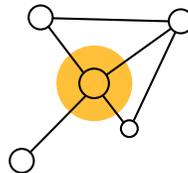
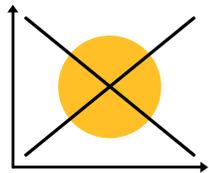
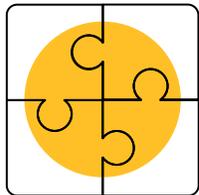
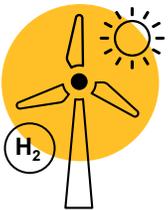


Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen

Eine Analyse anhand exemplarischer Einfamilienhäuser

Oktober 2022



**Energiewirtschaftliches Institut an der
Universität zu Köln gGmbH (EWI)**

Alte Wagenfabrik
Vogelsanger Straße 321a
50827 Köln

Tel.: +49 (0)221 277 29-100

Fax: +49 (0)221 277 29-400

<https://www.ewi.uni-koeln.de>

Verfasst von:

Lena Pickert

Max Gierkink

Amir Ashour Novirdoust

Pia Willers

Leon Langerhans

Bitte zitieren als:

EWI (2022). Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen: Eine Analyse anhand exemplarischen Einfamilienhäusern.

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	4	4. Ergebnisse	23
1. Einleitung und Motivation	7	1. Einsparungen für beide Fallbeispiele	
2. Auswahl der Beispielhaushalte	9	2. Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 60er Jahre	
1. Ausgewählte Beispielhaushalte und deren Ausgangszustand		3. Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 90er Jahre	
2. Energetische Sanierungsmaßnahmen der Beispielhaushalte		4. CO ₂ -Vermeidungskosten bei einer energetischen Sanierung für beide Fallbeispiele	
3. Grundlagen und Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung	12	5. Sensitivitätsrechnung „geringere Sanierungstiefe“: Vergleich EH 55 EE und EH 85 EE	
1. Methodik		5. Steckbriefe der Beispielhaushalte	31
2. Übersicht zentraler Annahmen		6. Fazit & Diskussion	34
3. CO ₂ -Preisentwicklungen		7. Literaturverzeichnis	38
4. Energiepreisentwicklungen		Anhang	42
5. Sanierungskosten			
6. Weitere Annahmen			

Executive Summary

Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen zweier exemplarischer Einfamilienhäuser

Die Reduktion der Emissionen im Gebäudesektor ist eine der zentralen Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität. Für die Erreichung der Klimaschutzziele ist eine starke Anhebung der aktuellen Sanierungsraten notwendig. Eine große Aufgabe liegt dabei in der Bestandssanierung, wobei Ein- und Zweifamilienhäuser in Deutschland einen Anteil von mehr als 80 % am Wohngebäudebestand ausmachen.

🏠 Beschreibung der Fallbeispiele 🛠️

In dieser Studie wird die **Rentabilität von energetischen Gebäudesanierungen und dem Heizsystemaustausch** anhand von zwei exemplarischen Einfamilienhäusern (EFH) berechnet:

1. Für das erste Fallbeispiel wird ein unsaniertes EFH aus den 60er-Jahren mit einer Gasheizung angenommen (EFH 60er Jahre).
2. Das zweite Fallbeispiel ist ein unsaniertes EFH mit einer Ölheizung und Baujahr 1990 (EFH 90er Jahre).

Für beide EFH werden umfangreiche Sanierungsmaßnahmen angenommen. Mithilfe des Nettogegenwartswerts der Investition und einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren wird die Rentabilität der energetischen Gebäudesanierungen und dem Heizsystemaustausch berechnet. In der Studie werden Annahmen bezüglich verschiedener Preisentwicklungen (CO₂-, Strom-, Gas-, Heizölpreis) getroffen und zwischen drei Preisszenarien unterschieden (*niedrig*, *mittel* und *hoch*). Des Weiteren werden die Sowieso-Kosten für die Gebäudehülle und das Heizsystem, also die nicht-energiebedingten Kosten einer Sanierung und die aktuellen Förderungen berücksichtigt.

EFH 60er Jahre



Baujahr: 1960
 Fläche (beheizt): 130 m²
 Spez. Endenergiebedarf: 310 kWh/m²*a

Sanierungsstand: unsaniert
 Effizienzklasse: H
 Anzahl Personen: 4



Brennstoff: Gas
 Wärmeerzeuger: Heizwerttechnik
 Einbaujahr: 2000
 Wirkungsgrad: 75 %

Wärmeverteiler: Heizkörper
 Einbaujahr: 2000

EFH 90er Jahre



Baujahr: 1990
 Fläche (beheizt): 150 m²
 Spez. Endenergiebedarf: 209 kWh/m²*a

Sanierungsstand: unsaniert
 Effizienzklasse: G
 Anzahl Personen: 3



Brennstoff: Öl
 Wärmeerzeuger: Brennwerttechnik
 Einbaujahr: 2010
 Wirkungsgrad: 90 %

Wärmeverteiler: Fußbodenheizung
 Einbaujahr: 2010

Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen zweier exemplarischer Einfamilienhäuser

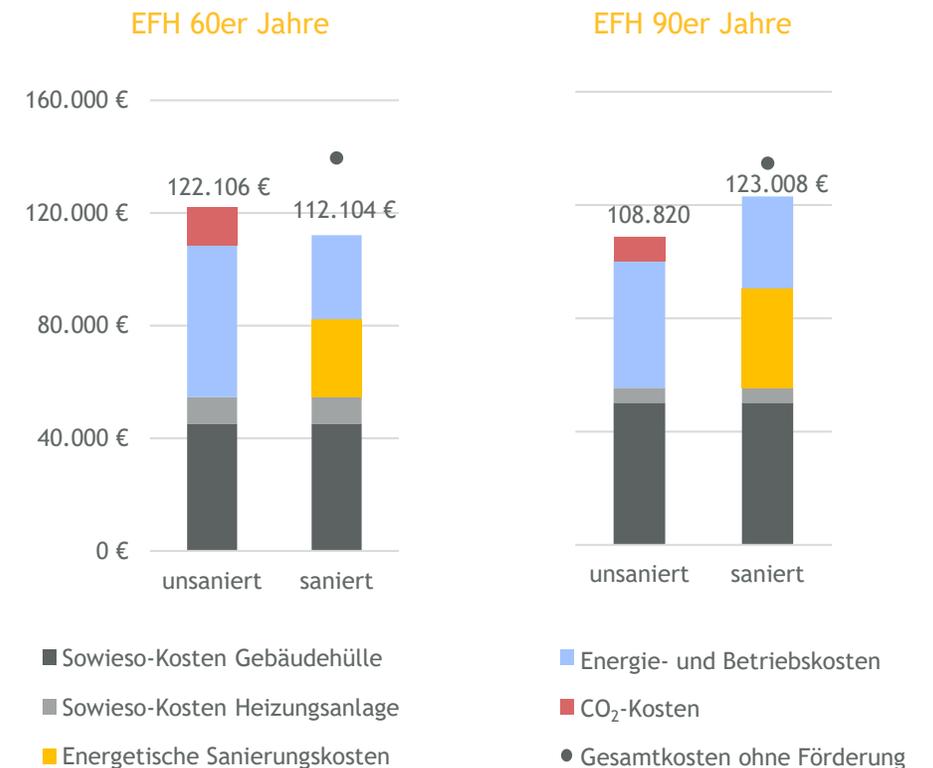
Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit beider Fallbeispiele

Die Berechnungen zeigen, dass mit der bestehenden Förderung und den angenommenen Sowieso-Kosten die Investitionen für das Fallbeispiel EFH 60er Jahre innerhalb des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren in allen Preisszenarien rentabel sind. Besonders deutlich sind die Einsparungen nach einer Sanierung bei den Energie- und Betriebskosten zu sehen. Zusätzliche Einsparungen bei einer Sanierung entstehen durch den Wegfall der CO₂-Kosten. Das EFH 60er Jahre erreicht im niedrigen Preisszenario den Break-even im Jahr 2041. Für das mittlere Preisszenario wird der Break-even bei einer energetischen Sanierung vier Jahre früher erreicht (2037) und für das hohe Preisszenario im Jahr 2031. Es wird deutlich, dass mit steigendem Preispfad die Rentabilität der Sanierungsmaßnahmen ansteigt. Dazu trägt auch der Anstieg des CO₂-Preises bei. Für das EFH 90er Jahre rentiert sich die Investition in eine energetische Sanierung in keinem Preisszenario. Somit wird der Break-even einer energetischen Sanierung für dieses EFH nicht innerhalb der betrachteten 20 Jahre erreicht.

Die Rentabilität von Sanierungsmaßnahmen steigt mit der Sanierungstiefe. Das liegt an dem geringen Anstieg der Sanierungskosten bei einer tieferen Sanierung im Vergleich zu dem hohen Anstieg der Förderung. Außerdem zeigen die beiden Fallbeispiele, dass ein schlechterer energetischer Sanierungsstand, wie bei dem EFH 60er Jahre, tendenziell eine höhere Rentabilität für energetische Sanierungsmaßnahmen bietet.

Nach der energetischen Sanierung sinkt der Endenergiebedarf deutlich und beide EFH fallen in die Energieeffizienzklasse A. Für das EFH 60er Jahre ergibt sich durch die energetische Sanierung eine Einsparung von 145 t CO₂ über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Für das EFH 90er Jahre beträgt die Menge an eingesparten CO₂-Emissionen knapp 100 t CO₂. Zusätzlich wird die Rolle der Förderungen deutlich. In den Beispielen hätte sich die energetische Sanierung ohne Förderung nur für das energetisch deutlich schlechter dastehende EFH 60er Jahre gelohnt und nur unter dem hohen Preisszenario.

Vergleich Gesamtkosten über 20 Jahre mit und ohne Sanierung für das mittlere Energiepreisszenario



1. Einleitung und Motivation

1. Einleitung und Motivation

Die Reduktion der Emissionen im Gebäudesektor stellt eine der zentralen Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität dar. Bereits im Jahr 2020 hat der Gebäudesektor seine sektorspezifischen Klimaziele verfehlt. Diese Entwicklung setzt sich 2021 fort. Um das Klimaziel im Jahr 2030 zu erreichen, ist eine deutliche Beschleunigung der Klimaschutzbemühungen im Gebäudesektor notwendig, insbesondere im Bereich der Bestandsgebäude.

Die größte Herausforderung liegt in der Bestandssanierung und dem Austausch der Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden. Die Sanierungsrate im Bereich der Wohngebäude stagniert seit Jahren, muss aber gemäß der „Big 5“-Studien (Stiftung Klimaneutralität et al., 2022) zukünftig deutlich gesteigert werden (s. Abbildung). Im Wohngebäudebereich fallen etwa 40 % der Ein- und Zweifamilienhäuser in die schlechtesten Effizienzklassen G und H und haben somit einen spezifischen Endenergieverbrauch von über 200 kWh/m² (dena et al., 2019).

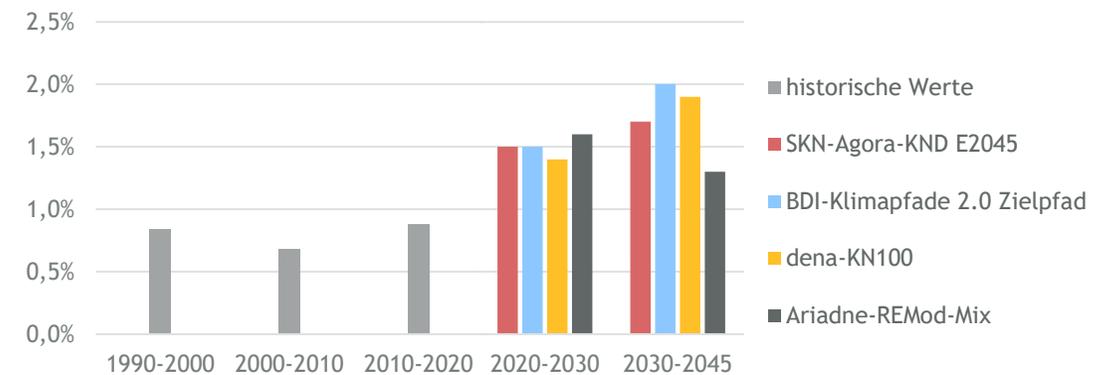
Dies spiegelt sich im Vorschlag der EU-Kommission im Rahmen des FitFor55 Pakets und in der Reform der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wider. Die EU-Kommission schlägt einen Sanierungszwang für besonders schlecht sanierte Gebäude vor. Die Reform des BEG begünstigt die Sanierung der Gebäude im unteren Quartil der Energieeffizienz. Dieser sogenannte „worst first“-Ansatz soll dazu führen, dass besonders ineffiziente Gebäude mit einem hohen Energieverbrauch vorrangig saniert werden.

Aufgrund der Struktur des Gebäudebestands und der Eigentumsverhältnisse – mehr als 80 % der Wohngebäude sind Ein- oder Zweifamilienhäuser (DESTATIS, 2021a) und 88 % der Einfamilienhäuser in Deutschland werden selbstgenutzt (IWU, 2016) – wird der Betrachtungsgegenstand in dieser Studie eingegrenzt und auf die

Eigentumsperspektive von älteren Einfamilienhäusern beschränkt. Zudem profitiert in diesem Fall die Person, die in energetische Sanierungsmaßnahmen investiert, selbst in Form von sinkenden Energiekosten. Im Folgenden Kapitel werden zwei Beispielhäuser skizziert, die in der vorliegenden Studie betrachtet werden.

Für die Analyse werden in Kapitel 3 zunächst die Methodik zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit und die Annahmen, die dafür getroffen werden müssen, beschrieben. In Kapitel 4 werden die Ergebnisse vorgestellt. In Kapitel 5 werden diese diskutiert und ein Fazit wird gezogen.

Historische und zukünftige Entwicklung der Sanierungsrate von Wohngebäuden



Quellen: historische Werte DIW (2019); Stiftung Klimaneutralität et al. (2022)

2. Auswahl der Beispielhaushalte

2.1 Ausgewählte Beispielhaushalte und deren Ausgangszustand

2.2 Energetische Sanierungsmaßnahmen der Beispielhaushalte

2.1 Ausgewählte Beispielhaushalte und deren Ausgangszustand

In Deutschland sind 67 % der Wohngebäude Einfamilienhäuser (EFH) und sind daher von zentraler Bedeutung für den Gebäudesektor (EWI & FiFo, 2019). Für die Beispielhäuser wurden daher zwei exemplarische Einfamilienhäuser ausgewählt: ein in den 1960ern gebautes EFH (EFH 60er Jahre) und ein in den 1990ern gebautes EFH (EFH 90er Jahre).

