

Auswirkung der aktuellen Preissteigerung auf die Wirtschaftlichkeit energetischen Modernisierungsmaßnahmen

FIW München:

Andreas Holm

Im Auftrag von:

Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle (BuVEG)

Friedrichstraße 95 (PB 138)

10117 Berlin



FIW München

Forschungsbericht FO-2021-12

FO-2021-12

Auswirkung der aktuellen Preissteigerung auf die Wirtschaftlichkeit energetischen Modernisierungsmaßnahmen

Im industriellen Auftrag

Der Bericht umfasst:

24 Seiten
12 Abbildungen
1 Tabelle

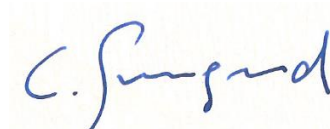
Die Verantwortung für die Inhalte dieses Berichts liegt bei den Autoren.

Institutsleiter

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Holm'.

Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm

Abteilungsleiter

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'C. Sprengard'.

Christoph Sprengard

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung	4
2	Modellgebäude	5
2.1	Energetische und ökologische Berechnungen	7
2.2	Modernisierung der Bauteile und Anlagentechnik	7
2.3	Ökonomische Berechnungen und Randbedingungen	8
3	Ergebnisse und Bewertung	9
3.1	Einfamilienhaus	9
3.2	Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten	14
4	Zusammenfassung	21
5	Literatur	23

1 Problemstellung

Für die Umsetzung der Energiewende im Gebäudebereich ist prinzipiell eine Vielzahl an Maßnahmen und Transformationspfaden denkbar. Die Bandbreite reicht hier von einer Dekarbonisierung der Energieerzeugung verbunden mit einer Effizienzsteigerung der Gebäudetechnik, bis hin zu einer energetischen Modernisierung der Gebäudehüllen des gesamten Gebäudebestandes auf ein Hocheffizienzniveau. Nutzer und Eigentümer interessiert hier vor allem, welche Energieeinsparungen zu welchen Kosten realisiert werden können. Als Leitplanke für politische Entscheidungen ist zusätzlich auch das Potenzial zur Verringerung der Treibhausgasemissionen im Gebäudebestand entscheidend, verbunden mit einer Abschätzung der Kosten, die auf Eigentümer, Mieter und Betreiber für diese Verringerung zukommen.

In dieser Kurzstudie wird davon ausgegangen, dass die hier betrachteten typischen Wohngebäude sich durch energetische Modernisierung hinsichtlich der Energieeffizienz, des Einsatzes erneuerbarer Energien und der eingesetzten Energieträger auf einem Pfad befinden, der ihre langfristige Dekarbonisierung ermöglicht. Aus den Randbedingungen für 2030 und 2045 werden daher Zielformulierungen für Energieeinsparung und Senkung der Treibhausgasemissionen für das Jahr 2030 abgeleitet, die sich einerseits mit den vorhandenen und etablierten Maßnahmen erreichen lassen und andererseits die Investoren, Eigentümer und Mieter nicht überfordern.

Die Maßnahmen orientieren sich hier an typischen Modernisierungspaketen und etablierten Techniken und Materialien. Zielkompatibel bedeutet hier vor allem, dass bei Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle diese so ausgeführt werden, dass keine Lock-In-Effekte auftreten und bei Bauteilen mit einer langen Lebensdauer keine nochmaligen energetischen Maßnahmen bis 2045 notwendig sind. Gleiches gilt für die Modernisierung der Anlagentechnik, insbesondere bei der Wahl des Energieträgers, wobei bei der Anlagentechnik prinzipiell bis 2045 ein weiterer Modernisierungszyklus möglich ist, um beispielsweise erst zu einem späteren Zeitpunkt auf einen dekarbonisierten Energieträger umstellen zu können.

