Ost/West | Süd |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 279/286 | 272/276 | 252/259 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 94/99 | 89/92 | 75/79 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 119/124 | 114/117 | 100/105 |

**Tabelle 12** Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach

| Nr. | **Beschreibung**<br>**Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt** | **Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a) EFH/MFH** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Nord | Ost/West | Süd |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 296/304 | 288/292 | 264/272 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 111/117 | 105/108 | 86/93 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 136/143 | 130/133 | 112/118 |

Es zeigt sich, dass sich die eingesparte Heizwärme pro Jahr bei einer Modernisierung des Fensters im Einfamilienhaus (EFH) sowie im Mehrfamilienhaus (MFH) nur unwesentlich unterscheiden. Daher wird im Weiteren keine Unterscheidung zwischen EFH und MFH mehr vorgenommen, sondern mit den entsprechenden Mittelwerten aus EFH und MFH weitergearbeitet.

Die Mittelwerte der eingesparten Heizwärme pro m² Fensterfläche und Jahr sind in den beiden nachfolgenden Tabelle 13 und Tabelle 14 enthalten. Zusätzlich zu den einzelnen Orientierungen Süd, Ost/West und Nord ist die mittlere, orientierungsunabhängige Einsparung angegeben. Diese ergibt sich aus einer gleichverteilten Wichtung der einzelnen Orientierung zu je 25%.

**Tabelle 13** Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach

| Nr. | Beschreibung | **Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt | Nord | Ost/West | Süd | Mittel |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 282 | 274 | 255 | 271 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 96 | 90 | 77 | 89 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 122 | 116 | 102 | 114 |

**Tabelle 14** Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach

| Nr. | Beschreibung | **Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Nord | Ost/West | Süd | Mittel |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 300 | 290 | 268 | 287 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 114 | 107 | 90 | 104 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 139 | 132 | 115 | 129 |

Des Weiteren kann aus den Berechnungen abgeleitet werden, wie hoch die Einsparung an Heizwärme pro Jahr ist, wenn statt eines Fensters mit Wärmedämmglas 2-fach ein Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach bei der Modernisierung zum Einsatz kommt. Das Ergebnis ist in Tabelle 15 dargestellt.

**Tabelle 15** Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach

| Nr. | Beschreibung | **Eingesparte Heizwärme in kWh/(m²a)** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Nord | Ost/West | Süd | Mittel |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 18 | 16 | 13 | 16 |


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

## 4.2 Einsparung an Primärenergie und Treibhausgasemissionen

Für die Umrechnung dieser Heizwärme-Einsparungen in Primärenergie gesamt und nicht erneuerbar sowie der Treibhausgasemissionen muss der Energieträger für die Beheizung des Wohngebäudes berücksichtigt werden. Dafür werden die Heizwärme-Einsparungen mit den entsprechenden Faktoren aus Tabelle 16 multipliziert. Auch muss der Wirkungsgrad der Heizungsanlage bzw. die Jahresarbeitszahl der Wärmpumpe berücksichtigt werden.

**Tabelle 16** Wirkungsgrad der Anlage, Primärenergiefaktoren ($f_P$) gesamt und nicht erneuerbar sowie Kennwerte für die Berechnung der Treibhausgasemissionen für verschiedene Energieträger

| Energieträger | Wirkungsgrad Anlage[a)] $\eta$ | $f_p$ gesamt[b)] | $f_p$ nicht erneuerbar[c)] | Treibhausgasemissionen[b)] in g/kWh |
|---|---|---|---|---|
| Erdgas | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 240 |
| Öl | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 310 |
| Fernwärme | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 200 |
| Holz | 0,8 | 1,2 | 0,2 | 20 |
| Strom (WP) | 4,0 | 2,3 | 1,8 | 560 |

a) Eigene Annahmen
b) Quelle: BMWi (2020) Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien [7]
c) Quelle: GEG

Die entsprechend Tabelle 16 verwendeten Umrechnungsfaktoren entsprechen denen, die in der Studie *Graue Energie und Graue Emissionen von Dämmstoffen im Vergleich zum Einsparpotential* [6] angesetzt wurden.

Anzumerken ist hierbei, dass die in Tabelle 16 angegebenen Werte für die Gegenwart repräsentativ sind. Es ist zu erwarten, dass die Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung der des Primärenergiebedarfs sowie Treibhausgasemissionen sich in der Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit ändern werden. Insbesondere für die Energieträger Fernwärme sowie Strom ist eine Änderung der Faktoren wahrscheinlich.

In der Studie „Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien“ wird von den in Tabelle 17 und Tabelle 18 dargestellten Annahmen zu den zukünftigen Treibhausgasemissionen sowie dem Primärenergiefaktor $f_p$ für die Jahre 2030 bis 2050 ausgegangen.

**Tabelle 17** Annahmen zu den Primärenergiefaktoren ($f_P$) gesamt und nicht erneuerbar sowie Kennwerte für die Berechnung der Treibhausgasemissionen für Fernwärme 2030 bis 2050; Quelle: [7]

| Faktor | Jahr | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
| $f_p$ gesamt | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,60 | 0,60 |
| $f_p$ nicht erneuerbar | 0,50 | 0,50 | 0,40 | 0,30 | 0,20 |
| Treibhausgasemissionen in g/kWh | 157 | 129 | 98 | 66 | 38 |

**Tabelle 18** Annahmen zu den Primärenergiefaktoren ($f_P$) gesamt und nicht erneuerbar sowie Kennwerte für die Berechnung der Treibhausgasemissionen für Strom im Zeitraum 2030 bis 2050; Quelle: [7]

| Faktor | Jahr | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
| $f_p$ gesamt | 1,70 | 1,50 | 1,30 | 1,30 | 1,20 |
| $f_p$ nicht erneuerbar | 1,00 | 0,80 | 0,40 | 0,40 | 0,30 |
| Treibhausgasemissionen in g/kWh | 321 | 204 | 73 | 48 | 26 |


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

### 4.2.1 Aktuelle Einsparung an Primärenergie

#### 4.2.1.1 Primärenergie nicht erneuerbar (PENRT)

Tabelle 19 bis Tabelle 21 zeigen die ermittelte aktuell eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr (PENRT) für die Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach sowie die Einsparung durch die Verwendung von Wärmedämmglas 3-fach gegenüber Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit der Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme (FW), Holz sowie Strom für Wärmepumpe (WP). Die Primärenergiefaktoren wurden hierbei Tabelle 16 entnommen.