In den 60er Jahren gab es im Zuge der Nachkriegszeit eine verstärkte Bautätigkeit, wobei 39 % des heutigen Wohngebäudebestands zwischen 1950 und 1979 gebaut wurden (EWI & FiFo, 2019). Hierbei ist anzumerken, dass davon einige mehr oder weniger umfangreich modernisiert wurden. Bei den Wohngebäuden mit Baujahr 1958 bis 1968 wurde bei etwa 40 % der Gebäude die Außenwand und bei 16 % die Kellerdecke zumindest teilweise nachträglich gedämmt (IWU, 2016). Das Einsparpotenzial bei Wohngebäuden dieses Baujahres, das durch energetische Sanierungen gehoben werden kann, ist dementsprechend hoch.

In den 80er und 90er Jahren gab es ebenfalls eine große Bautätigkeit. Zu der Notwendigkeit von Sanierungen dieser Gebäude ist zu sagen, dass es große Schwankungen gibt, was die Lebensdauer der verschiedenen Gebäudeteile (Fassade, Dach, Heizung, etc.) angeht. Tendenziell haben Heizsysteme eine kürzere und besonders Fassaden eine höhere Lebensdauer. Aus der Literatur lässt sich ableiten, dass die mittlere Lebensdauer der einzelnen Gebäudeteile zwischen 20 und 40 Jahren liegt, sodass bei den Gebäuden aus den 1990er Jahren zeitnah Sanierungen fällig sein könnten.

Das EFH 60er Jahre lässt sich im Ausgangszustand der Energieeffizienzklasse H zuordnen, welche die ineffizienteste Energieeffizienzklasse ist. Das EFH 90er Jahre ist mit einem spezifischen Endenergiebedarf in Höhe von 209 kWh/m² pro Jahr der Energieeffizienzklasse G zuzuordnen.

EFH 60er Jahre



Baujahr:	1960
Fläche (beheizt):	130 m ²
Spez.	
Endenergiebedarf:	310 kWh/m ² *a

Sanierungsstand:	unsaniert
Effizienzklasse:	H
Anzahl Personen:	4



Brennstoff:	Gas
Wärmeerzeuger:	Heizwerttechnik
Einbaujahr:	2000
Wirkungsgrad:	75 %

Wärmeverteiler:	Heizkörper
Einbaujahr:	2000

EFH 90er Jahre



Baujahr:	1990
Fläche (beheizt):	150 m ²
Spez.	
Endenergiebedarf:	209 kWh/m ² *a

Sanierungsstand:	unsaniert
Effizienzklasse:	G
Anzahl Personen:	3



Brennstoff:	Öl
Wärmeerzeuger:	Brennwerttechnik
Einbaujahr:	2010
Wirkungsgrad:	90 %

Wärmeverteiler:	Fußbodenheizung
Einbaujahr:	2010

2.2 Energetische Sanierungsmaßnahmen der Beispielhaushalte

Im Folgenden wird die wirtschaftliche Rentabilität einer energetischen Gebäudesanierung für die vorgestellten Beispielhäuser berechnet. Bei der energetischen Sanierung handelt es sich hier um den Austausch des jeweiligen Heizsystems durch eine Außenluft-Wärmepumpe, den Austausch der Fenster und der Dämmung des Dachs, der Außenwand und der Kellerdecke.

Diese Sanierungsmaßnahmen sind Teil gängiger (umfangreicher) energetischer Sanierungen. Durch die Kombination der hier gewählten Maßnahmen, umfangreiche Gebäudedämmung und Modernisierung des Heizsystems, lässt sich eine erhebliche Energieeinsparung und somit die Verbesserung der Energieeffizienzklasse erzielen. Außerdem können so die energetischen Mindestanforderungen für eine KfW-Förderung erreicht und Fördersummen erwirkt werden. Mit diesen Sanierungsmaßnahmen kann typischerweise der KfW-Effizienzhaus 55 Erneuerbare Energien (EE) Standard erreicht werden.

Die Energieeffizienzklasse eines Gebäudes wird im jeweiligen Energieausweis ausgewiesen und richtet sich nach dem spezifischen Endenergiebedarf. Bei der Energieeffizienzklasse A+ beträgt der spezifische Endenergiebedarf weniger als 30 kWh/m²*a, bei A liegt dieser zwischen 30 und 50 kWh/m²*a.

Nach der energetischen Sanierung fallen beide Beispielhäuser in die Energieeffizienzklasse A. Die Energieeffizienzklasse A+ ist durch die Sanierung von älteren Bestandsgebäuden kaum erreichbar.

EFH 60er
Jahre



EFH 90er
Jahre



Energetische Sanierungsmaßnahmen



Dach	Dämmung 24 cm
Außenwand	Dämmung 18 cm
Kellerdecke	Dämmung 10 cm
Fenster	3-fach Verglasung, Kunststoffrahmen



Heizung	Luftwärmepumpe außen
---------	----------------------

Nach energetischer Sanierung:

Spez. Endenergiebedarf: 35 kWh/m²*a
Energieeffizienzklasse: A

Nach energetischer Sanierung:

Spez. Endenergiebedarf: 34 kWh/m²*a
Energieeffizienzklasse: A

3. Grundlagen und Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung

3.1 Methodik

3.2 Übersicht zentraler Annahmen

3.3 CO₂-Preisentwicklungen

3.4 Energiepreisentwicklungen

3.5 Sanierungskosten

 Förderungen

 Sowieso-Kosten Gebäudehülle

 Investitionskosten und Förderungen

3.6 Weitere Annahmen

3.1 Methodik: Investitionsentscheidung basierend auf Nettogegenwartswert

Klassischerweise werden Investitionsentscheidungen von (rationalen) Haushalten mithilfe des Gegenwartswerts der Investition (Gegenwartswert Methode, engl. Net Present Value, NPV) abgebildet (Varian, 2010). Der Gegenwartswert entspricht der Summe der zukünftigen Zahlungsströme (positive und negative), die auf den heutigen Wert abgezinst werden. Dadurch werden Zahlungsflüsse, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten entstehen, vergleichbar.

Unter der Berücksichtigung von verschiedenen Szenarien zur Entwicklung von Endverbraucherpreisen für die Brennstoffe und den CO₂-Preispfaden kann so die Rentabilität von Modernisierungsmaßnahmen bewertet werden.

Bei einem positiven Gegenwartswert übersteigen die prognostizierten Einnahmen (Kosteneinsparungen), die durch die Investition erzielt werden, die erwarteten Kosten. Die Investition rentiert sich in diesem Fall innerhalb des betrachteten Zeitraums (in unserem Fall 20 Jahre).

Allerdings stehen der Investitionsentscheidung häufig einige Hemmnisse gegenüber, sodass das reale Investitionskalkül von modellhaften Berechnungen abweicht. Dabei sind vor allem höhere Diskontierungsraten (besonders bei älteren Personen), Risikoaversion, lange Planungshorizonte, hohe Investitionskosten, erschwerter Zugang zu Kapital oder auch begrenzte Rationalität (z.B. hohe Gegenwartspräferenz) zu nennen.

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

NPV: Gegenwartswert (net present value)
 CF: Zahlungsflüsse (cashflow) im Jahr t
 r: Diskontsatz (r=2,5 %)
 T: Anzahl Perioden (T=20 Jahre)

Gegenwartswert Investitionen energetische Sanierung*
 =
 Betriebskosteneinsparungen** – (Investitionskosten
 energetische Sanierung – Sowieso-Kosten (Gebäudehülle &
 Heizungsanlage) – Förderung)

* Für die Berechnung des Nettogegenwartswertes werden alle zukünftigen Zahlen auf heutige Werte diskontiert.

** Die Betriebskosteneinsparungen umfassen die Einsparungen bezüglich der Wartungskosten, Instandhaltungskosten, und Brennstoffkosten (inkl. CO₂-Bepreisung) durch den Einbau einer Wärmepumpe.

3.2 Übersicht zentraler Annahmen

Commodity Preise (Strom, Erdgas, Heizöl) und Netzentgelte

Eine Reihe von Annahmen bezüglich verschiedener Variablen muss getroffen werden, um Aussagen über die Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen treffen zu können.

Investitionsentscheidungen von privaten Haushalten hängen wesentlich von den Preisen von Energieträgern ab. Haushalte zahlen den Endverbraucherpreis, der sich aus mehreren Preiskomponenten zusammensetzt. In den relevanten Endenergiemärkten für Haushalte, Strom und Gas, gibt es vor allem Unsicherheiten bezüglich der Großhandelspreise und der Netzentgelte. Hierbei werden für die vorliegende Untersuchung drei Preisszenarien definiert, jeweils ein *niedriges*, *mittleres* und *hohes* Preisszenario. Commodity-Preise wurden eigenen Berechnungen entnommen, da dieser Preisbestandteil einen großen Teil der Unsicherheiten über Endverbraucherpreise ausmacht (siehe Seite 16 ff., weitere Details im Anhang). Des Weiteren herrscht Unsicherheit über die Entwicklung von Netzentgelten im Bereich von Strom und Gas. Da dieser Posten ebenfalls einen großen Teil des Endenergiepreises ausmacht, werden hier ebenfalls drei Preisszenarien angesetzt.

CO₂-Preise

Die Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen wird maßgeblich von den zukünftigen CO₂-Preisen beeinflusst. Da über die Entwicklung von CO₂-Preisen große Unsicherheit herrscht werden im Folgenden Annahmen bezüglich verschiedener CO₂-Preisszenarien getroffen (siehe Seite 15, weitere Details im Anhang).

Sowieso-Kosten

Neben den CO₂-Preisen und den Energieträgerpreisen werden außerdem Annahmen über die Sowieso-Kosten getroffen. Diese Kosten, die sowieso auch ohne eine energetische Sanierung anfallen, müssen bei der Betrachtung der effektiven Kosten der energetischen Sanierung und schließlich bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden, um die energiebedingten Mehrkosten und die notwendigen Instandhaltungskosten einer Sanierung voneinander abgrenzen zu können. Sowieso-Kosten fallen sowohl in Bezug auf die Sanierung der Gebäudehülle an als auch bei der Heizungsanlage (siehe Seite 20 f.).

Weitere Annahmen

Weiterhin müssen Annahmen bezüglich der technischen Lebensdauer von Heizungsanlagen, der Betriebskosten und der Zinssätze getroffen werden, da diese die Rentabilität von energetischen Sanierungsmaßnahmen beeinflussen. Abschließend werden Annahmen über die KfW-Effizienzgebäude-Stufen aufgestellt, da diese je nach energetischem Effizienzstandard nach der Sanierung unterschiedlich ausfällt und die Höhe der Förderung bestimmt. Auf den folgenden Seiten werden die Annahmen mit Verweis auf entsprechende Quellen aufgeführt.

Die Szenarien für Energiepreise und CO₂-Kosten werden zu drei übergreifenden Preisszenarien für den Endverbraucherpreis zusammengefasst. Insgesamt betrachten wir zwei Beispielhäuser und drei Endverbraucherpreisszenarien. Dadurch ergeben sich sechs spezifische Fallbetrachtungen.

3.3 CO₂-Preisentwicklungen: Niedrig, Mittel, Hoch

Das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) ist die Grundlage für das nationale Emissionshandelssystem (nEHS) und führt zu einer Bepreisung der CO₂-Emissionen, soweit sie nicht vom europäischen Emissionshandel (EU ETS) erfasst sind. Dies gilt also unter anderem für die Emissionen, die durch die Wärmeerzeugung entstehen.

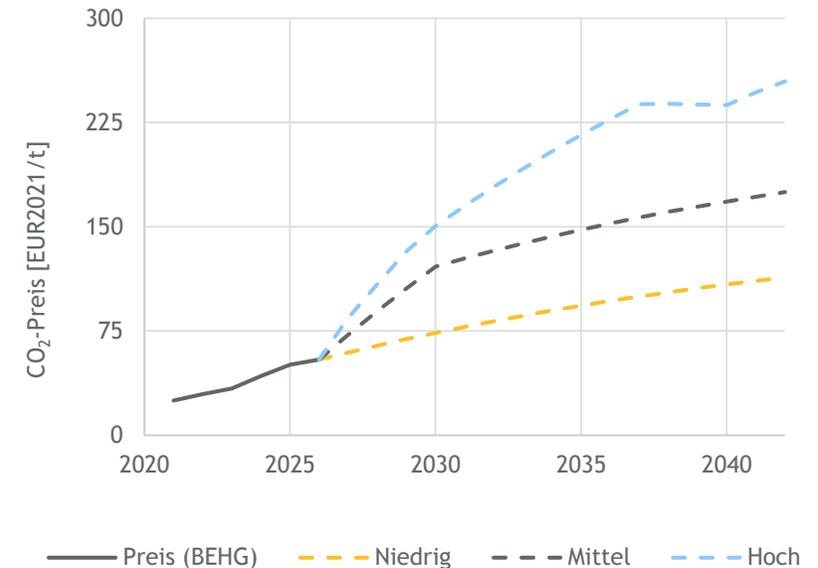
Bis zum Jahr 2024 ist eine kontinuierliche Preisentwicklung im BEHG festgelegt. Dabei steigt der Preis bis 2025 auf 55 EUR/t CO₂. Ab dem Jahr 2026 werden Zertifikate gehandelt und der Preis wird sich am Markt in einem gesetzlich vorgegebenen Rahmen von 55 bis 65 EUR/t CO₂ bilden. Ab 2027 entfällt der Preiskorridor, sodass die Zertifikate einer freien Preisbildung unterliegen.

Die Erwartungen und Szenarien zur Entwicklung des CO₂-Preises im nEHS weisen deutliche Unterschiede auf. Die tatsächliche Preisentwicklung ab 2026 hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, insbesondere der zukünftigen Ausgestaltung des BEHG und der Entwicklung der Vermeidungskosten in den unterschiedlichen Sektoren. Folglich ist die Entwicklung des CO₂-Preises im nEHS mit einer großen Unsicherheit behaftet, was die Investitionsentscheidungen privater Haushalte beeinflussen könnte.

Aufgrund der aktuellen Marktunsicherheiten werden **drei verschiedene CO₂-Preisszenarien** betrachtet:

- Im **niedrige Preisszenario** wird die bisherigen Steigerungsrate, die im BEHG bis 2026 festgelegt ist, langfristig fortgeschrieben.
- Das **mittlere Preisszenario** basiert auf EWI & FiFo (2019).
- Das **hohe Preisszenario** basiert auf Prognos (2020).

CO₂-Preisentwicklung im nEHS & Szenarien, 2022-2042



Quellen: EWI & FiFo (2019); Prognos (2020)

3.4 Energiepreisentwicklungen - Strompreis

Aufgrund der hohen Unsicherheit bzgl. der Strompreisentwicklungen, werden für die Berechnungen drei Preisszenarien jeweils für den Großhandelsstrompreis und die Netzentgelte Strom definiert. Alle weiteren Steuern, Abgaben und Umlagen basieren auf BNetzA (2021) und werden als konstant angenommen (für weitere Details siehe Anhang „Annahmen Brennstoffpreise und CO₂-Preise“).