2 Modellgebäude

Für zwei typische Wohngebäude, die repräsentativ für den deutschen Wohngebäudebestand sind, werden mögliche energetische Modernisierungsmaßnahmen aufgezeigt, mit denen zielkonforme CO₂-Einsparungen erreicht werden können und welche resultierenden Gesamtkosten mit diesen Maßnahmen verbunden sind. Die energetischen Bilanzierungen der abgebildeten Gebäude erfolgen nach DIN V 18599 und sind als modellhafte Betrachtung zur Durchführung energetischer Modernisierungen gedacht (DIN V 18599). Für ähnliche Gebäude sind Einsparungen in vergleichbarer Größenordnung und zu vergleichbaren Kosten zu erwarten. Im Einzelfall können die genannten Werte aber auch deutlich abweichen.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der 2 Wohngebäude, deren Baualtersklassen und die als Ausgangszustand verwendeten Bauteile und Anlagenkomponenten. Betrachtet wurden ein typisches Ein- und Zweifamilienhaus sowie ein Mehrfamilien-Wohngebäude mit 6 Wohneinheiten. Das MFH-6WE Gebäude ist ein Mehrfamilienhaus in geschlossener Bebauung.

Beide Wohngebäude haben einen unbeheizten Keller und sind mit Ausnahme des kleinen Einfamilienhauses (zweischalige Außenwand) in monolithischer Bauweise errichtet. Das ausgewählte Mehrfamilienhaus ist deutlich vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung in den 1960er Jahren gebaut. Bei diesen haben zwischenzeitlich einige energetische Modernisierungsmaßnahmen im Rahmen der üblichen Instandsetzungsmaßnahmen stattgefunden. Dies betrifft, neben der Heizung, auch die Fenster und die oberste Geschoßdecke. Für die Fenster wird angenommen, dass bei Errichtung der Gebäude in den 1950er und 1960er Jahren nur eine Einscheibenverglasung verbaut wurde. Diese wurde in den 1990er Jahren durch Fenster mit einer Zweischeibenverglasung ersetzt (flächendeckende Einführung von Wärmeschutzverglasungen mit „low-e“ Beschichtung und Gasfüllung ab 1995 (Diefenbach et al. 2010)), wobei diese mittlerweile durch Gasaustausch gealtert sind (Ausgangsfälle mit einem U_w -Wert von $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)¹.

Das Einfamilienhaus stammt aus den 1980er Jahren und erfüllt somit die damals geltenden Wärmeschutzverordnungen. Für diese erfolgte innerhalb der typischen Sanierungszyklen nur eine Erneuerung der Heizungsanlage. Bei diesen Gebäuden ist die Annahme, dass die damals eingebauten Fenster (Zweischeibenverglasung mit Luftfüllung, noch ohne low-e Beschichtung) bisher noch nicht ausgetauscht wurden. Hier

¹ Durch die Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkung des Randverbundes nach dem Übergang von k_F -Werten zu U_w -Werten kann für Aluminium-Randverbünde von einem U_w -Wert ausgegangen werden der etwa um $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ über dem damals ausgewiesenen k_F -Wert liegt. Zusammen mit der Alterung der Verglasung durch Gasaustausch, Trübung und eingedrungene Feuchte wird daher von einem U_w -Wert von $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ausgegangen.

wird von einem U_w -Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, beispielsweise für Holzfenster, ausgegangen (BMW; BMUB 2015). Auch alle anderen Außenbauteile sind noch im Originalzustand.

Tabelle 1: Übersicht der ausgewählten Wohngebäude mit Bauteilen und Anlagenkomponenten