**Tabelle 19** Eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit des Energieträgers

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt | Eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/(m²a) bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 331 | 331 | 163 | 68 | 122 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 109 | 109 | 53 | 22 | 40 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 139 | 139 | 68 | 28 | 51 |

**Tabelle 20** Eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/(m²a) bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 351 | 351 | 172 | 72 | 129 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 128 | 128 | 63 | 26 | 47 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 159 | 159 | 78 | 32 | 58 |

**Tabelle 21** Eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, Energieträger Erdgas

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/(m²a) bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 20 | 20 | 9 | 4 | 7 |

#### 4.2.1.2 Primärenergie gesamt (PET)

Tabelle 22 bis Tabelle 24 zeigen die ermittelte aktuell eingesparte Primärenergie total pro Jahr (PET) für die Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach sowie die Einsparung durch die Verwendung von Wärmedämmglas 3-fach gegenüber Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit der Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme (FW), Holz sowie Strom für Wärmepumpe (WP). Die Primärenergiefaktoren wurden hierbei Tabelle 16 entnommen.

**Tabelle 22** Eingesparte Primärenergie in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit des Energieträgers

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt | Eingesparte Primärenergie total in kWh/(m²a) bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 331 | 331 | 190 | 406 | 156 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 109 | 109 | 62 | 133 | 51 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 139 | 139 | 80 | 171 | 66 |

**Tabelle 23** Eingesparte Primärenergie in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Eingesparte Primärenergie total in kWh/(m²a) bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 351 | 351 | 201 | 430 | 165 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 129 | 128 | 73 | 157 | 60 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 159 | 159 | 91 | 195 | 75 |

**Tabelle 24** Eingesparte Primärenergie in kWh/(m²a) bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, Energieträger Erdgas

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Eingesparte Primärenergie total in kWh/(m²a) bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 20 | 20 | 11 | 24 | 9 |


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

### 4.2.2 Aktuelle Einsparung an Treibhausgasemissionen

Tabelle 25 bis Tabelle 27 zeigen die ermittelte aktuelle Einsparung an Treibhausgasemissionen pro Jahr (THG) für die Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach sowie die Einsparung durch die Verwendung von Wärmedämmglas 3-fach gegenüber Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit der Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme (FW), Holz sowie Strom für Wärmepumpe (WP). Die Faktoren wurden hierbei Tabelle 16 entnommen.

**Tabelle 25** Eingesparte THG in kg $CO_2/(m^2a)$ bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit des Energieträgers

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt | Eingesparte Treibhausgasemissionen in $kgCO_2/(m^2a)$ bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 72 | 93 | 54 | 6,8 | 38 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 24 | 31 | 18 | 2,2 | 12 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 30 | 39 | 23 | 2,8 | 16 |

**Tabelle 26** Eingesparte THG in kg $CO_2/(m^2a)$ bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Eingesparte Treibhausgasemissionen in $kgCO_2/(m^2a)$ bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 77 | 99 | 57 | 7,2 | 40 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 28 | 36 | 21 | 2,6 | 15 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 35 | 45 | 26 | 3,2 | 18 |

**Tabelle 27** Eingesparte THG in kg $CO_2/(m^2a)$ bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Eingesparte Treibhausgasemissionen in $kgCO_2/(m^2a)$ bei Energieträger | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | Holz | Strom/WP |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 4 | 5 | 3 | 0,4 | 2 |

### 4.2.3 Kumulierte Einsparung an Primärenergie

#### 4.2.3.1 Primärenergie nicht erneuerbar (PENRT)

Tabelle 28 bis Tabelle 30 zeigen die ermittelte kumulierte eingesparte Primärenergie für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren für die Modernisierung mit Fenstern mit Wärmedämmglas 2-fach sowie Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach sowie die Einsparung durch die Verwendung von Wärmedämmglas 3-fach gegenüber Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit in Abhängigkeit der Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme (FW), Holz sowie Strom für Wärmepumpe (WP). Die Primärenergiefaktoren für die wurden hierbei Tabelle 16 entnommen.
Für die Energieträger Fernwärme und Strom für Wärmepumpe wurde zusätzlich eine dynamische Betrachtung durchgeführt und die zugehörigen Faktoren entsprechend den Annahmen der Tabelle 17 und Tabelle 18 linear bis in das Jahr 2050 angepasst. Ab 2050 wurden die Faktoren als konstant angenommen.

**Tabelle 28** Kumulierte eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/m² bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt | Kumulierte eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/m² bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 16.892 | 16.892 | 8.130 | 4.309 | 3.455 | 6.098 | 1.843 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 5.548 | 5548 | 2.670 | 1.415 | 1135 | 2.002 | 605 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 7.106 | 7.106 | 3.420 | 1.813 | 1454 | 2.565 | 775 |

**Tabelle 29** Kumulierte eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/m² bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Kumulierte eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/m² bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 17.890 | 17.890 | 8.610 | 4.563 | 3.659 | 6.457 | 1.952 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 6.545 | 6.545 | 3.150 | 1.670 | 1.339 | 2.362 | 714 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 8.103 | 8.103 | 3.900 | 2.067 | 1.658 | 2.925 | 884 |


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

**Tabelle 30** Kumulierte eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/m² bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Kumulierte eingesparte Primärenergie nicht erneuerbar in kWh/m² bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 997 | 997 | 480 | 254 | 204 | 360 | 109 |

### 4.2.3.2 Primärenergie gesamt (PET)

Tabelle 31 bis Tabelle 33 zeigen die ermittelte kumulierte eingesparte Primärenergie total für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren für die Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach sowie Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach sowie die Einsparung durch die Verwendung von Wärmedämmglas 3-fach gegenüber Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit der Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme (FW), Holz sowie Strom für Wärmepumpe (WP). Die Primärenergiefaktoren für die Energieträger Erdgas, Heizöl sowie Holz wurden hierbei Tabelle 16 entnommen.
Für die Energieträger Fernwärme und Strom für Wärmepumpe wurde zusätzlich eine dynamische Betrachtung durchgeführt und die zugehörigen Faktoren entsprechend den Annahmen der Tabelle 17 und Tabelle 18 linear bis in das Jahr 2050 angepasst. Ab 2050 wurden die Faktoren als konstant angenommen.