Großhandelspreise - Strom (in Anlehnung an EWI, 2021 und 2022)

- **Niedrig:** Für das Szenario, das in EWI (2022) vergleichsweise niedrige Großhandelsstrompreise ausweist, ist ein schneller Zubau von EE und eine moderate Elektrifizierung unterstellt. Entsprechend niedrig ist der Einsatz konventioneller Kraftwerke.
- **Mittel:** Das Szenario aus EWI (2022), das für das mittlere Strompreisszenario verwendet wird, unterstellt eine moderate Elektrifizierung und einen moderaten EE-Ausbau. Trotz steigender Großhandelsstrompreise in den nächsten Jahren sinkt das allgemeine Preisniveau langfristig.
- **Hoch:** Für das Szenario, das in EWI (2022) hohe Großhandelsstrompreise ausweist, ist eine hohe Stromnachfrage, ein moderater EE-Ausbau und gleichzeitig eine niedrige Verfügbarkeit russischen Gases unterstellt, sodass Kohlekraftwerke im Vergleich zu den anderen Szenarien vermehrt zur Stromerzeugung eingesetzt werden.

Netzentgelte - Strom (in Anlehnung an BNetzA, 2021)

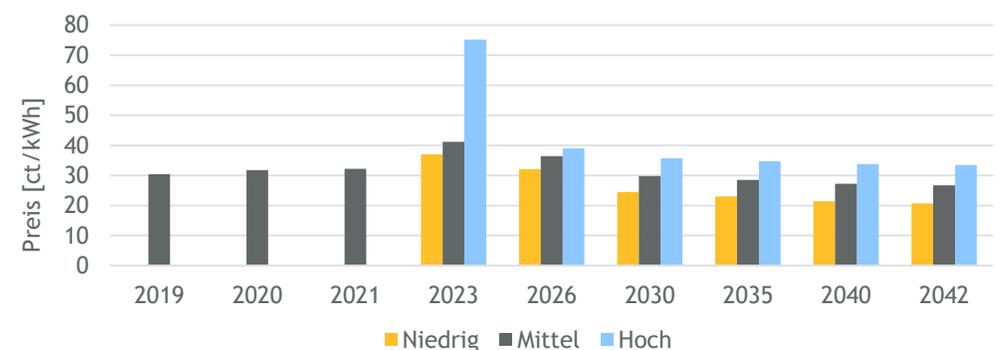
- **Niedrig:** Für die Netzentgelte wird in diesem Szenario angenommen, dass sie aufgrund von steigender Stromnachfrage sinken (Annahme: -10 % von 2023 bis 2042).

- **Mittel:** Für die Netzentgelte wird angenommen, dass diese konstant auf dem Niveau von 2022 bleiben.
- **Hoch:** Für die Netzentgelte wird ein Anstieg angenommen. Ein mögliches Argument dafür könnte der zunehmende Netzausbau sein (Annahme: +10 % von 2023 bis 2042).

Strompreise für private Haushalte für das Jahr 2023

Das niedrige Preisszenario entspricht dem durchschnittlichen Preis für Neuerträge im März 2022 (niedrigster Preis im Jahr 2022). Das mittlere Preisszenario entspricht dem durchschnittlichen Preis für Neuerträge (Jan - Sept 2022). Das hohe Preisszenario basiert auf dem durchschnittlichen Preis für Neuerträge im Oktober 2022 (Stand 04.10.2022). Quelle der Recherchen ist die Vergleichsplattform Verivox.

Preisszenarien für Endkundenpreise Strom, 2019-2042



Quellen: historische Werte BDEW (2022b); Verivox (2022a); EWI (2022); EWI (2021); BNetzA (2021)

3.4 Energiepreisentwicklungen - Erdgaspreis

Für die zukünftige Entwicklung des Erdgaspreises bestehen ebenfalls hohe Unsicherheiten. Daher werden drei Preisszenarien jeweils für den Großhandelspreis und die Netzentgelte definiert. Alle weiteren Steuern, Abgaben und Umlagen basieren auf BDEW (2022a) und werden als konstant angenommen (für weitere Details siehe Anhang „Annahmen Brennstoffpreise und CO₂-Preise“).

Großhandelspreise - Erdgas (in Anlehnung an EWI, 2022 und IEA, 2021)

- **Niedrig:** In dem Szenario in EWI (2022), in dem sich vergleichsweise niedrige Gaspreise ergeben, wird angenommen, dass die Gasnachfrage aufgrund einer hohen Elektrifizierung sinkt und die Verfügbarkeit von **russischen Importen niedrig** ist.
- **Mittel:** Das Szenario in EWI (2022), das im Vergleich einen mittleren Gaspreis als Ergebnis hat, unterstellt ebenfalls eine **sinkende Gasnachfrage** aufgrund einer hohen Elektrifizierung. Gleichzeitig wird angenommen, dass in diesem Szenario **keine russischen Energieträger** importiert werden.
- **Hoch:** In dem Szenario in EWI (2022), in dem sich ein hoher Gaspreis ergibt, wird angenommen, dass **keine russischen Energieträger** importiert werden und es lediglich eine moderate Elektrifizierung gibt, sodass die Gasnachfrage konstant bleibt.

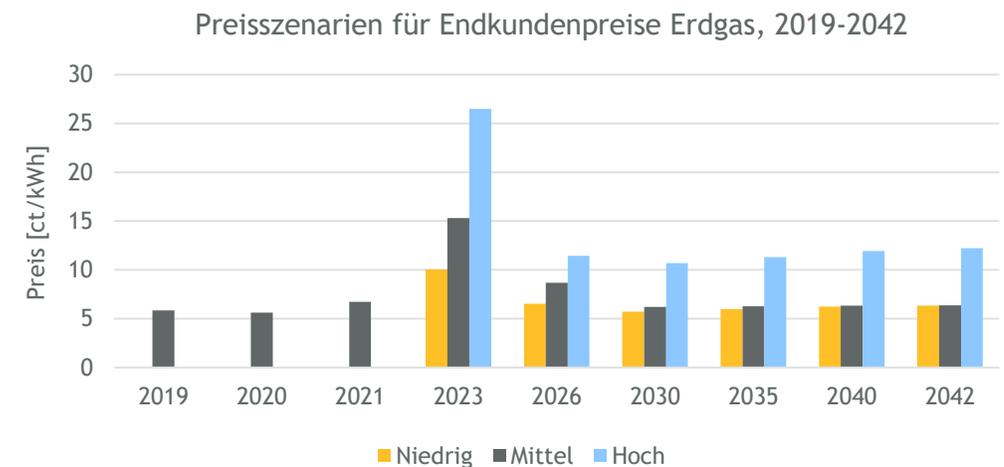
Netzentgelte - Erdgas (eigene Annahmen basierend auf BDEW, 2022a)

- **Niedrig:** Es wird angenommen, dass die Netzentgelte konstant auf dem heutigen Niveau bleiben.

- **Mittel:** Aufgrund sinkender Gasnachfrage könnten sich die Netzentgelte zukünftig auf weniger Verbrauchende verteilen und werden als steigend angenommen (Annahme: +10 % von 2023 bis 2042).
- **Hoch:** Es wird angenommen, dass die Netzentgelte stärker ansteigen als im mittleren Szenario (Annahme: +20 % von 2023 bis 2042).

Gaspreise für private Haushalte für das Jahr 2023

Für das niedrige Szenario wird ein Gaspreisdeckel von 10 ct/kWh unterstellt. Der Erdgaspreis des mittleren Preisszenarios basiert auf dem durchschnittlichen Preis für Neuverträge von Verivox (Jan - Sept 2022). Dem hohen Preisszenario liegt eine Analyse des IMK (2022a) zugrunde.



Quellen: historische Werte BDEW (2022a); IMK (2022a); Verivox (2022b); EWI (2022); IEA (2021)

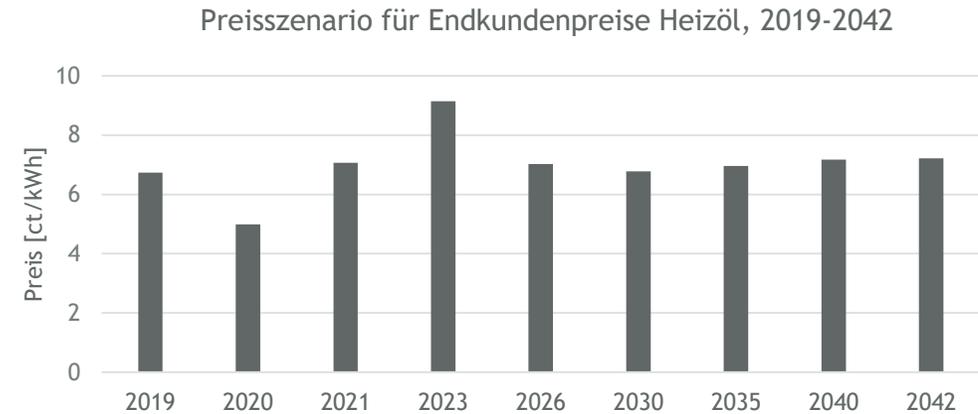
3.4 Energiepreisentwicklungen - Heizölpreis

Für die Entwicklungen des Heizölpreises bestehen ebenfalls Unsicherheit, allerdings ist die Preisvarianz weniger groß als im Vergleich zu Strom und Gaspreisen. Das allgemeine Preisniveau hängt dabei von der konjunkturellen Entwicklung der Weltwirtschaft und insbesondere der größten Verbrauchenden ab. Außerdem spielen strategische Entscheidungen der OPEC+-Staaten sowie Engpässe bei der Ölförderung eine wichtige Rolle, sodass der Ölpreis insgesamt stark angebotsseitig getrieben ist (EWI, 2022). Daher verwenden wir für die folgende Analyse ein Preisszenario für den Endkundenpreis von Heizöl.

Endkundenpreis - Heizöl (in Anlehnung an EWI, 2022; IEA, 2021; en2x, 2022)

Der Commodity-Preis für Heizöl basiert bis 2030 auf den Preiszeitreihen vom EWI (2022). Nach 2030 werden die Preise in Anlehnung an die IEA (2021) berechnet.

Die Vertriebsmarge für Heizöl ist der durchschnittliche Deckungsbeitrag im Jahr 2021 und wird als konstant angenommen (en2x, 2022). Alle anderen Preiskomponenten werden ebenfalls als konstant angenommen.



Quellen: historische Werte Statista (2022); EWI (2022); IEA (2021)

3.5 Sanierungskosten: Förderungen

Bei der Sanierung von Gebäuden, können Haushalte bei der Bundesförderung einen Kredit mit Tilgungszuschuss erhalten (KfW, 2022), wenn das sanierte Gebäude mindestens die KfW-Effizienzhaus-Stufe 85 erreicht. Darüber hinaus gibt es seit dem 22. September 2022 eine zusätzliche Förderung für die energetisch schlechtesten Gebäude („Worst Performing Buildings“). Für die Sanierung eines "Worst Performing Buildings" wird ein Bonus von fünf Prozentpunkten gewährt, wenn die KfW-Effizienzhaus Stufe 55 oder 40 erreicht wird. „Worst Performing Buildings“ sind laut KfW Gebäude, die aufgrund des energetischen Sanierungszustandes zu den energetisch schlechtesten 25 % des deutschen Gebäudebestandes gehören. Gemäß dena et al. (2019) entspricht dies den Effizienzklassen G und H.

Es wird angenommen, dass die Beispielhäuser **EFH 60er Jahre** und **EFH 90er Jahre** durch die energetischen Sanierungsmaßnahmen und den Einbau einer Wärmepumpe die Förderstufe „KfW-Effizienzhaus 55 Erneuerbare-Energien-Klasse“ erreichen. Die Zuordnung zu einem KfW-Effizienzhaus erfolgt auf Grundlage der angenommenen Sanierungsmaßnahmen, die im folgenden näher erläutert werden (z.B. auch der Dämmstoffdicke). Laut KfW ist mit den angenommenen Sanierungsmaßnahmen typischerweise die KfW-Effizienzhaus 55 EE-Klasse zu erreichen. Hierbei sollte jedoch berücksichtigt werden, dass es sich um eine Abschätzung handelt, da für eine eindeutige Zuordnung ein theoretisches, baugleiches Referenzgebäude berechnet werden müsste.

Für **beide Beispielhäuser** wird die Annahme getroffen, dass die Gebäude aufgrund des energetischen Ausgangszustand unter **die 25 % schlecht saniertesten Gebäude** fallen. Somit steigt der Fördersatz um 5 Prozentpunkte, sodass das EFH 60er Jahre und das EFH 90er Jahre beide einen Tilgungszuschuss in Höhe von 25 % erhalten.

Förderstufen Sanierung KfW-Effizienzhaus (Erneuerbare-Energien- Klasse)	Förderkredit: Tilgungszuschuss*		
	in % (max. 150.000 EUR Kreditbeitrag)	„Worst Performing Building“-Bonus (ab 22.09.2022)	Betrag je Wohneinheit
Effizienzhaus 40	25 %	5 %	bis zu 45.000 €
Effizienzhaus 55	20 %	5 %	bis zu 37.500 €
Effizienzhaus 70	15 %	-	bis zu 22.500 €
Effizienzhaus 85	10 %	-	bis zu 15.000 €

EFH 60er
Jahre

EFH 90er
Jahre

* Der Tilgungszuschuss wird nach Abschluss des Vorhabens gutgeschrieben. Die Kriterien für die Erreichung der Erneuerbaren-Energien-Klasse impliziert den Einbau einer neuen Heizungsanlage auf Basis erneuerbarer Energien und dadurch mindestens 55 % des Energiebedarfs des Gebäudes gedeckt wird.