	EFH	MFH mit 6 WE
Baujahr	80er	60er
Datenquelle	FIW	ZUB
Jahr der letzten Modernisierung	Ca. 1995	Ca. 1995
Netto-Grundfläche in m^2	200	335
Anzahl Wohneinheiten	1	6
Keller	unbeheizt	unbeheizt
Beheizte Nutzfläche A_N in m^2	178	474
beheiztes Volumen V_e in m^3	423	1125
wärmeübertragende Hüllfläche $A_{\text{Hülle}}$ in m^2	462	647
Anlagentechnik		
Wärmeerzeuger	BW-Gas	NT-Öl
hydraulischer Abgleich	n. v.	
Pumpe	ungeregelt	
Regler	P-Regler	
Dämmung Rohrleitungen	zwischen 1980 und 1995	
Wärmeübergabe (Vor-/Rücklauftemperatur)	Heizkörper (70/55°C)	Heizkörper (80/60°C)
Trinkwassererwärmung	wie Wärmeerzeuger, indirekt beheizter Speicher	
Belüftung	Fenster	
Bautechnik - U-Werte in $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Außenwand	0,8	1,0
Fenster	2,7	1,9
oberste Geschossdecke	-	-
Steil- / Flachdach	0,45 (S)	0,6 (F)
Kellerdecke	0,7	1,0
Wärmebrückenzuschlag	0,1	
Dichtheitsprüfung	ohne	

Wie in Wohngebäuden üblich, erfolgt der hygienisch bedingte Luftaustausch im Ausgangszustand über Fensterlüftung. Auch wird aufgrund der Gebäudealters von einer undichten Gebäudehülle ausgegangen. Hinsichtlich der Anlagentechnik wird bei allen Gebäuden von ungeregelten Heizkreispumpen ausgegangen und festgelegt, dass ein hydraulischer Abgleich fehlt. Die verwendeten Regler sind P-Regler und die Dämmung der Rohrleitungen ist moderat. Die Trinkwassererwärmung geschieht über das Heizsystem und das Trinkwasser wird in einem Speicher zur Verfügung gestellt. Die Wärmeübergabe erfolgt in allen Gebäuden über Radiatoren.

2.1 Energetische und ökologische Berechnungen

Die energetische und ökologische Bewertung der betrachteten Gebäude wird anhand von Nutz-, End-, Primärenergie sowie CO₂-Emission durchgeführt. Zur Berechnung der Energiebedarfe und den sich daraus ableitenden weiteren Betrachtungsgrößen wird das Berechnungsverfahren entsprechend der DIN V 18599 verwendet, was in den verwendeten Berechnungsprogrammen auf der Normversion der DIN V 18599 aus dem Jahr 2011 beruht (DIN V 18599:2011). Die Berechnungen erfolgen mit der Software „ZUB-Helena“ (Version: 7.75) bei den Wohngebäuden und „IBP-18599“ (Version: 6.1.132.681) bei den Nichtwohngebäuden. Die Eingaben beruhen auf der gegebenen Gebäudegeometrie, den aus der EnEV bzw. GEG abgeleiteten bauphysikalische Eigenschaften, den angesetzten Anlagenvarianten und den klimatischen und nutzungsspezifischen Rahmenbedingungen entsprechend den Vorgaben der DIN V 18599 in der Version von 2011. Entsprechend DIN V 18599 erfolgt bei allen Gebäuden je nach anlagentechnischer Ausstattung die Bilanzierung von Heizung, Lüftung und Trinkwarmwasser.

2.2 Modernisierung der Bauteile und Anlagentechnik

Für die Modernisierung werden zukunftssichere Niveaus „Effizienzstandard“ und „Hocheffizienzstandard“ angesetzt (BMW_i 2021). Der „Effizienzstandard“ orientiert sich hierbei an dem für neue Gebäude im Regelfall häufig realisierten Niveau für die Wärmedämmung und die Fenster. Der „Hocheffizienzstandard“ geht noch etwas darüber hinaus und strebt U-Werte an, die ungefähr auf dem für Passivhäuser üblichen Niveau liegen. Dabei entsprechen die für die Fenster und Türen angesetzten U-Werte dem eingebauten Zustand.