**Tabelle 31** Kumulierte eingesparte Primärenergie in kWh/m² bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt | Kumulierte eingesparte Primärenergie total in kWh/m² bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 16.892 | 16.892 | 9.485 | 8.780 | 20.732 | 7.791 | 4.709 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 5.548 | 5.548 | 3.115 | 2.884 | 6.809 | 2.559 | 1.546 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 7.106 | 7.106 | 3.990 | 3.694 | 8.721 | 3.277 | 1.981 |

**Tabelle 32** Kumulierte eingesparte Primärenergie in kWh/m² bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämm-glas 3-fach statt | Kumulierte eingesparte Primärenergie total in kWh/m² bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 17.890 | 17.890 | 10.045 | 9.299 | 21.956 | 8.251 | 4.987 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 6.545 | 6.545 | 3.675 | 3.402 | 8.033 | 3.019 | 1.824 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 8.103 | 8.103 | 4.550 | 4.212 | 9.945 | 3.737 | 2.259 |

**Tabelle 33** Kumulierte eingesparte Primärenergie in kWh/m² bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämm-glas 3-fach statt | Kumulierte eingesparte Primärenergie total in kWh/m² bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 4 | Fenster mit Wärmedämm-glas 2-fach | 997 | 997 | 560 | 519 | 1.224 | 460 | 278 |

### 4.2.4 Kumulierte Einsparung an Treibhausgasemissionen

Tabelle 34 bis Tabelle 36 zeigen die ermittelte kumulierte Einsparung an Treibhausgasemissionen (THG) für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren für die Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach sowie Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach sowie die Einsparung durch die Verwendung von Wärmedämmglas 3-fach gegenüber Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit der Energieträger Erdgas, Heizöl, Fernwärme (FW), Holz sowie Strom für Wärmepumpe (WP). Die Faktoren für die Energieträger wurden hierbei Tabelle 16 entnommen.
Für die Energieträger Fernwärme und Strom für Wärmepumpe wurde zusätzlich eine dynamische Betrachtung durchgeführt und die zugehörigen Faktoren entsprechend den Annahmen der Tabelle 17 und Tabelle 18 linear bis in das Jahr 2050 angepasst. Ab 2050 wurden die Faktoren als konstant angenommen.


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

**Tabelle 34** Kumulierte eingesparte THG in kg $CO_2/m^2$ bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach statt | Kumulierte eingesparte Treibhausgasemissionen in $kgCO_2/m^2$ bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 3.686 | 4.761 | 2.710 | 1.084 | 346 | 1.897 | 383 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 1.210 | 1.563 | 890 | 356 | 113 | 623 | 126 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 1.550 | 2.003 | 1.140 | 456 | 145 | 798 | 161 |

**Tabelle 35** Kumulierte eingesparte THG in kg $CO_2/m^2$ bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Kumulierte eingesparte Treibhausgasemissionen in $kgCO_2/m^2$ bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 1 | Fenster mit Einfachglas | 3.903 | 5.042 | 2.870 | 1.148 | 366 | 2.009 | 405 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | 1.428 | 1.845 | 1.050 | 420 | 134 | 735 | 148 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 1.768 | 2.284 | 1.300 | 520 | 166 | 910 | 183 |

**Tabelle 36** Kumulierte eingesparte THG in kg $CO_2/m^2$ bei Modernisierung mit Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach, in Abhängigkeit des Energieträgers für einen angenommenen Nutzungszeitraum von 50 Jahren

| Nr. | Beschreibung Fenster mit Wärmedämmglas 3-fach statt | Kumulierte eingesparte Treibhausgasemissionen in $kgCO_2/m^2$ bei Energieträger | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Erdgas | Heizöl | FW | | Holz | Strom/WP | |
| | | | | stat. | dyn. | | stat. | dyn. |
| 4 | Fenster mit Wärmedämmglas 2-fach | 218 | 281 | 160 | 64 | 21 | 112 | 22 |

# 5 Aufwendung vs. Einsparung

## 5.1 Generelles

In diesem Kapitel wird die für Herstellung und Montage des Fensters verbrauchte Energie, der durch die Modernisierung eingesparten Energie gegenübergestellt. Gleiches gilt für die während der Herstellung und Montage ausgestoßenen Treibhausgase und dem Vergleich der Einsparung während der Nutzung. Hieraus können entsprechende Amortisationszeiten abgeleitet werden. Die Einsparung während der Nutzung sowie Amortisationszeiten hängen selbstverständlich vom vorhandenen Energieträger für die Beheizung des Wohngebäudes ab.

Im Folgenden wird nicht mehr wie bislang unterschieden zwischen unterschiedlichen „alten“ Fenstern (Typ 1 bis Typ 3) sondern die ermittelten Einsparungen an Energie und Treibhausgasen werden in einen repräsentativen bzw. mittleren Wert zusammengefasst. Dieser ergibt sich aus den Einsparungen der drei untersuchten unterschiedlichen Fenstertypen sowie der entsprechenden Wichtung mit den Anteilen im Bestand. Der Bestand von alten Fenstern wurde der Studie „Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern“ [1] entnommen und ist in Tabelle 35 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der größte Fensterbestand, mit über 80%, dem untersuchten Fenstertyp 3 entspricht.