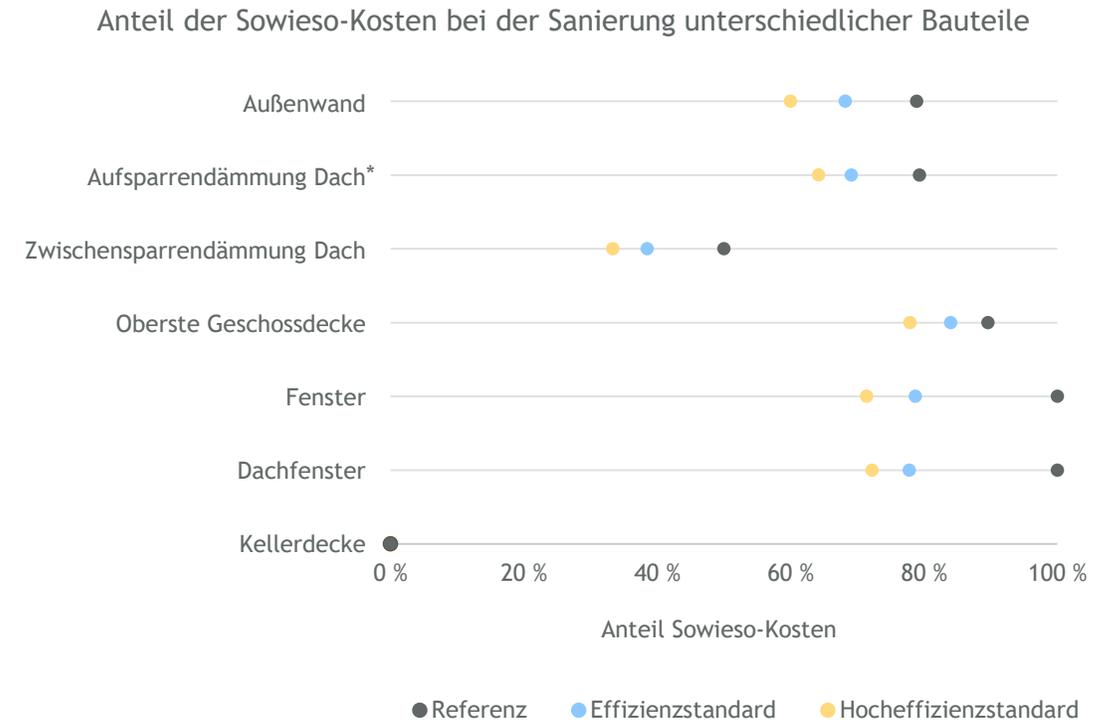
3.5 Sanierungskosten: Sowieso-Kosten Gebäudehülle

Sowieso-Kosten verkörpern notwendige Instandhaltungskosten (z.B. Anstrich, Abschlagen des alten Putzes und Anbringen des neuen Putzes aber auch den Austausch alter Heizungsanlagen). Bei der Betrachtung von Sowieso-Kosten wird das Kopplungsprinzip angewendet: Es wird energetisch saniert, wenn sowieso Sanierungsmaßnahmen anstehen. Die Betrachtung von Sowieso-Kosten ermöglicht die Unterscheidung zwischen den energiebedingten Mehrkosten und den notwendigen Instandhaltungskosten einer Sanierung.

In der Grafik erfolgt das Anforderungsniveau an die entsprechende energetische Modernisierung in Anlehnung an die Effizienzhausdefinition (Verhältnis des erwünschten spezifischen Transmissionswärmeverlustes sowie das Verhältnis des Primärenergiebedarfs zum korrespondierenden Transmissionswärmeverlust und Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes. Das Referenzgebäude entspricht dabei den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)).

Der Anteil der Sowieso-Kosten hängt dabei von dem geplanten Effizienzstandard und dem energetischen Ausgangspunkt ab. Die exakte Abgrenzung der Sowieso-Kosten ist häufig komplex und es ist nicht eindeutig geklärt, wie Haushalte bei einer Sanierungsmaßnahme den Einfluss der Sowieso-Kosten bewerten.

Aufgrund der umfassenden Sanierungsmaßnahmen beider Fallbeispiele (EFH 60er Jahre und EFH 90er Jahre) werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung die Anteile der Sowieso-Kosten eines Gebäudes mit geplantem **Hocheffizienzstandard** angenommen.



Quellen: ITG & FIW (2021)

* Die Aufsparrendämmung ist deutlich effizienter, kommt allerdings nur infrage, wenn eine neue Dacheindeckung (einschließlich der Dachlattung) ansteht. Soll ein bestehendes Dachgeschoss ausgebaut werden, ist eine Zwischensparrendämmung sinnvoller und günstiger.

3.5 Sanierungskosten: Investitionskosten und Förderungen

Die Kosten für die energetische Sanierung wurden anhand des Sanierungskonfigurators des BMWK ermittelt (BMWK, 2022b). Dieser ermöglicht es, die Kosten für spezifische Sanierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der Gebäudespezifika aufgeschlüsselt nach den jeweiligen Posten zu bestimmen. Die dort ermittelten Kosten wurden anhand des Baukostenindex auf heutige Werte aufgezinste (BKI, 2022; siehe Anhang „Aufzinsung der Sanierungskosten anhand des Baukostenindex“). Bei der Betrachtung der effektiven energetischen Sanierungskosten bzw. der energiebedingten Mehrkosten werden im Anschluss an die Ermittlung der Gesamtkosten, die Förderungen und die Sowieso-Kosten abgezogen.

Zusätzlich zu den Sowieso-Kosten der Gebäudehülle können auch im Bereich der Heizungsanlage Sowieso-Kosten anfallen, die unabhängig von einem energetisch motivierten Austausch der Heizungsanlage anfallen. Heizungen haben eine begrenzte Lebensdauer (Annahme: 25 Jahre) und müssen dementsprechend nach Erreichen dieser ersetzt werden. Die Kosten werden heruntergebrochen auf die restliche Lebensdauer des Betrachtungszeitraums.

Für die Sowieso-Kosten der Heizungsanlage des EFH 60er Jahre wird angenommen, dass der Austausch bereits nach 23 Jahren erfolgt und eine Gasheizung eingebaut wird. Der Austausch wird hier per Annahme auf das Jahr 2023 vorgezogen, da ab 2024 jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von 65 % EE betrieben werden muss und eine konventionelle Gasheizung nicht mehr eingebaut werden darf.

Für die Sowieso-Kosten der Heizungsanlage des EFH 90er Jahre wird ein Ersatz nach einer technischen Lebensdauer von 25 Jahren im Jahr 2035 angenommen. Hier wird angenommen, dass eine Wärmepumpe eingebaut wird.

Kosten Sanierungsmaßnahmen		EFH 60er	EFH 90er
Heizung	Luftwärmepumpe außen	17.030 €	17.030 €
Dach	Dämmung 24 cm	32.977 €	38.008 €
Außenwand	Dämmung 18 cm	35.531 €	37.699 €
Kellerdecke	Dämmung 10 cm	6.115 €	7.044 €
Fenster	3-fach Verglasung, Kunststoffrahmen	18.114 €	20.901 €

Sowieso-Kosten	EFH 60er	EFH 90er
Sowieso-Kosten Gebäudehülle	45.249 €	50.217 €
Sowieso-Kosten Heizungsanlage	9.374 €	5.200 €

Förderung	EFH 60er	EFH 90er
Förderung für Sanierung	27.442 €	30.171 €

Gesamt Investitionskosten und Förderungen	EFH 60er	EFH 90er
Kosten Sanierungsmaßnahmen	109.768 €	120.683 €
Sowieso-Kosten	54.623 €	55.417 €
Förderung	27.442 €	30.171 €
Effektive energetische Sanierungskosten	27.702 €	35.094 €

3.6 Weitere Annahmen: Technische Lebensdauer, Betriebskosten und Zinssätze

Für die Investitionsentscheidungen unterstellen wir eine Diskontierungsrate von 2,5 %. Der hier betrachtete Zeitraum für die Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen liegt bei 20 Jahren.

Darüber hinaus werden eine Reihe von weiteren Annahmen zu Kosten, CO₂-Gehalt der Energieträger und Wirkungsgrade der Gas- und Ölheizungen sowie die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe angenommen.

Für die Wärmepumpen wird angenommen, dass der Strom vollständig aus dem Stromnetz bezogen wird. Der CO₂-Gehalt des Stroms basiert auf EWI (2022) und sinkt über die Zeit aufgrund der zunehmenden Stromerzeugung aus EE.

Für die Energieträger Gas und Öl wird keine Beimischung von synthetischen Brennstoffen angenommen, sodass die Emissionsfaktoren der fossilen Brennstoffe über die Zeit konstant bleiben.

Eine Investition wird im Folgenden als „rentabel“ bezeichnet, wenn der Nettogegenwartswert der Investition positiv ist. Das bedeutet, dass die prognostizierten Kosteneinsparungen, die durch die Investition in die energetische Sanierung und den Heizungsaustausch erzielt werden, die erwarteten Kosten innerhalb des betrachteten Zeitraums übersteigen.

Parameter	Annahme	Quelle
Betrachtungszeitraum	20 Jahre	
Diskontierungssatz	2,5 %	ITG (2016)

Parameter	Wärmepumpe	Gasheizung	Ölheizung	Quelle
Wartungskosten [EUR ₂₀₂₂ /a]	183,6	210,8	244,8	ITG (2016) und Skalierung mit dem Baukostenindex (BKI, 2022)
Instandhaltungskosten [EUR ₂₀₂₂ /a]	282,24	189,04	258,4	
Betriebskosten [EUR ₂₀₂₁ /a]	-	39,44	108,8	
CO ₂ -Gehalt [kg CO ₂ /kWh]	basierend auf EWI (2021)	0,201	0,266	DEHSt (2020)
Heizwert Heizöl [kWh/l]	-	-	9,985	
Wirkungsgrad	-	75 %	90 %	BMWK (2022a)
Jahresarbeitszahl	3,5	-	-	ITG (2016)

4. Ergebnisse

4.1 Einsparungen beide Fallbeispiele

4.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 60er Jahre

Energie- und Betriebskosten

Gesamtkosten

4.3 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 90er Jahre

Energie- und Betriebskosten

Gesamtkosten

4.4 CO₂-Vermeidungskosten bei einer energetischen Sanierung für beide Fallbeispiele

4.5 Sensitivitätsrechnung „geringere Sanierungstiefe“: Vergleich EH 55 EE und EH 85 EE

4.1 Einsparungen bei einer energetischen Sanierung für beide Fallbeispiele

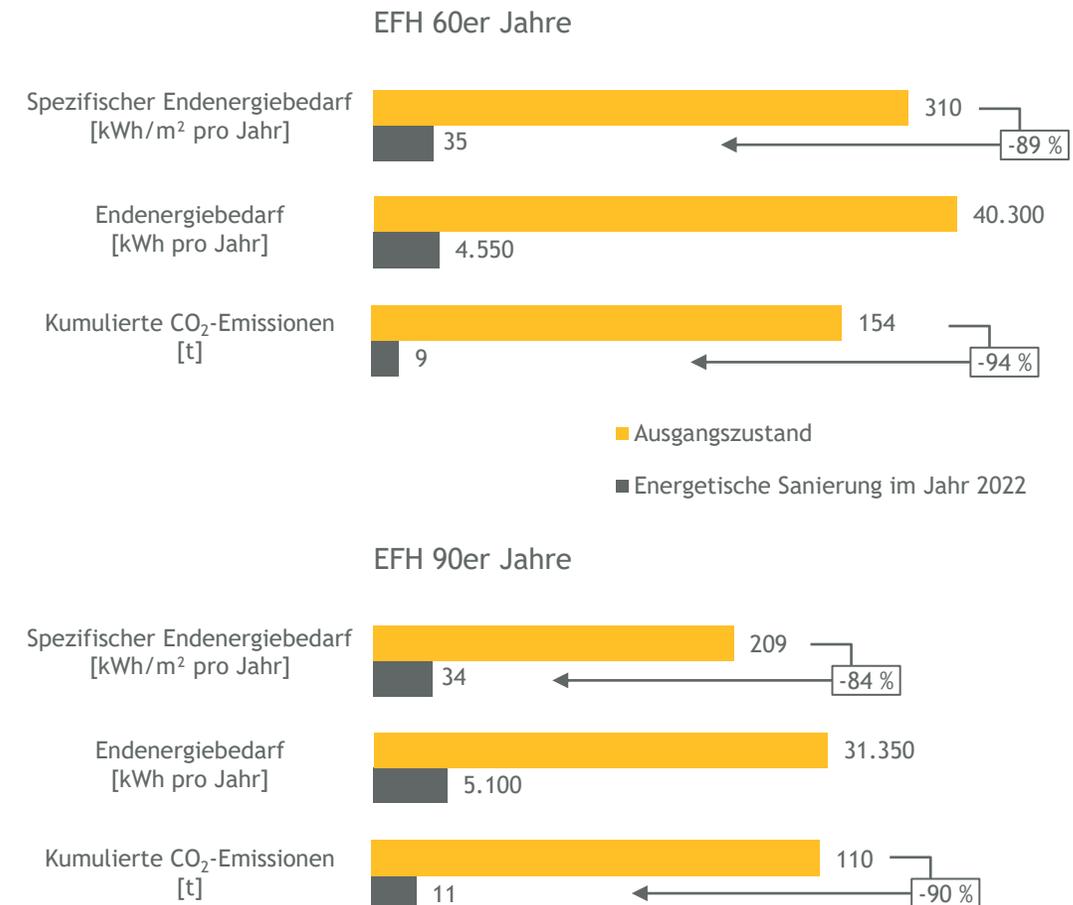
Der spezifische Endenergiebedarf des EFH 60er Jahre ist mit 310 kWh/m² pro Jahr fast um ein Drittel höher als der des EFH 90er Jahre. Das liegt einerseits an dem schlechteren Ausgangszustand des Hauses. Andererseits wohnen in dem EFH 60er Jahre 4 Personen, im EFH 90er Jahre nur 3 Personen.

Durch die energetische Sanierung und den Austausch der Heizungsanlage zu einer Wärmepumpe sinkt der spezifische Endenergiebedarf um 89 % im Falle des EFH 60er Jahre und um 84 % beim EFH 90er Jahre. Für beide Beispielhäuser wird im Zuge der energetischen Sanierung eine Wärmepumpe eingebaut, sodass ein Energieträgerwechsel von Gas bzw. Öl zu Strom erfolgt.

Sowohl der Energieträgerwechsel als auch die Reduktion des Endenergiebedarf führen zu einer Einsparung von CO₂. Für den Betrieb einer Wärmepumpe wird die durchschnittliche Emissionsintensität des deutschen Strommixes herangezogen. Hierbei besteht eine starke Abhängigkeit von dem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung, wobei eine zunehmende Erzeugung aus EE im Zeitverlauf basierend auf EWI (2021) angenommen wird.

Für das EFH 60er Jahre ergibt sich durch die energetische Sanierung eine **Einsparung** von 145 t CO₂ über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Für das EFH 90er Jahre beträgt die Menge an eingesparten CO₂-Emissionen knapp 100 t CO₂.*

* Im Falle des EFH 90er Jahre wird angenommen, dass ohne energetische Sanierungen die bestehende Heizungsanlage das Ende der Lebensdauer im Jahr 2035 erreicht und eine Wärmepumpe als Ersatzinvestition eingebaut wird. Ab 2035 wird entsprechend die CO₂-Intensität des Strommixes für die Berechnungen der kumulierten CO₂ Emissionen ohne energetische Sanierung verwendet.