Für die Heizung und Trinkwassererwärmung sind verschiedene Modernisierungsoptionen denkbar. Je nach Gebäude folgende Modernisierungsoptionen in die Betrachtungen einbezogen:

- Einbau eines Gas-Brennwertkessels in Verbindung mit solarer Trinkwassererwärmung
- Einbau einer elektrischen Luft-Wasser-Wärmepumpe mit indirekt beheiztem Speicher
- Anschluss an ein Nah-/Fernwärmenetz

Grundsätzlich wird beim Tausch des Wärmeerzeugers die Durchführung geringinvestiver Maßnahmen, wie hydraulischer Abgleich und Dämmung der (zugänglichen) Verteilungen unterstellt. Beim Einsatz von Wärmepumpen im Rahmen einer Komplettmodernisierung wird immer von einem Heizkörperaustausch und damit verbundenen niedrigen Systemtemperaturen ausgegangen, welche einen effizienten Betrieb der Wärmepumpen gewährleisten.

2.3 Ökonomische Berechnungen und Randbedingungen

Im Rahmen dieses Projektes erfolgten die ökonomischen Berechnungen unter der Berücksichtigung von Steuern und Subventionen sowie CO₂-Bepreisung der Energieträger in den Nicht-ETS-Sektoren in Anlehnung an die VDI 2067 Blatt 1 (September 2012) (VDI 2067 Blatt 1) nach der Annuitätsmethode. Das Annuitätsverfahren gestattet es, einmalige Zahlungen/Investitionen mithilfe des Annuitätsfaktors über einen Betrachtungszeitraum und laufende jährliche Zahlungen zu Jahresgesamtkosten zusammenzufassen. Dabei werden alle relevanten Kosten für die Gebäudehülle und Anlagentechnik betrachtet. Die Förderung wird entsprechend den derzeit geltenden Rahmenbedingungen berücksichtigt.

Basis der Kostenannahmen ist die Studie des BMWi 2020. Betrachtet wird der Einfluss der aktuellen Investitionskostensteigerung sowohl im Bereich der Anlagentechnik als auch der Gebäudehülle. Im Einzelnen beobachtet man derzeit, dass bei den Investitionskosten, bedingt durch niedrige Zinsen und hohe Auslastung die Preise im Baubereich in den letzten Jahren deutlich angestiegen. Die Erreichung der Klimaziele erfordert verstärkte Aktivitäten im Bestand, mit einem Absinken der Baupreise kann daher nicht gerechnet werden. Kosteneinsparungen durch Effizienzsteigerungen wie z.B. serielle Sanierung können dem entgegenwirken, bisher sind davon aber kaum positive Effekte in der Baurealität sichtbar.

Eine Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen kann nur erreicht werden, wenn künftige Einsparungen durch niedrigere Energiekosten die investiven Mehrkosten kompensieren oder übertreffen. Entscheidend hierfür ist neben dem geringeren Energiebedarf/-verbrauch der Energiepreis. Momentan ist ein durch den Weltmarkt bedingter Anstieg der Preise für fossile Energieträger zu beobachten. Eine klimapolitisch motivierte höhere CO₂-Bepreisung ist derzeit sehr wahrscheinlich. Diese wird im Rahmen dieser Studie ebenfalls mitberücksichtigt.

Der Einfluss der beiden außergewöhnlichen Preissteigerungen auf die Jahresgesamtkosten für die beiden repräsentativen Wohngebäude untersucht. Betrachtet werden zwei Szenarien:

- unsaniertes Gebäude
- geplante Sanierung

3 Ergebnisse und Bewertung

Die beiden Gebäude werden nach energetischen (Endenergie), ökologischen (THG Emissionen) sowie ökonomischen (Investitionskosten, Betriebs- und Instandhaltungskosten, sowie Energiekosten und Jahresgesamtkosten) Gesichtspunkten bewertet. Betrachtet werden die Jahre 2020, 2021 und 2030.