**Tabelle 37** Fensterbestand in Fenstereinheiten (FE) in Deutschland in 2023
Quelle: VFF/BF Stand 2024 [1]

| Nr. | Beschreibung | hauptsächlich verbaut | $U_W$ in W/(m²K) | g | Mio. FE | Anteil in % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Fenster mit Einfachglas | bis 1978 | 4,7 | 0,87 | 6 | 2,9 |
| 2 | Verbund- und Kastenfenster | bis 1978 | 2,4 | 0,76 | 35 | 16,7 |
| 3 | Fenster mit unbeschichtetem Isolierglas | 1978 - 1995 | 2,7 | 0,76 | 168 | 80,4 |

1 FE = 1,3 m x 1,3 m =1,69 m²

Hinweis:
Eine Analyse bzgl. der wirtschaftlichen Amortisation ist nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Hierzu wird auf die Studie „Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern“ [1] verwiesen.

## 5.2 Vergleich der Einsparungen mit den Aufwendungen

### 5.2.1 Vergleich der Primärenergie

Abbildung 1 stellt den Primärenergieeinsatz PET für die Herstellung und Montage von modernen Fenstern mit den Einsparungen an PET während der Nutzung über 50 Jahre dar. Da unklar ist, ob und wie sich die $f_p$-Faktoren über diesen langen Zeitraum ändern, wurde

die kumulierte PET Einsparung für die Energieträger Fernwärme und Strom für Wärmepumpe sowohl anhand eines statischen $f_p$-Faktors als auch eines dynamischen $f_p$-Faktors ermittelt Der statische Faktor entspricht hierbei dem zugehörigen Wert in Tabelle 16. Der jährliche, dynamische Faktor wurde bis 2050 auf Grundlage der Annahmen in Tabelle 17 sowie Tabelle 18 ermittelt. Ab 2050 wurde der $f_p$ Faktor als konstant angenommen.

Die Aufwendungen gelten hierbei für moderne Fenster mit 2-fach als auch 3-fach Wärmedämmglas und decken die im Wohnbau verwendeten Rahmenmaterialien ab.

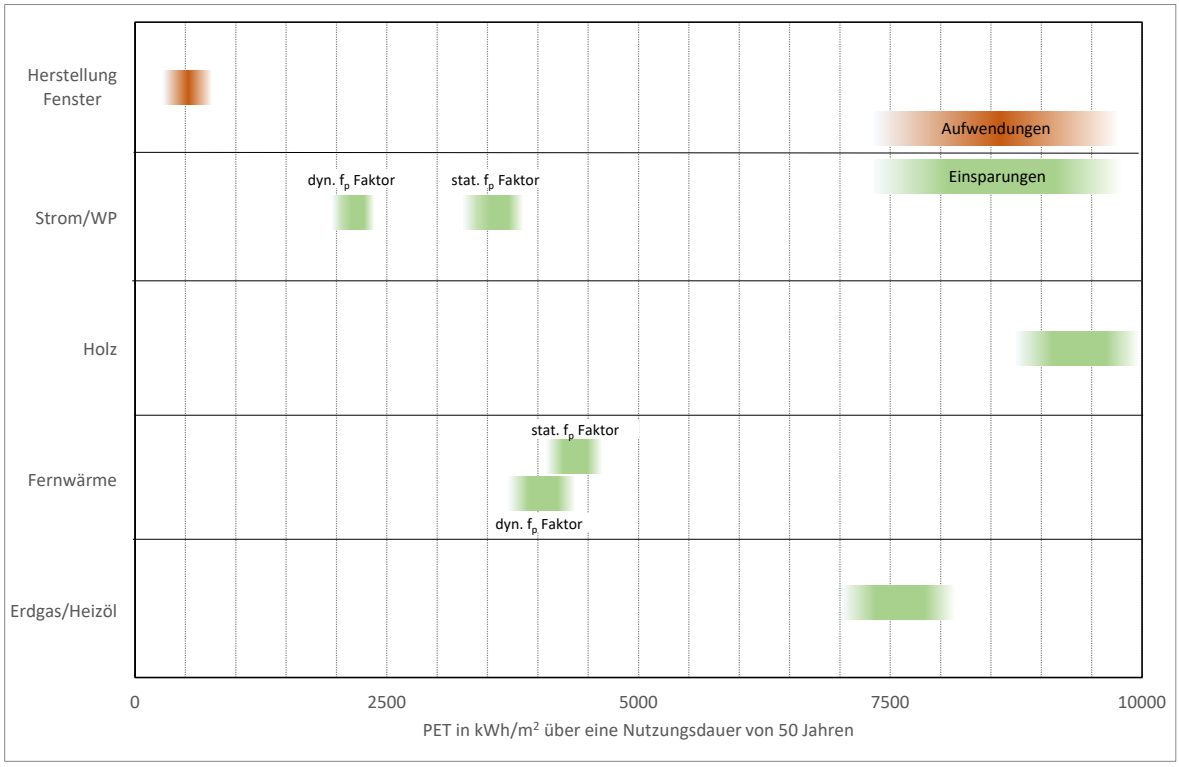



**Abbildung 1** Gegenüberstellung des Primärenergieeinsatzes PET bei der Herstellung und Montage mit den Einsparungen an PET während der Nutzung über 50 Jahre

Bei einer typischen Lebensdauer von Fenstern von 50 Jahren sind die erzielten Einsparungen an Primärenergie immer deutlich größer als die für die Herstellung und Montage der Fenster notwendigen Aufwendung. Dies gilt sowohl für Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas als auch für Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas sowie für alle im Wohnungsbau eingesetzten Rahmenmaterialien.