4.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 60er Jahre: Energie- und Betriebskosten

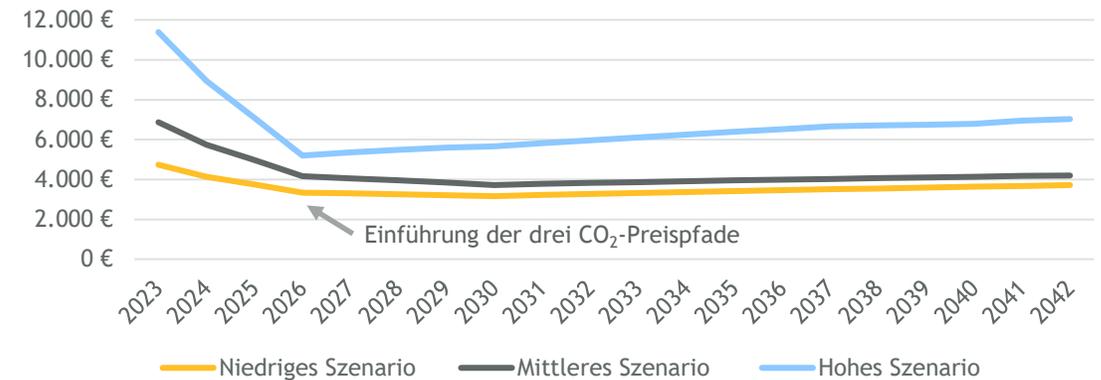
Für den Fall, dass keine energetische Sanierung durchgeführt wird (obere Abbildung), werden die jährlichen Energie- und Betriebskosten von der Entwicklung der Gaspreise sowie den CO₂-Kosten bestimmt. Beim Ausbleiben der energetischen Sanierung erfolgt für das EFH 60er Jahre im Jahr 2023 die Ersatzinvestition in eine neue Gasheizung. Die Ersatzheizung hat einen höheren Effizienzgrad und einen daraus resultierenden geringeren Gasbedarf (Reduktion um 6 %). Durch die gleichzeitig steigenden Gas- und CO₂-Preise resultiert daraus langfristig jedoch keine Kostenersparnis.

Ab 2027 werden für den CO₂-Preis drei verschiedene Preisszenarien angenommen, sodass sich hier die Szenarien ab 2027 zusätzlich durch den unterschiedlichen Anstieg des CO₂-Preises unterscheiden.

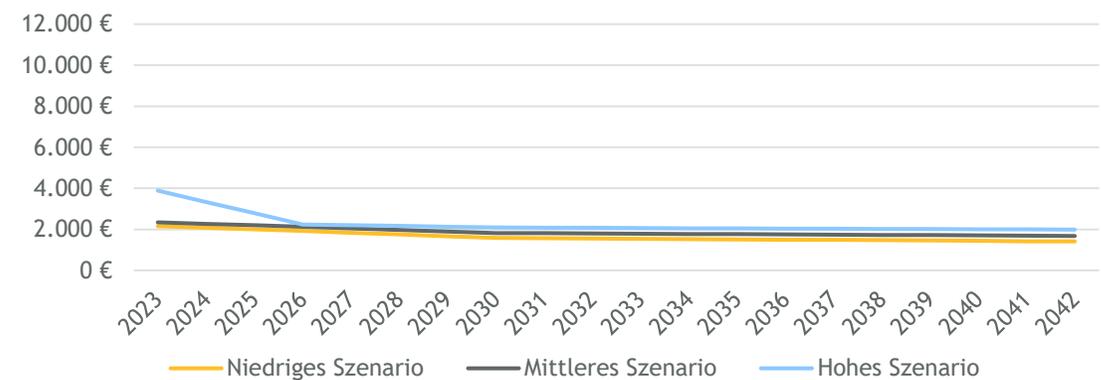
Die jährlichen Energie- und Betriebskosten bei der Investition in die energetischen Sanierungsmaßnahmen (untere Abbildung) sind niedriger als ohne die energetische Sanierung. Dies liegt zum einen am niedrigeren Endenergiebedarf und zum anderen an der effizienten Wärmepumpe. Aufgrund der Nutzung der Wärmepumpe sind die Kosten maßgeblich vom Strompreis abhängig.

Zusätzlich ist zu sehen, dass auch bei unterschiedlichen Annahmen zur Strompreisentwicklung, hier abgebildet durch die Szenarien, die Energie- und Betriebskosten nach der energetischen Sanierung recht nah beieinander liegen. Die Anfälligkeit auf Energiepreisschwankungen sinkt also durch die energetische Sanierung und eine höhere Kostensicherheit besteht.

Jährliche Energie- und Betriebskosten für die drei Preisszenarien
ohne energetische Sanierung



mit energetischer Sanierung im Jahr 2023



4.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 60er Jahre: Gesamtkosten

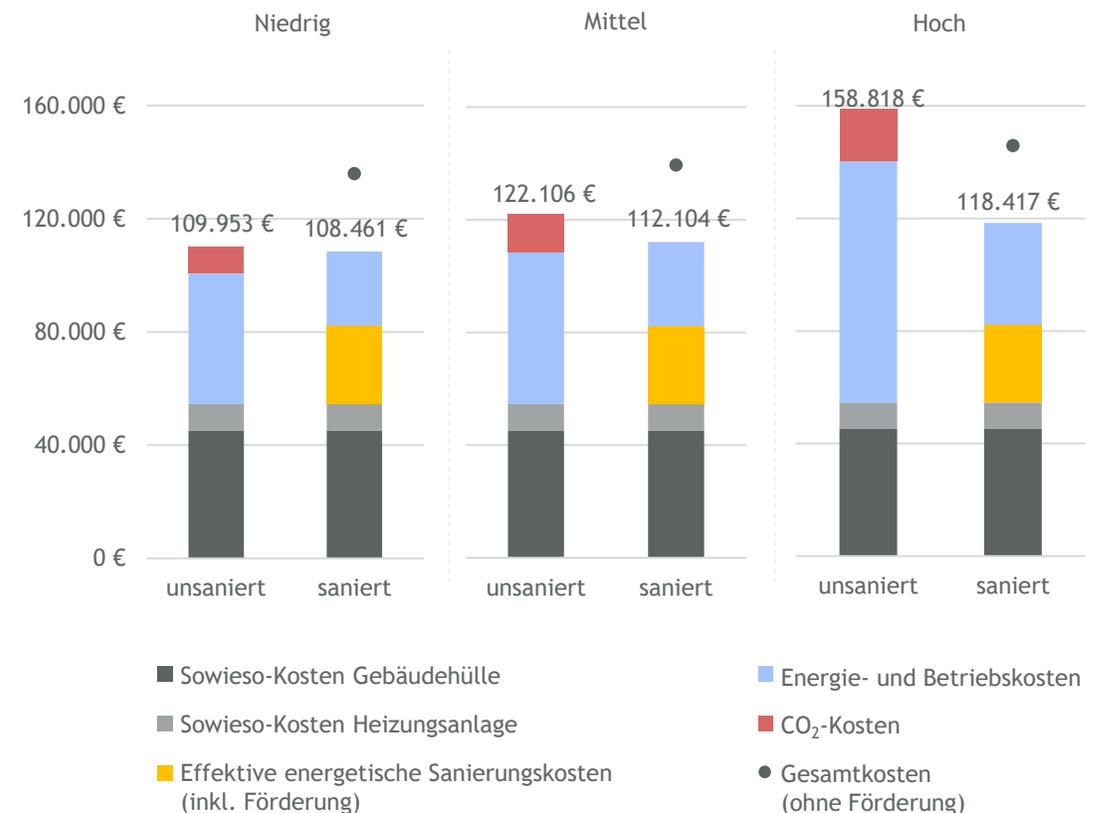
Die Berechnungen zeigen, dass mit der bestehenden Förderung und den angenommenen Sowieso-Kosten die **Investitionen in allen Preisszenarien** für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren **rentabel** sind. Für das niedrige Preisszenario sind die Gesamtkosten über die 20 Jahre mit und ohne eine energetische Sanierung fast identisch hoch. Besonders deutlich sind die Einsparungen nach einer Sanierung bei den Energie- und Betriebskosten zu sehen. Das liegt an dem sinkenden Endenergiebedarf nach der Sanierung. Zusätzliche Einsparungen bei einer Sanierung entstehen durch den Wegfall der CO₂-Kosten.

Für das niedrige Preisszenario wird der **Break-even** im Jahr **2041** erreicht. Für das **mittlere Preisszenario** wird der Break-even bei einer energetischen Sanierung vier Jahre früher erreicht (**2037**) und für das **hohe Preisszenario** im Jahr **2031**.

Der Break-even gibt die Gewinnschwelle an. An diesem Punkt sind die diskontierten Gesamtkosten der Sanierung (Energie- und Betriebskosten und Investitionskosten) genauso hoch wie die Gesamtkosten ohne eine Sanierung.

Es wird deutlich, dass mit steigendem Preispfad die Rentabilität der Sanierungsmaßnahmen ansteigt. Dazu trägt auch der Anstieg des CO₂-Preises bei. Bei dem niedrigen und mittleren Preisszenario ohne Berücksichtigung der bestehenden Förderungen übersteigen die Gesamtkosten einer energetischen Sanierung die Gesamtkosten ohne eine Sanierung. Bei dem hohen Preisszenario sind die Gesamtkosten ohne Förderung sowohl mit als auch ohne eine energetische Sanierung in etwa gleich hoch.

Vergleich Gesamtkosten über 20 Jahre mit und ohne Sanierung* für die drei Energiepreisszenarien niedrig, mittel und hoch



* Diskontierungsfaktor: 2,5 %

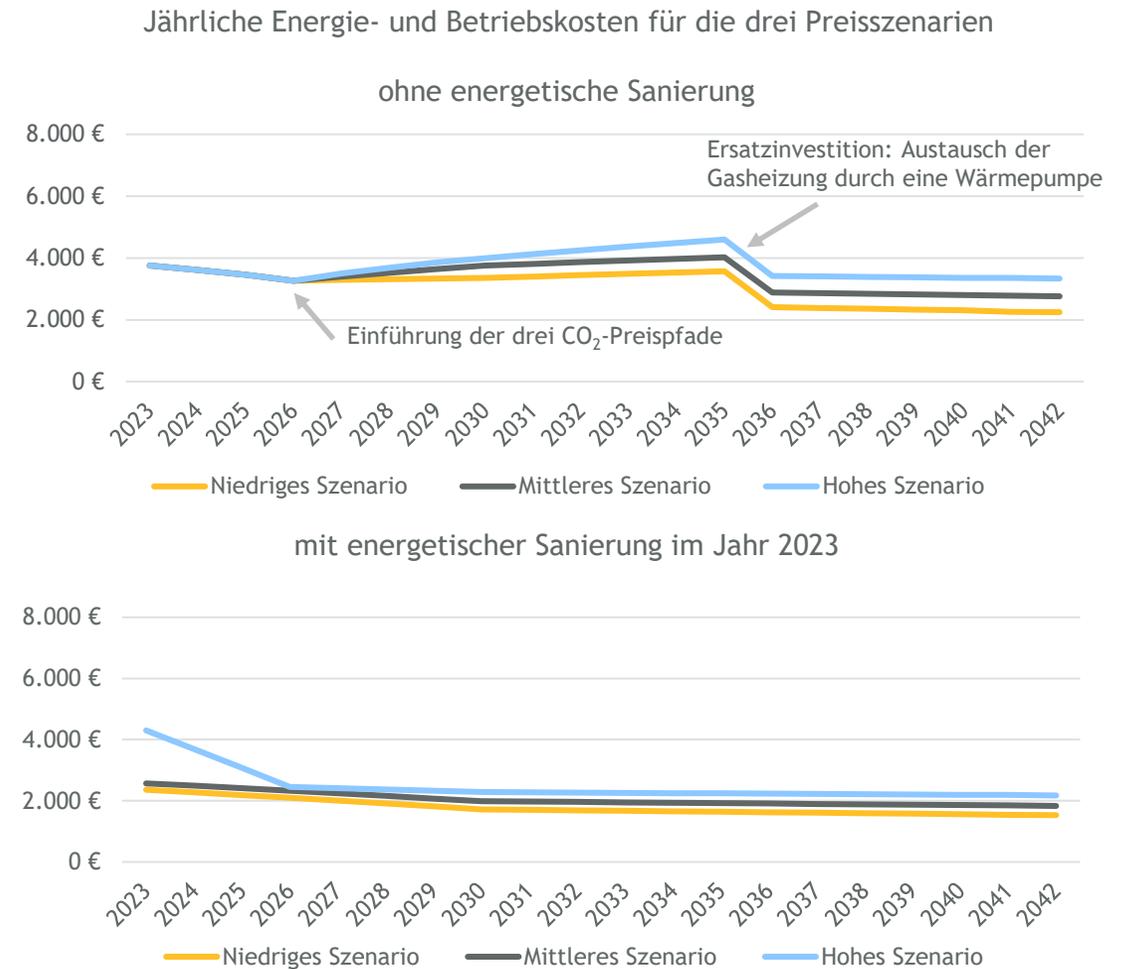
4.3 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 90er Jahre: Energie- und Betriebskosten

Die jährlichen Betriebs- und Energiekosten der drei Preisszenarien ohne eine Sanierung (obere Abbildung) unterscheiden sich bis zum Jahr 2026 nicht, da für den Ölpreis nur ein Preisszenario besteht. Ab 2027 werden drei verschiedene CO₂-Preisszenarien betrachtet, da ab 2027 der Preiskorridor im nEHS entfällt, sodass die Zertifikate einer freien Preisbildung unterliegen (siehe Kapitel 3.3).

Im Falle keiner Sanierung erfolgt im Jahr 2035 der Austausch der Ölheizung und die damit verbundene Ersatzinvestition in eine Wärmepumpe. Durch die Ersatzinvestition in eine Wärmepumpe bestimmt ab 2036 der Strompreis je Szenario in Abhängigkeit des Endenergiebedarfs die jährlichen Energiekosten. Durch einen geringeren Endenergiebedarf und den Wegfall des CO₂-Preises sinken die Energie- und Betriebskosten im Jahr 2036.

Für das EFH 90er Jahre sind die jährlichen Energie- und Betriebskosten nach Durchführung der energetischen Sanierungsmaßnahmen durch die Nutzung einer Wärmepumpe ebenfalls maßgeblich vom Strompreis abhängig (untere Abbildung). Genau wie beim EFH 60er Jahre sinkt der Endenergiebedarf durch die energetische Sanierung und durch die Nutzung der effizienten Wärmepumpe, sodass die Energiekosten nach Durchführung der Sanierungsmaßnahmen sinken.

Auch bei dem Fallbeispiel EFH 90er Jahre ist zu sehen, dass durch die energetische Sanierung die Anfälligkeit von Energiepreisschwankungen sinkt und eine höhere Kostensicherheit besteht. Die Differenz der jährlichen Energie- und Betriebskosten mit und ohne energetische Sanierung ist jedoch durch die Ersatzinvestition in eine Wärmepumpe ab dem Jahr 2036 deutlich geringer.