3.1 Einfamilienhaus

Für die 2045-Zielerreichung wird eine komplette Modernisierung der Gebäudehülle nach den Effizienzstandard Anforderungen benötigt. Bedingt durch das Alter der bestehenden Heizungsanlage muss in Folge der ohnehin anstehenden Instandsetzung ein Austausch stattfinden. Dabei kann die Bestandsanlage durch einen modernen Gas-Brennwertkessel mit solar unterstützter Trinkwarmwassererwärmung oder eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt werden. Bei den Modernisierungsoptionen A ist zusätzlich noch der Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 80% vorgesehen.

Die Veränderung der bauteilspezifischen Transmissionswärmeverluste vor und nach der Komplettmodernisierung der Hülle zeigt Abbildung 1. Die größten Transmissionsverluste erfolgen vor der Modernisierung durch die Außenwände, den oberen Gebäudeabschluss und durch die Fenster. Durch das Anbringen entsprechender Verbesserungsmaßnahmen zur Reduktion der Transmissionswärmeverluste lassen sich diese, je nach Ausgangszustand des Bauteils, zum Teil erheblich reduzieren. Durch die Komplettmodernisierung kann ein spezifischer Transmissionswärmetransferkoeffizient – H_T' – von $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht werden. Dies entspricht 74% des Referenzgebäudewertes.

Abbildung 2 zeigt den Endenergiebedarf nach der jeweiligen Komplettmodernisierung im Vergleich zum Status quo. Die prozentualen Angaben entsprechen der Minderung des Endenergiebedarfs gegenüber den aktuellen Kennwerten des mittleren EFH. Beide Optionen der Komplettmodernisierung führen zu einem „2045-ready“ Gebäude.

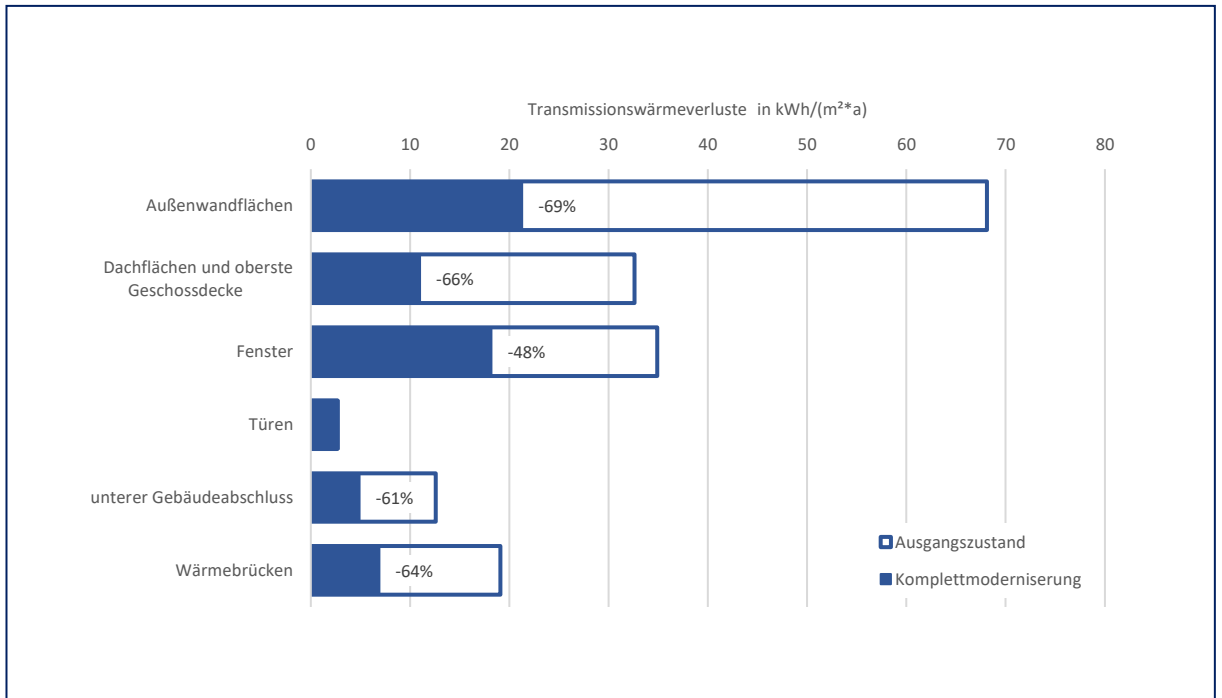


Abbildung 1: Veränderung der spezifischen Bauteilverluste vor und nach Komplettmodernisierung