### 5.2.2 Vergleich der THG-Emissionen

Abbildung 2 stellt die bei der Herstellung und Montage moderner Fenster entstehenden THG-Emissionen mit den Einsparungen an THG während der Nutzung über 50 Jahre dar. Da unklar ist, ob und wie sich die THG-Faktoren über diesen langen Zeitraum ändern, wurde die kumulierte THG-Einsparung für die Energieträger Fernwärme und Strom für Wärmepumpe sowohl anhand eines statischen THG-Faktors als auch eines dynamischen. THG-Faktors ermittelt Der statische Faktor entspricht hierbei dem zugehörigen Wert in Tabelle 16. Der jährliche, dynamische Faktor wurde bis 2050 auf Grundlage der Annahmen in

 © ift Rosenheim 2026 

Tabelle 17 sowie Tabelle 18 ermittelt. Ab 2050 wurde der THG-Faktor als konstant angenommen.

Die Aufwendungen gelten hierbei für moderne Fenster mit 2-fach als auch 3-fach Wärmedämmglas und decken die im Wohnbau verwendeten Rahmenmaterialien ab.

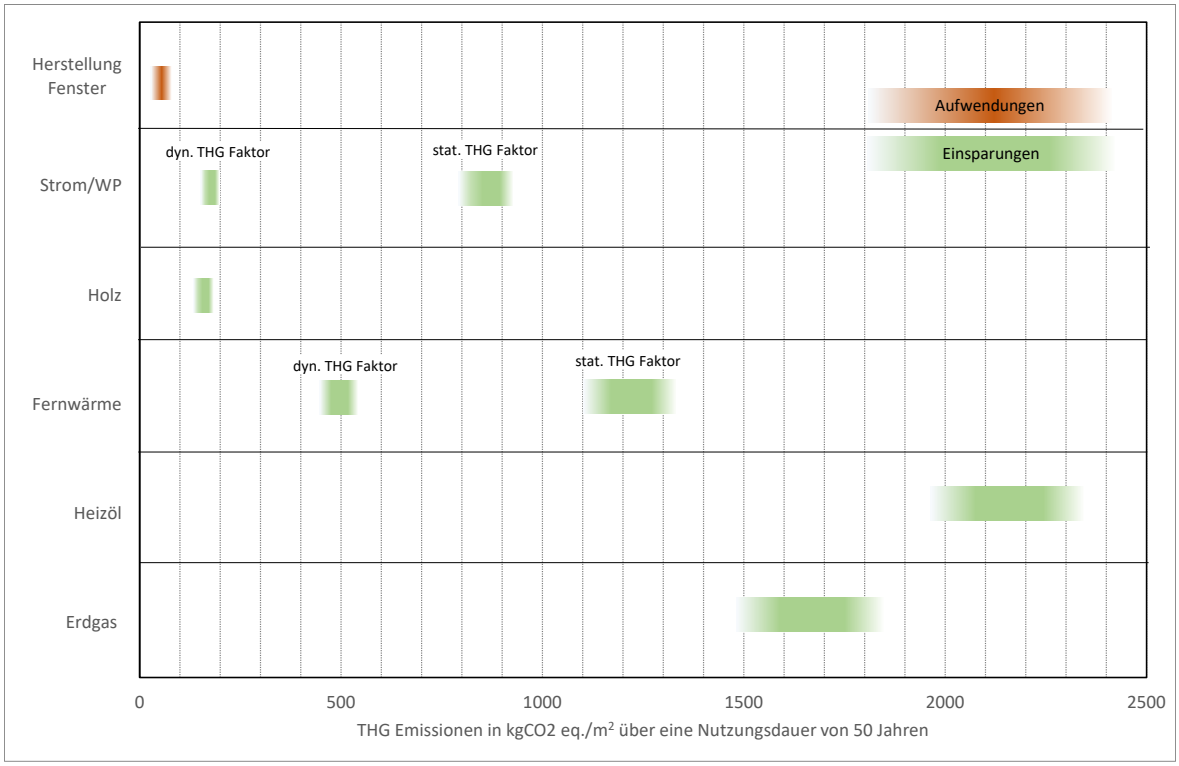



**Abbildung 2** Gegenüberstellung der THG-Emissionen bei der Herstellung und Montage mit den Einsparungen an THG-Emissionen während der Nutzung über 50 Jahre

Bei einer typischen Lebensdauer von Fenstern von 50 Jahren sind die erzielten Einsparungen an Treibhausgasen (THG) immer deutlich größer als die für die Herstellung und Montage der Fenster notwendigen Aufwendung. Dies gilt sowohl für Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas, für Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas sowie für alle im Wohnungsbau eingesetzten Rahmenmaterialien.

## 5.3 Amortisation

### 5.3.1 Energetische Amortisation

Aus dem Vergleich der für die Herstellung und Montage aufgewandten Primärenergie (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4) mit der während der Nutzung eingesparten Primärenergie kann die Zeit ermittelt werden, wann sich der Einsatz an Primärenergie amortisiert hat. Die ermittelten Werte sind in Tabelle 36 für Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas und in Tabelle 37 für Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas in Abhängigkeit des Energieträgers angegeben.

Angegeben sind die Amortisationszeiten für die gesamte Primärenergie (PET) sowie den nicht erneuerbaren Anteil an Primärenergie (PENRT). Neben dem gewichteten Durchschnitt der modernen Fenster (Symbol ∅) sind auch minimale und maximale Amortisationsdauern angegeben, die sich aufgrund der unterschiedlichen Rahmenmaterialien ergeben.

Für die Energieträger Erdgas sowie Heizöl sind die Amortisationszeiten identisch, da Erdgas und Heizöl die gleichen Primarenergiefaktoren aufweisen.