4.3 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit EFH 90er Jahre: Gesamtkosten

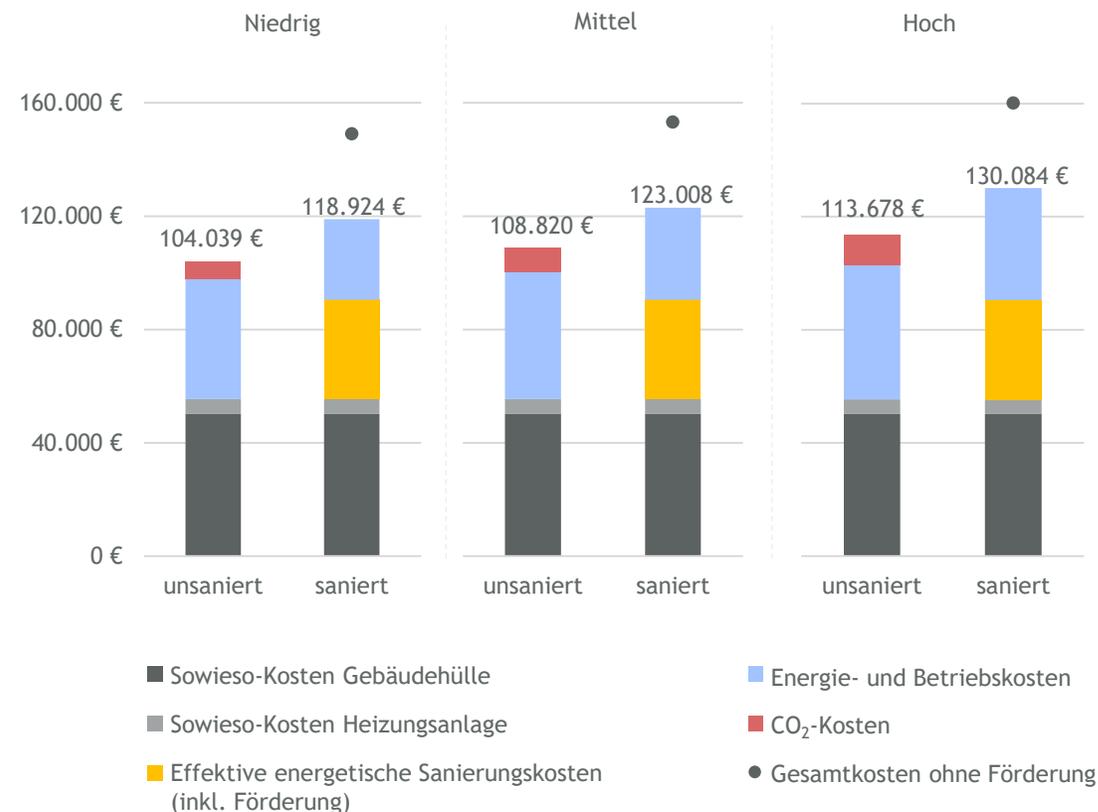
Das Fallbeispiel EFH 90er Jahre zeigt, dass mit der bestehenden Förderung und den angenommenen Sowieso-Kosten die **Investitionen in allen drei Preisszenarien** (niedrig, mittel, hoch) für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren **nicht rentabel** sind. Es ist zwar deutlich zu sehen, dass die Energie- und Betriebskosten nach den Sanierungsmaßnahmen niedriger sind als ohne diese, allerdings sind die Einsparungen für die Rentabilität unzureichend.

Das EFH 90er Jahre hat im Vergleich zum EFH 60er Jahre einen leicht besseren energetischen Ausgangszustand, sodass hier die Einsparungen geringer sind. Die Einsparungen der CO₂-Kosten und der Energie- und Betriebskosten durch eine energetische Sanierung inkl. Einbau einer Wärmepumpe kompensieren nicht die Kosten für die Maßnahmen.

Das Kostendelta für das niedrige Preisszenario liegt bei ca. 14.900 € inkl. der betrachteten Förderungen. Im hohen Preisszenario beträgt die Kostendifferenz ca. 16.400 €.

Für alle Preisszenario und die betrachtete Förderung wird somit der **Break-even** einer energetischen Sanierung für dieses beispielhafte Einfamilienhaus **nicht innerhalb der betrachteten 20 Jahre** erreicht. Je nach Bundesland und Kommune existieren allerdings zusätzliche Förderprogramme, die kumuliert werden können.

Vergleich Gesamtkosten über 20 Jahre mit und ohne Sanierung* für die drei Energiepreisszenarien niedrig, mittel und hoch



* Diskontierungsfaktor: 2,5 %

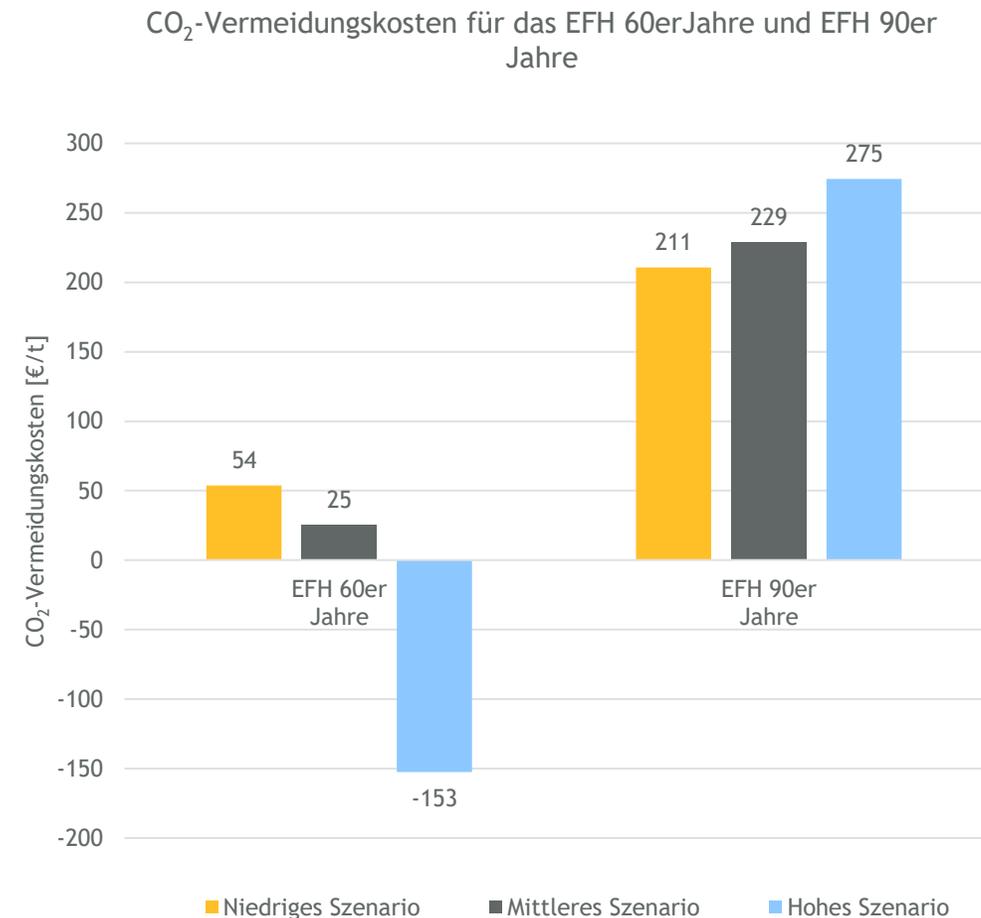
4.4 CO₂-Vermeidungskosten bei einer energetischen Sanierung für beide Fallbeispiele

Die CO₂-Vermeidungskosten beschreiben die Kosten, die für die Reduzierung einer Tonne CO₂ gegenüber dem Referenzfall anfallen. Je niedriger die CO₂-Vermeidungskosten ausfallen, desto kostengünstiger kann CO₂ reduziert werden.

Die CO₂-Vermeidungskosten fallen im EFH 60er Jahre geringer aus als im EFH 90er Jahre, weil das EFH 60er Jahre eine wesentlich schlechtere energetische Ausgangslage aufweist. Beide Häuser werden zu vergleichbaren Kosten auf einen vergleichbaren Sanierungsstand modernisiert. Daher führt die getätigte Investition im EFH 60er Jahre zu einer größeren Ersparnis an CO₂-Emissionen und schließlich zu geringeren CO₂-Vermeidungskosten.

In dem hohen Preisszenario für das EFH 60er Jahre ergeben sich negative CO₂-Vermeidungskosten. Das bedeutet, dass die eingesparten Betriebs- und Energiekosten im Betrachtungszeitraum höher sind als die Investitionskosten. In diesem Fall entstehen Minderkosten in Höhe von 153 €/t gegenüber dem Fall, in dem keine energetische Sanierung durchgeführt wird. Die energetische Sanierung ist aber auch im niedrigen und mittleren Preisszenario trotz positiver CO₂-Vermeidungskosten (nahezu) rentabel, da der angenommene CO₂-Preis die CO₂-Vermeidungskosten übersteigt.

Für die energetischen Sanierungsmaßnahmen des EFH 90er Jahre ergeben sich CO₂-Vermeidungskosten zwischen 211 und 275 €/t. Die CO₂-Vermeidungskosten der Sanierungsmaßnahmen des EFH 90er Jahre steigen mit einem höheren Preisszenario an. Der Nettogegenwartswert (ohne die CO₂-Kosten) sinkt über die drei Preisszenarien immer mehr (im negativen Bereich).

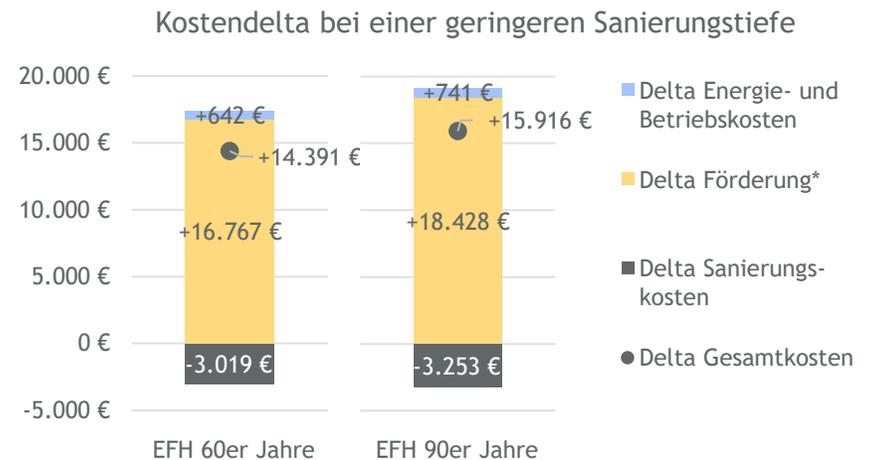
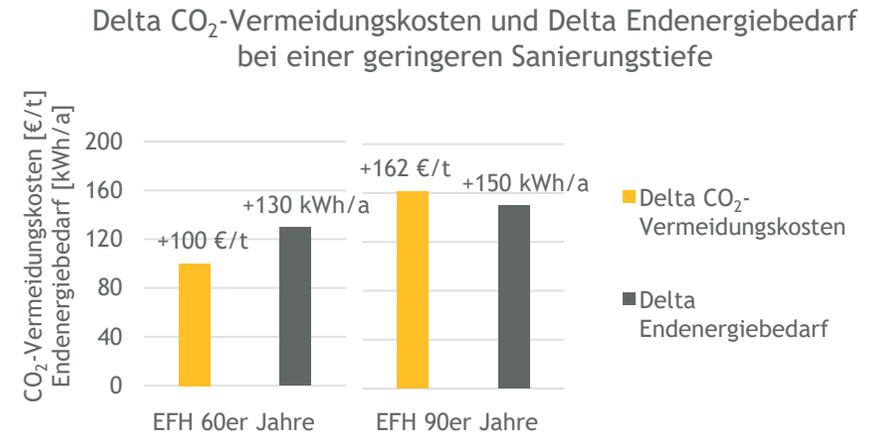


4.5 Sensitivitätsrechnung „geringere Sanierungstiefe“: Vergleich EH 55 EE und EH 85 EE

Grundsätzlich muss vor jeder Sanierung die Entscheidung gefällt werden, in welchem Umfang und mit welcher Tiefe saniert werden soll. Je nach Sanierungstiefe ergeben sich andere Investitionskosten und Einsparungen. Im Folgenden wird analysiert, wie sich die Gesamtkosten, der Endenergiebedarf und die CO₂-Vermeidungskosten der betrachteten Beispielhäuser verändern, wenn durch die Sanierung nicht die KfW-EH 55 EE-Klasse (Effizienzhaus 55) erreicht wird sondern die KfW-EH 85 EE-Klasse (Effizienzhaus 85).

Für beide EFH gilt, dass bei einer geringeren Sanierungstiefe die CO₂-Vermeidungskosten höher sind. Die CO₂-Vermeidungskosten steigen mit der geringeren Sanierungstiefe, da die Gesamtkosten steigen (s.u.) und die CO₂-Vermeidung aufgrund des höheren Endenergiebedarfs sinkt. Für das EFH 60er Jahre steigen die CO₂-Vermeidungskosten bei einer Reduzierung der Sanierungstiefe auf ein Effizienzhaus 85 um 100 €/t, für das EFH 90er Jahre um 162 €/t.

Dabei werden die gleichen Sanierungsmaßnahmen angenommen, lediglich die Dämmstoffdicke ist eine geringere. Hierdurch ergeben sich andere Investitionskosten (für weitere Details siehe Anhang „Sanierungskosten: KfW-EH 85 EE-Standard“). Die Sensitivitätsberechnung erfolgt für das mittlere Preisszenario. Trotz geringerer Kosten der Sanierungsmaßnahmen aufgrund der geringeren Sanierungstiefe steigen die effektiven energetischen Sanierungskosten, da die Förderung für ein Effizienzhaus 85 um 15 % niedriger ist. Durch die geringere Sanierungstiefe und den höheren Endenergiebedarf steigen zudem die Energiekosten. Die Sowieso-Kosten bleiben gleich, da diese unabhängig von der Sanierungstiefe sind. Die Gesamtkosten steigen somit bei der hier betrachteten geringeren Sanierungstiefe, sodass sich die Sanierung auf ein Effizienzhaus 85 später rentiert, als die Sanierung auf ein Effizienzhaus 55.



* Mehrkosten durch reduzierte Förderung bei einer geringeren Sanierungstiefe

5. Steckbriefe der Beispielhaushalte

Beispielrechnung zur energetischen Sanierung von Einfamilienhäusern - EFH 60er Jahre

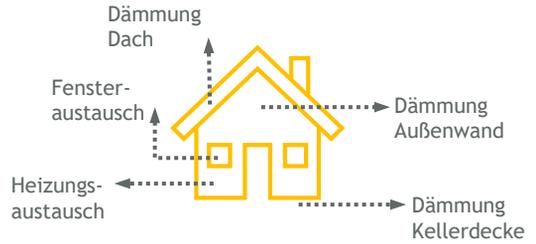
🏠 Ausgangssituation

EFH 60er Jahre



Freistehendes **unsaniertes** Einfamilienhaus mit 130 m² beheizter Wohnfläche, **Gasheizung**, Baujahr 1960, bewohnt von 4 Personen.