**Tabelle 38** Zeitdauer der Amortisation der für die Herstellung und Montage aufgewandten Primärenergie für ein Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas in Abhängigkeit des Energieträgers für die Beheizung des Wohngebäudes

| | Amortisationsdauer in Jahren bei Energieträger | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Erdgas/Heizöl | | | FW | | | Holz | | | Strom/WP | | |
| | ∅ | Min. | Max. | ∅ | Min. | Max. | ∅ | Min. | Max. | ∅ | Min. | Max. |
| PENRT | <3 | <2 | <3 | <5 | <4 | <5 | <11 | <8 | <11 | <8 | <6 | <8 |
| PET | <3 | <3 | <4 | <5 | <5 | <7 | <3 | <3 | <4 | <8 | <7 | <11 |

**Tabelle 39** Zeitdauer der Amortisation der für die Herstellung und Montage aufgewandten Primärenergie für ein Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas in Abhängigkeit des Energieträgers für die Beheizung des Wohngebäudes

| | Amortisationsdauer in Jahren bei Energieträger | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Erdgas/Heizöl | | | FW | | | Holz | | | Strom/WP | | |
| | ∅ | Min. | Max. | ∅ | Min. | Max. | ∅ | Min. | Max. | ∅ | Min. | Max. |
| PENRT | <3 | <2 | <3 | <5 | <4 | <6 | <11 | <9 | <12 | <9 | <6 | <11 |
| PET | <3 | <3 | <4 | <5 | <5 | <7 | <3 | <3 | <4 | <8 | <7 | <11 |

Es ist zu erkennen, dass die Zeiten zur Amortisierung des Einsatzes an Primärenergie unabhängig von Energieträger gering sind; insbesondere im Vergleich zur Nutzungsdauern von modernen Fenstern von ca. 50 Jahren. Dies sowohl für Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas als auch für Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas. Auch ist zu erkennen, dass die Amortisationszeiten für Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas und für Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas weitgehend „identisch“ sind.
Die geringsten Amortisationszeiten sind für die konventionellen Energieträger Erdgas und Heizöl zu verzeichnen und liegen im Bereich von 2 bis 4 Jahren. Für den Energieträger Fernwärme liegen die Amortisationszeiten nur leicht höher im Bereich von 4 bis 7 Jahren. Wird das Wohngebäude mit einer Wärmpumpe (Strom) beheizt, so liegen die Zeiten für die Amortisation des Primärenergieeinsatzes im Bereich von 6 bis 11 Jahren. Für den Energieträger Holz unterscheiden sich die Amortisationszeiten bzgl. der gesamten Primärenergie (PET) sowie dem nicht erneuerbaren Anteil an Primärenergie (PENRT) deutlich. Dies liegt daran, dass der Energieträger Holz für PET und PENRT deutlich unterschiedliche Faktoren aufweist (siehe Tabelle 16).


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

Abbildung 3 stellt die ermittelten Daten nochmals grafisch dar. Das Diagramm gilt für Fenster aller Rahmenmaterialien im Wohnungsbau mit 2-fach oder 3-fach Wärmedämmglas.

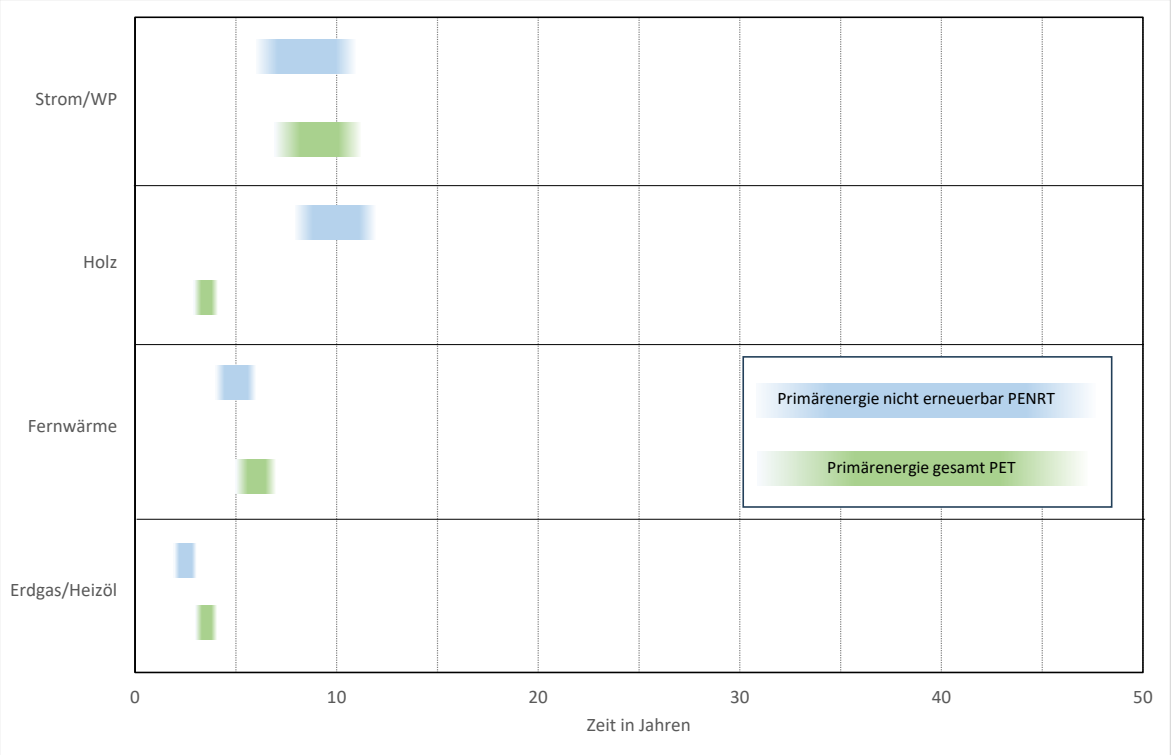



**Abbildung 3** Zeitdauer der Amortisation der für die Herstellung und Montage aufgewandten Primärenergie für die energetische Fenstermodernisierung in Abhängigkeit des Energieträgers für die Beheizung des Wohngebäudes

### 5.3.2 $CO_2$-Amortisation

Aus dem Vergleich der für die Herstellung und Montage freigesetzten Treibhausgase (siehe Tabelle 3 und Tabelle 4) mit der während der Nutzung eingesparten Treibhausgase kann die Zeit ermittelt werden, wann sich der Ausstoß von THG für die Modernisierung amortisiert hat. Die ermittelten Werte sind in Tabelle 38 für Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas und in Tabelle 39 für Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas in Abhängigkeit des Energieträgers angegeben. Neben dem gewichteten Durchschnitt der modernen Fenster (Symbol ∅) sind auch minimale und maximale Amortisationsdauern angegeben, die sich aufgrund der unterschiedlichen Rahmenmaterialien ergeben.

**Tabelle 40** Zeitdauer der Amortisation der für die Herstellung und Montage aufgewandten THG-Emissionen für ein Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas in Abhängigkeit des Energieträgers für die Beheizung des Wohngebäudes

| Amortisationsdauer in Jahren bei Energieträger | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Erdgas | | | Heizöl | | | FW | | | Holz | | | Strom/WP | | |
| ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max |
| <2 | <1 | <2 | <2 | <1 | <2 | <3 | <2 | <3 | <19 | <9 | <20 | <4 | <2 | <5 |

**Tabelle 41** Zeitdauer der Amortisation der für die Herstellung und Montage aufgewandten THG-Emissionen für ein Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas in Abhängigkeit des Energieträgers für die Beheizung des Wohngebäudes

| Amortisationsdauer in Jahren bei Energieträger | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Erdgas | | | Heizöl | | | FW | | | Holz | | | Strom/WP | | |
| ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max | ∅ | Min. | Max |
| <2 | <2 | <3 | <2 | <1 | <2 | <3 | <2 | <3 | <21 | <13 | <22 | <5 | <3 | <5 |

Es ist zu erkennen, dass die Zeiten zur Amortisierung bzgl. der Emission von Treibhausgasen unabhängig von Energieträger gering sind; insbesondere im Vergleich zur Nutzungsdauern von modernen Fenstern von ca. 50 Jahren. Dies gilt, wie bereits bei der Analyse der Amortisation der Primärenergie, sowohl für Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas als auch für Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas. Der Unterschied zwischen Fenster mit 2-fach und 3-fach Wärmedämmglas ist sehr gering. Somit amortisieren sich Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas fast genauso schnell wie Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas. Fenster mit 3-fach Wärmedämmglas sparen aber anschließend mehr $CO_2$ als Fenster mit 2-fach Wärmedämmglas.
Die geringsten Amortisationszeiten bzgl. der THG-Emissionen sind, wie zu erwarten, für die konventionellen Energieträger Erdgas und Heizöl zu verzeichnen und liegen im Bereich von 1 bis 3 Jahren. Für den Energieträger Fernwärme liegt die Amortisationszeit nur unwesentlich höher im Bereich von 2 bis 3 Jahren. Auch für den Energieträger Strom zum Betrieb einer Wärmepumpe amortisiert sich der THG-Ausstoß bei der Herstellung und Montage moderner Fenster in einem Zeitfenster von ca. 3 bis 5 Jahren. Einzig beim Energieträger Holz sind deutlich längere Amortisationszeiten vorhanden, die im Bereich von 13 bis 22 Jahren liegen können. Dies liegt daran, dass die Beheizung des Wohngebäudes mit Holz aktuell im Wesentlichen als $CO_2$ neutral eingestuft wird und nach Tabelle 11 ein $CO_2$-Ausstoß von 20 g/kWh anzunehmen ist.

Abbildung 4 stellt die ermittelten Daten nochmals grafisch dar. Das Diagramm gilt für Fenster aller Rahmenmaterialien im Wohnungsbau mit 2-fach oder 3-fach Wärmedämmglas.


© ift Rosenheim 2026 | Forschungsbericht „Vergleich Graue Energie“

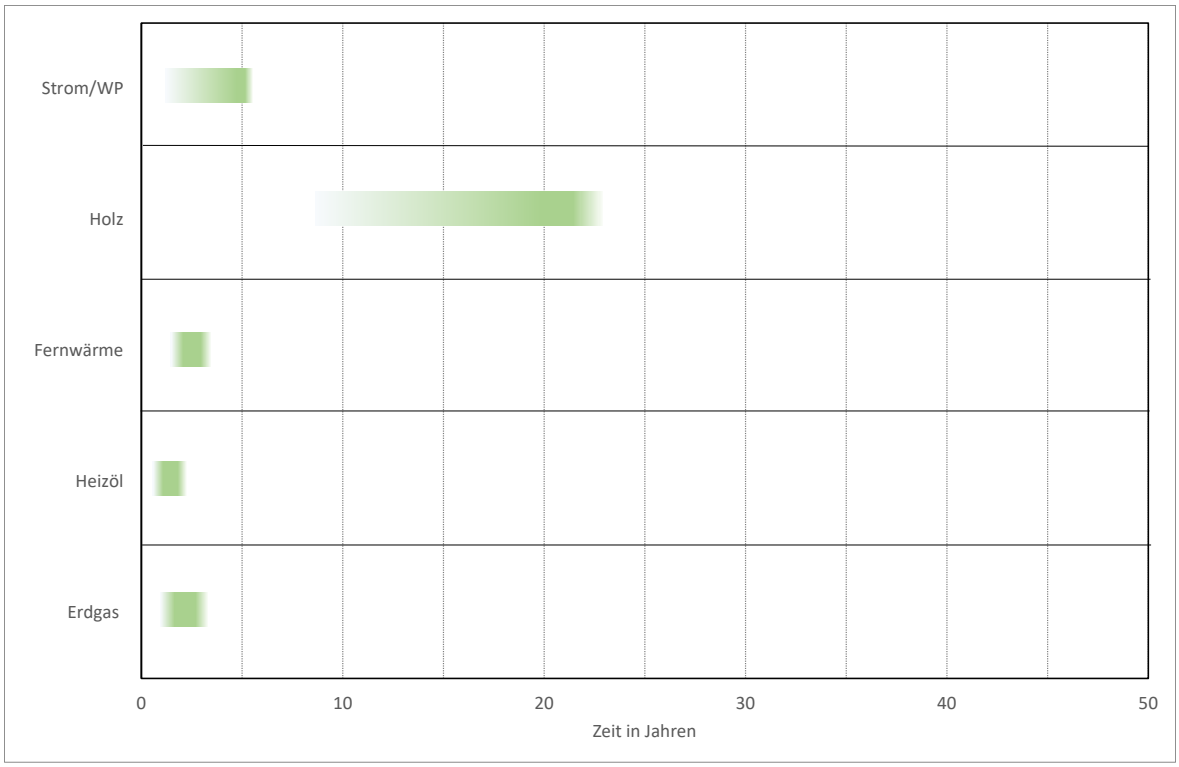



**Abbildung 4** Zeitdauer der Amortisation der für die Herstellung und Montage emittierten Treibhausgase für die energetische Fenstermodernisierung in Abhängigkeit des Energieträgers für die Beheizung des Wohngebäudes