🔧 Sanierungsvorhaben



🏠 Einsparungen

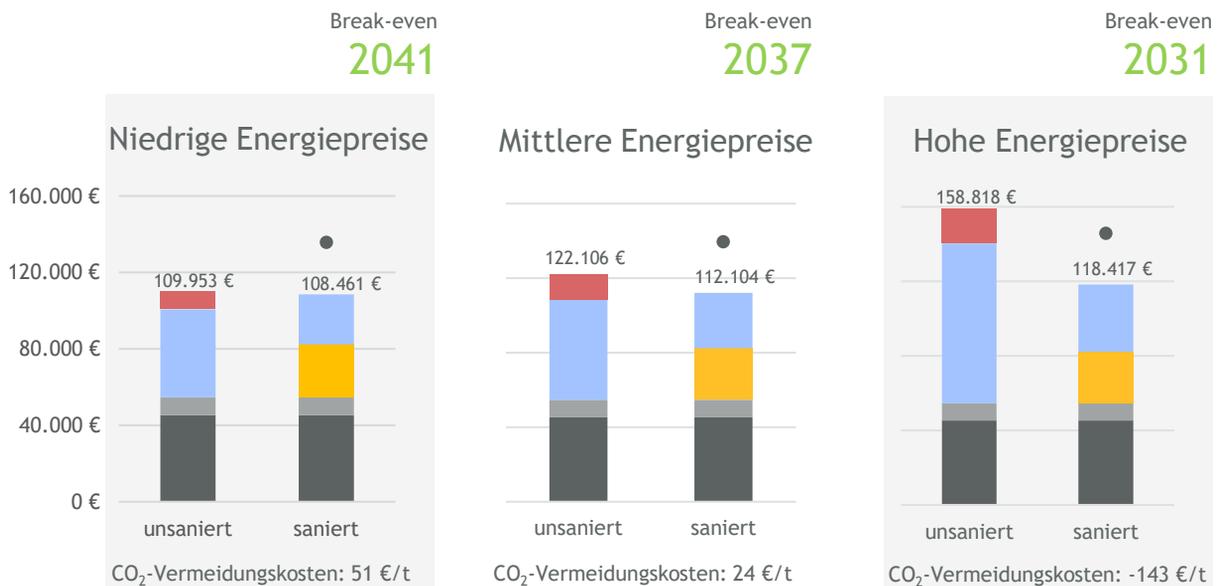
Keine energetische Sanierung

Energetische Sanierung im Jahr 2023



📊 Wirtschaftlichkeit

Gesamtkosten** über 20 Jahre



- Sowieso-Kosten
- Energie- und Betriebskosten
- Ersatzinvestitionen
- CO₂-Kosten
- Energetische Sanierungskosten
- Gesamtkosten ohne Förderung

* CO₂-Emissionen bei der Verwendung von strombetriebenen Wärmepumpen werden entsprechend der CO₂-Intensität des Strommixes berechnet.

** Diskontierungsfaktor: 2,5%

Beispielrechnung zur energetischen Sanierung von Einfamilienhäusern - EFH 90er Jahre

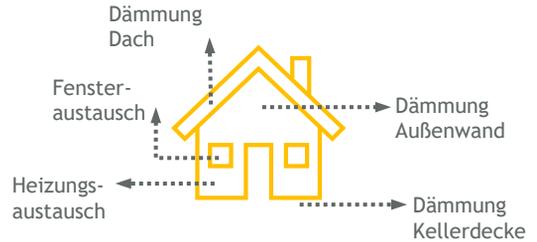
🏠 Ausgangssituation

EFH 90er Jahre



Freistehendes unsaniertes Einfamilienhaus mit 150 m² beheizter Wohnfläche, Ölheizung, Baujahr 1990, bewohnt von 3 Personen.

🔨 Sanierungsvorhaben



🏠 Einsparungen

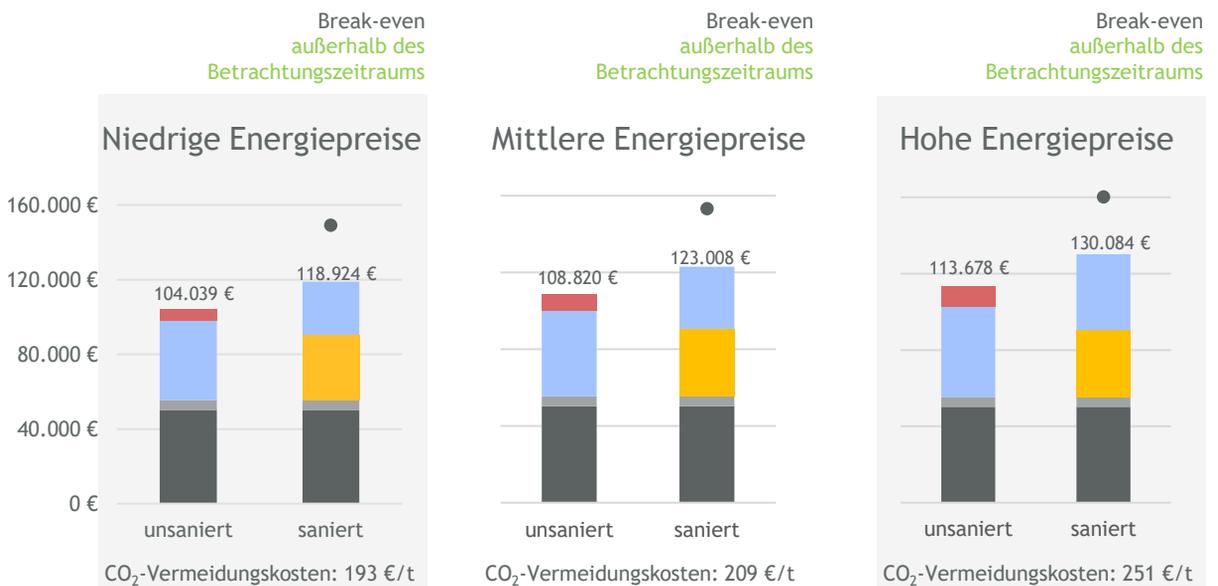
Keine energetische Sanierung

Energetische Sanierung im Jahr 2023



📊 Wirtschaftlichkeit

Gesamtkosten** für den Zeitraum 2023-2042 (20 Jahre)



- Sowieso-Kosten
- Ersatzinvestitionen
- Energetische Sanierungskosten
- Energie- und Betriebskosten
- CO₂-Kosten
- Gesamtkosten ohne Förderung

* CO₂-Emissionen bei der Verwendung von strombetriebenen Wärmepumpen werden entsprechend der CO₂-Intensität des Strommixes berechnet.

** Diskontierungsfaktor: 2,5%

6. Fazit & Diskussion

Diskussion der Ergebnisse & Takeaways

Der vorliegende Bericht untersucht für zwei Beispielhäuser, ob sich die energetische Sanierung wirtschaftlich lohnt unter Berücksichtigung von diversen Preisentwicklungen, Sanierungskosten, Fördermitteln und Sowieso-Kosten.

In unseren Berechnungen lohnt sich die energetische Sanierung unter Berücksichtigung der Fördergelder für das 1960er Haus in allen Preisszenarien. Es ist erkennbar, dass eine energetische Sanierung bei den aktuell gegebenen Sanierungskosten ohne finanzielle Förderung nur in wenigen Fällen wirtschaftlich rentabel ist. Das 1960er Haus bietet tendenziell eine günstige Ausgangslage für energetische Sanierungsmaßnahmen, da es einen schlechten energetischen Sanierungsstand hat und auch Routinearbeiten demnächst anstehen.

Für das 1990er Haus sind die energetischen Sanierungsmaßnahmen in keinem der Preisszenarien wirtschaftlich, sodass auch kein CO₂ kostengünstig vermieden werden kann. Dieses Haus hat eine energetisch bessere Ausgangslage als das andere Beispielhaus, weswegen sich die energetischen Sanierungsmaßnahmen relativ gesehen weniger stark auf den Endenergiebedarf auswirken. Die Kosteneinsparungen sind daher auch bei Berücksichtigung der Förderungen und der Sowieso-Kosten nicht hoch genug, um die Kosten der Sanierungsmaßnahmen zu decken.

Die Rentabilität steigt grundsätzlich mit der Höhe der angenommenen Energiepreise in der Zukunft. Dabei spielen zwei Effekte eine zentrale Rolle:

1. Preisunterschied zwischen Strom und konventioneller Energie: Zum einen ist der Unterschied zwischen den Energiepreisen zu betrachten. In diesem Fall sind es der Strompreis und der effektive Preis (inklusive eines CO₂-Preises) des Ausgangsenergieträgers, also Erdgas und Erdöl. Dieser Preisunterschied beeinflusst, ob sich ein Wechsel des Energieträgers (der Einbau einer Wärmepumpe) lohnt.

2. Allgemeines Preisniveau Energie: Zum anderen ist das allgemeine Preisniveau aller relevanten Energieträger zu betrachten. Das allgemeine Preisniveau von Energie beeinflusst ebenfalls, ob sich eine Heizungsaustausch lohnt, da Wärmepumpen grundsätzlich weniger Energie verbrauchen. Die Kostenersparnis durch die Wärmepumpe ist um so größer, je höher das allgemeine Preisniveau ist, auch bei gleichbleibender Preisdifferenz. Das allgemeine Preisniveau bestimmt zudem maßgeblich die Wirtschaftlichkeit der energetischen Sanierungsmaßnahmen. Es zeigt sich, dass eine energetische Sanierung eine Absicherung gegenüber zukünftig steigenden Energiepreisen darstellt. Die Volatilität der Betriebskostenausgaben ist nach einer Sanierung geringer, aufgrund des sinkenden Energiebedarfs. Somit zeigt sich eine absichernde Wirkung von Sanierungsmaßnahmen gegenüber unsicheren Zukunftsprognosen.

Es zeigt sich außerdem, dass ein CO₂-Preis (auf konventionelle Energie im Gebäudesektor) einen wesentlichen Einfluss auf den Preisunterschied zwischen Strom und Erdgas/Heizöl und damit einen Beitrag zum Umstieg der Wärmeversorgung auf den klimafreundlicheren Energieträger Strom leisten kann. Ebenfalls trägt der CO₂-Preis dazu bei, dass sich Sanierungsmaßnahmen schneller rentieren. Auch die Rolle von Fördermaßnahmen für die Rentabilität von energetischen Sanierungsmaßnahmen wird anhand der Berechnungen deutlich. Die energetische Sanierung ohne Fördergelder lohnt sich nur für das energetisch schlechter dastehende EFH 60er Jahre, und nur unter dem hohen Preisszenario.

Diskussion der Annahmen

In dieser Studie wurde eine Reihe von Annahmen getroffen, um die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen bestimmen zu können. Einige dieser Annahmen sind zentral für die Berechnungen und können die Ergebnisse teilweise erheblich beeinflussen. In der Literatur sind derartige Berechnungen grundsätzlich knapp, weswegen auch explizite Untersuchungen der Auswirkungen dieser Annahmen, beispielsweise Studien mit ausgiebigen Sensitivitätsrechnungen unseres Wissens nach knapp sind. An dieser Stelle werden die kritischen Annahmen gelistet sowie deren Bedeutung für die Rechnung kurz eingeordnet.

Preisentwicklungen

Die Preisentwicklungen determinieren, ob sich eine energetische Sanierung lohnt. Diesem Umstand sind wir nachgekommen, in dem wir mehrere Energiepreispfade angenommen haben und die Ergebnisse für die Pfade verglichen haben. Dies kann jedoch nicht die vollständige Unsicherheit bezüglich der Preise abdecken. Dies liegt auch daran, dass sich Endkundenpreise aus diversen Komponenten wie Netzentgelten, Großhandelspreisen, Steuern, Abgaben und Umlagen zusammensetzen, deren Entwicklungen jeweils prinzipiell mit Unsicherheit behaftet sind. Preise von Sanierungskosten wurden Studien entnommen, die jedoch nicht auf dem aktuellen Stand sind. Die Preiskomponenten wurden anhand des Baupreisindex auf heutige Werte aufgezinnt (BMWK, 2022b; BKI, 2022). Die so ermittelten Daten wurden mit verschiedenen aktuellen Quellen abgeglichen. Aktuell steigen Sanierungskosten wieder sehr stark, diese höchstaktuellen Entwicklungen können in der Studie nicht abgebildet werden.

Förderung

Es ist nicht endgültig bestimmbar, welche Förderungsstufe im KfW-Förderprogramm durch die Sanierung erreicht wird und dementsprechend, wie hoch die finanzielle Förderung ausfällt. Ohne ein KfW Referenzgebäude ist eine eindeutige Zuordnung nicht möglich. Es kann lediglich auf Grundlage der Sanierungstiefe abgeschätzt werden, welche KfW-Förderstufe erreicht wird. Eine höhere zugrunde gelegte Förderquote würde die Sanierungen deutlich rentabler machen und umgekehrt.

Sowieso-Kosten

Die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen hängt wesentlich von der Höhe der angenommenen Sowieso-Kosten ab. Die Höhe von Sowieso-Kosten hat wiederum eine Reihe von Determinanten, deren Untersuchung außerhalb des Rahmens dieser Analyse liegt. Beispielsweise hängen die Kosten vom Zeitpunkt der Notwendigkeit von (nicht-energetischen) Sanierungsmaßnahmen ab. Wenn beispielsweise eine Sanierung erst in 10 Jahren notwendig wäre, dann fallen die Sowieso-Kosten geringer aus. Es lässt sich festhalten, dass die Bausubstanz, -qualität, der persönliche Anspruch und viele weitere Aspekte die (reale) Höhe von Sowieso-Kosten bestimmen.

Diskontierungsraten

Die Höhe der Diskontierungsrate von Privathaushalten wird in der Literatur ausgiebig empirisch untersucht. Die Werte variieren jedoch stark und eine höhere Diskontierungsrate führt dazu, dass sich Investitionen weniger lohnen.

Fazit

Mit Hilfe von energetischen Sanierungen kann ein erheblicher Anteil der deutschen CO₂-Emissionen eingespart werden. Sie verringern den Energieverbrauch in Wohngebäuden, der einen großen Posten in der Klimabilanz Deutschlands ausmacht, bei gleichbleibendem Erhalt erreichter Temperaturen. Damit energetische Sanierungen großflächig von Privathaushalten umgesetzt werden, müssen sich die Sanierungsmaßnahmen für Eigentümerinnen rechnen. Diese Studie stellt einen Beitrag zur Debatte dar, ob und inwiefern sich energetische Sanierungen für Privathaushalte lohnen.

Die Vorliegende Studie zeigt

- Energetische Sanierungsmaßnahmen sind für das EFH 60er Jahre in allen drei Preisszenarien innerhalb des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren rentabel. Für das EFH 90er Jahre rentiert sich die Investition in eine energetische Sanierung in keinem Preisszenario für den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.
- Die Rentabilität von Sanierungsmaßnahmen steigt mit der Sanierungstiefe. Das liegt an dem geringen Anstieg der Sanierungskosten bei einer tieferen Sanierung im Vergleich zu dem hohen Anstieg der Förderung.
- Für die politisch angestrebte Steigerung der Sanierungsraten sind weitere Maßnahmen nötig. Das könnten beispielsweise ordnungspolitische Maßnahmen wie eine Sanierungspflicht bei Eigentumswechsel oder die Einführung von Differenzverträgen zur Absicherung von CO₂-Preisschwankungen sein. Wichtig ist, dass dabei stets die Sozialverträglichkeit mitgedacht wird.

Was bleibt offen?

- In dieser Studie wurde der Fall von selbstgenutztem Wohneigentum betrachtet. Mietobjekte und Nicht-Wohngebäude wurden hierbei ausgeklammert, da diese Aspekte gesondert betrachtet werden müssen.
- Es gibt je nach Bundesland oder Kommune weitere Förderungen, die kumuliert mit der BEG anwendbar sind. Hierbei bestehen in der Regel Voraussetzungen wie Einkommensgrenzen, sodass vor allem einkommensschwache Eigenheimbesitzerinnen von höheren Fördersätzen profitieren können. Zusätzlich kann berücksichtigt werden, dass durch eine energetische Sanierung eine Wertsteigerung des Gebäudes erzielt wird.
- (Verhaltens-) Ökonomische Phänomene, wie beispielsweise Present Bias, unvollkommene Märkte und Risikoaversion, können zum Ausbleiben von Investitionen führen, die sonst bei Nichtberücksichtigung dieser Phänomene rentable erscheinen. Diese Aspekte bieten Anknüpfungspunkte für weitere Forschungstätigkeiten bezüglich Politikmaßnahmen und Anreizmechanismen im Bereich der Wärmewende.
- Die Wirtschaftlichkeitsberechnung sollte zum Vergleich für weitere Häuser durchgeführt werden, die eine weniger günstige Ausgangslage für Sanierungsmaßnahmen aufweisen. Dies würde auch zum besseren Verständnis beitragen, wie Sanierungsraten erhöht werden können. Zusätzlich sollte auch die Wirtschaftlichkeit von Einzelmaßnahmen wie beispielsweise dem Heizungs austausch im Hinblick auf die Pflicht, dass jede neue Heizung ab 2024 mit mindestens 65 % EE betrieben werden soll, betrachtet werden.

7. Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

BDEW (2022a): BDEW-Gaspreisanalyse April 2022. <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-gaspreisanalyse/>

BDEW (2022b): BDEW-Strompreisanalyse Juli 2022. <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/>

BKI (2022): BKI - Das Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern. <https://bki.de/>

BMWK (2022a): Effizienzklassen-Rechner. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/effizienzklassen-rechner.html>

BMWK (2022b): Sanierungskonfigurator - Deutschland machts effizient. <https://www.sanierungskonfigurator.de/start.php>

BNetzA & Bundeskartellamt (2021): Monitoringbericht 2021.

DEHSt (2020): Standardfaktoren.

dena, ifeu, Prognos, Öko-Institut, Navigant & adelphi (2019): Vorbereitende Untersuchungen zur Erarbeitung einer Langfristigen Renovierungsstrategie nach Art 2a der EU-Gebäuderichtlinie RL 2018/844 (EPBD), August 2019.

DESTATIS (2021a): Gebäude und Wohnungen - Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden Bauabgang von Wohnungen und Wohngebäuden Lange Reihen ab 1969 - 2020.

DESTATIS (2021b): Preisindizes für die Bauwirtschaft

DIW (2019): Wärmemonitor 2018: Steigender Heizenergiebedarf, Sanierungsrate sollte höher sein, DIW Wochenbericht, 36.

en2x (2022): Verbraucherpreise.

Literaturverzeichnis

EWI (2021): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität.

EWI (2022): Szenarien für die Preisentwicklung von Energieträgern.

EWI & FIFo (2019): CO₂-Bepreisung im Gebäudesektor und notwendige Zusatzinstrumente.

IEA (2021) : World Energy Outlook 2021.

ITG (2016): Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im Deutschen Wärmemarkt.

ITG & FIW (2021): Klimaneutralität 2045 - Transformation des Gebäudesektors.

IMK (2022a): Energiepreisschocks treiben Deutschland in die Rezession - Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung 2022/2023. IMK Report Nr. 177.

IMK (2022b): Fiskalische Kosten und Finanzierungsoptionen für Varianten des Gaspreisdeckels. IMK Policy Brief Nr. 134.

IWU (2016): Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016 - Datenerhebung zu den energetischen Merkmalen und Modernisierungsraten im deutschen und hessischen Wohngebäudebestand.

IWU (2016): Einflussfaktoren auf die Sanierung im deutschen Wohngebäudebestand - Ergebnisse einer qualitativen Studie zu Sanierungsanreizen und -hemmnissen privater und institutioneller Eigentümer

KfW (2022): Bundesförderung für effiziente Gebäude. Wohngebäude - Kredit. [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Wohngeb%C3%A4ude-Kredit-\(261-262\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Wohngeb%C3%A4ude-Kredit-(261-262)/)

Literaturverzeichnis

Prognos (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050.

Statista (2022): Durchschnittlicher Verbraucherpreis für leichtes Heizöl in Deutschland in den Jahren 1960 bis 2020.

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2633/umfrage/entwicklung-des-verbraucherpreises-fuer-leichtes-heizoel-seit-1960/#:~:text=Heiz%C3%B6lpreise%20sind%20wie%20Kraftstoffpreise%20wichtige,h%C3%B6chste%20Wert%20im%20abgebildeten%20Zeitraum.>

Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, BDI, dena, PIK & MCC (2022): Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenarien.

UBA (2021): Entwicklung und Zielerreichung der Treibhausgasemissionen in Deutschland.

UBA (2022): Treibhausgasemissionen stiegen 2021 um 4,5 Prozent.

Varian (2010): Intermediate Microeconomics: A Modern Approach.

Verivox (2022a): Verbraucher Atlas: Strompreise in Deutschland. <https://www.verivox.de/strom/verbraucheratlas/strompreise-deutschland/> (abgerufen am 05.10.2022)

Verivox (2022b): Verivox-Verbraucherpreisindex Gas. <https://www.verivox.de/gas/verbraucherpreisindex/> (abgerufen am 30.09.2022)

Anhang

Annahmen Brennstoffpreise und CO₂-Preise

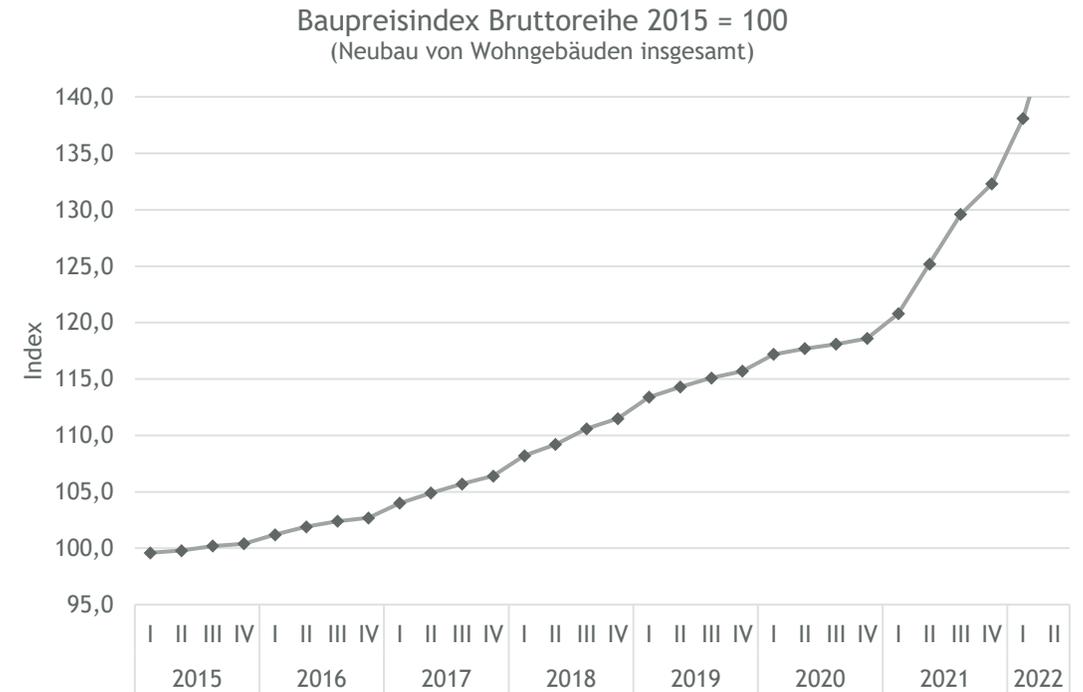
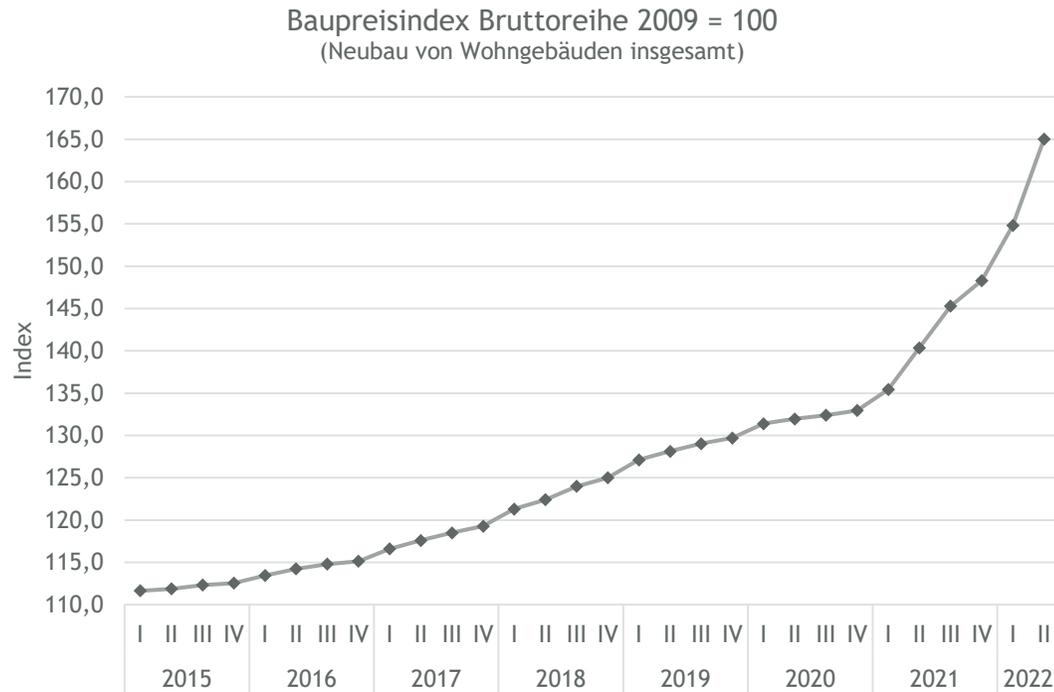
Brennstoffpreise

ct ₂₀₂₂ /kWh	2023	2026	2030	2035	2040	2042	Quelle		
Strom	Niedriges Szenario	37,02	32,07	24,56	23,02	21,48	20,76	2023: • Niedrig: Verifox (2022a) - März 2022 • Mittel: Verifox (2022a)- Jan-Sept 2022 • Hoch: EWI Recherchen basierend auf Verifox bis 2030 aus EWI (2022); Interpolation ab 2030 basierend auf EWI (2021); Steuern, Abgaben und Umlagen basierend auf BNetzA (2022)	
	Mittleres Szenario	41,22	36,47	29,78	28,53	27,27	26,77		
	Hohes Szenario	75,20	38,97	35,73	34,75	33,77	33,49		
Gas	Niedriges Szenario	10,00	6,53	5,70	5,96	6,22	6,32		2023: • Niedrig: Höhe eines möglichen Gaspreisdeckels basierend auf IMK (2022b) • Mittel: Verifox (2022b) • Hoch: IMK (2022a) bis 2030 aus EWI (2022); Interpolation ab 2030 basierend auf IEA (2021)
	Mittleres Szenario	15,29	8,68	6,20	6,26	6,32	6,37		
	Hohes Szenario	26,50	11,42	11,68	11,30	11,91	12,20		
Heizöl	9,14	7,02	6,78	6,96	7,14	7,21	bis 2030 aus EWI (2022); Interpolation ab 2030 basierend auf IEA (2021)		

CO₂-Preise (nEHS)

EUR ₂₀₂₂ /t	2023	2026	2030	2035	2040	2042	Quelle	
CO ₂	Niedriges Szenario	34	54	73,63	93,22	108,46	113,48	Bisherige durchschnittliche Steigerungsrate
	Mittleres Szenario	34	54	121,33	147,79	168,18	174,84	EWI & FiFo (2019) und Interpolation ab 2040
	Hohes Szenario	34	54	150,62	215,99	237,51	254,55	Prognos (2020) und Interpolation ab 2040

Annahme Aufzinsung der Sanierungskosten anhand des Baukostenindex



Quelle: DESTATIS (2021b)

Sanierungskosten: KfW-EH 85 EE-Standard

Kosten Sanierungsmaßnahmen		EFH 60er	EFH 90er
Heizung	Luftwärmepumpe außen	17.030 €	17.030 €
Dach	Dämmung 20 cm	31.429 €	36.305 €
Außenwand	Dämmung 16 cm	34.370 €	36.538 €
Kellerdecke	Dämmung 8 cm	5.806 €	6.657 €
Fenster	3-fach Verglasung, Kunststoffrahmen	18.114 €	20.901 €
Sowieso-Kosten		EFH 60er	EFH 90er
Sowieso-Kosten Gebäudehülle		45.249 €	50.217 €
Sowieso-Kosten Heizungsanlage		9.374 €	5.200 €
Förderung		EFH 60er	EFH 90er
Förderung für Sanierung		10.675 €	11.743 €
Gesamt Investitionskosten und Förderungen		EFH 60er	EFH 90er
Kosten Sanierungsmaßnahmen		106.749 €	117.431 €
Sowieso-Kosten		54.623 €	55.417 €
Förderung		10.675 €	11.743 €
Effektive energetische Sanierungskosten		41.451 €	50.271 €

**Energiewirtschaftliches Institut an der
Universität zu Köln gGmbH (EWI)**

Alte Wagenfabrik
Vogelsanger Straße 321a
50827 Köln

Tel.: +49 (0)221 277 29-100

Fax: +49 (0)221 277 29-400

<https://www.ewi.uni-koeln.de>

Das Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln (EWI) ist eine gemeinnützige GmbH, die sich der anwendungsnahen Forschung in der Energieökonomik und Energie-Wirtschaftsinformatik widmet und Beratungsprojekte für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft durchführt. Annette Becker und Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge bilden die Institutsleitung und führen ein Team von mehr als 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Das EWI ist eine Forschungseinrichtung der Kölner Universitätsstiftung. Neben den Einnahmen aus Forschungsprojekten, Analysen und Gutachten für öffentliche und private Auftraggeber wird der wissenschaftliche Betrieb finanziert durch eine institutionelle Förderung des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIDE). Die Haftung für Folgeschäden, insbesondere für entgangenen Gewinn oder den Ersatz von Schäden Dritter, ist ausgeschlossen.