# 6 Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung analysiert die energetischen und Treibhausgas relevanten Auswirkungen des Austauschs von Bestandsfenstern durch moderne Fenster unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Transport, Einbau und Nutzung). Im Mittelpunkt steht die Frage, in welchem Zeitraum sich die für neue Fenster erforderliche graue Energie und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen durch Einsparungen im Betrieb amortisieren.
Untersucht wurde der Austausch energetisch deutlich veralteter Fenster (Einfachverglasung, Verbund-/Kastenfenster sowie ältere Isolierverglasungen) durch moderne Fenster mit 2-fach- oder 3-fach-Wärmedämmglas. Für bereits modernere Bestandsfenster lassen sich aus den Ergebnissen keine Aussagen hinsichtlich eines vorzeitigen Austauschs ableiten.
Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass der Austausch alter Fenster aus energetischer und ökologischer Sicht vorteilhaft ist. Die während der Nutzung erzielten Einsparungen an Energie und Treibhausgasemissionen übersteigen die Aufwendungen für Herstellung und Einbau der neuen Fenster in allen untersuchten Fällen deutlich.

**Zentrale Ergebnisse sind die kurzen Amortisationszeiten:**

- Die energetische Amortisation (Primärenergie) erfolgt je nach Energieträger typischerweise innerhalb von **ca. 2 bis 11 Jahren**
- Die $CO_2$-Amortisation wird in vielen Fällen noch schneller erreicht, meist innerhalb von **ca. 1 bis 5 Jahren**

Dabei zeigen sich systematische Unterschiede:

- Kürzere Amortisationszeiten bei fossilen Energieträgern (Erdgas, Heizöl)
- Etwas längere Amortisation bei strombasierten Systemen (z. B. Wärmepumpen)
- Deutlich längere $CO_2$-Amortisation bei holzbasierten Heizsystemen aufgrund niedriger Emissionsfaktoren

Unabhängig davon gilt: In allen untersuchten Fällen werden die anfänglichen Umweltaufwendungen bereits nach wenigen Jahren ausgeglichen.

Die Höhe der Einsparungen hängt wesentlich vom energetischen Ausgangszustand der Bestandsfenster ab. Besonders hohe Effekte ergeben sich beim Austausch von Einfachglasfenstern. Der zusätzliche Nutzen von 3-fach-Wärmeschutzverglasung gegenüber 2-fach-Verglasung führt zu weiteren Einsparungen bei moderat erhöhtem Herstellungsaufwand.
Über die angenommene Nutzungsdauer von 50 Jahren ergibt sich insgesamt eine deutlich positive Energiebilanz und Treibhausgasbilanz. Die eingesparten Energiemengen und Emissionen übersteigen die Aufwendungen für Herstellung und Einbau um ein Vielfaches.

**Fazit:**
Der Austausch energetisch veralteter Fenster amortisiert sich sowohl energetisch als auch hinsichtlich der Treibhausgasemissionen innerhalb kurzer Zeiträume und leistet über die Lebensdauer einen klar positiven Beitrag zur Energieeinsparung im Gebäudebestand.

# 7 Literaturverzeichnis


[1] Muster EPD beschichtetes und unbeschichtetes Floatglas sowie Einscheibensicherheitsglas (ESG), heißgelagertes ESG und teilvorgespanntes Glas, M-EPD-FEG-002000
Muster EPD Verbundsicherheitsglas und Mehrscheibenisolierglas (2-fach und 3-fach-Aufbau), M-EPD-VMG-002000
ift Rosenheim, 2025

[2] Muster EPD Fenster und Hebeschiebeelemente aus Aluminium M-EPD-ALF-1000
Muster EPD Fenster und Hebeschiebeelemente aus Holz M-EPD-HO-1000
Muster EPD Fenster und Hebeschiebeelemente aus Holz-Aluminium M-EPD-HMF-1000
Muster EPD Fenster und Hebeschiebeelemente aus Kunststoff M-EPD-KSF-1000
ift Rosenheim, 2025

[3] Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern
Aktualisierung Januar 2024 der Studie „Im neuen Licht: Energetische Modernisierung von alten Fenstern“
Verband Fenster und Fassade e.V., Bundesverband Flachglas e.V.

[4] DIN/TS 18599-2:2025-10
Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen

[5] Erarbeitung einer Systematik zur Neubewertung der solaren Einträge für Wohn- und Nichtwohngebäude in der öffentlich-rechtlichen Anforderungssystematik
IBH-Projektnummer: 1208-18, Endbericht von 20.1.2021
Bearbeitet durch Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH
im Auftrag des ‚Verband Fenster+ Fassade (VFF)

[6] Graue Energie und Graue Emissionen von Dämmstoffen im Vergleich zum Einsparpotential
Forschungsbericht FO-2020/06
FIW München
im industriellen Auftrag

[7] Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien
Erarbeitung durch: FIW München e.V. , ITG Dresden GmbH, Prognos AG
Auftraggeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Abt. II, Ref. IIC1

ift Rosenheim
Theodor-Gietl-Straße 7-9
83026 Rosenheim

Tel.: +49 (0) 80 31 / 261-0
Fax: +49 (0) 80 31 / 261-290
E-Mail: info@ift-rosenheim.de
www.ift-rosenheim.de

© ift Rosenheim 2026