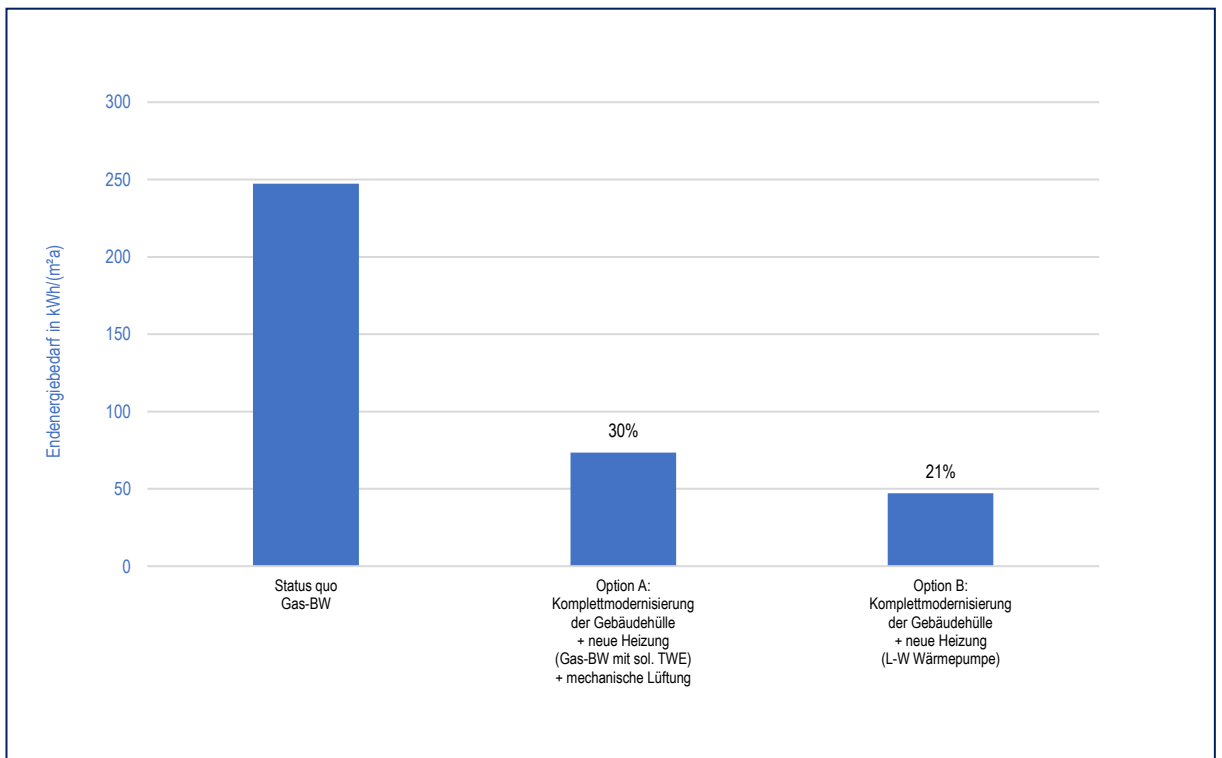


Abbildung 2: Endenergiebedarf nach Modernisierung im Vergleich zum Status quo, prozentuale Angaben entsprechen der Minderung des Endenergiebedarfs gegenüber den aktuellen Kennwerten.

Die aus dem energieträgerabhängigen Endenergiebedarf berechneten THG-Emissionen sind in Abbildung 3 für die Jahre 2020 und 2030 abgebildet. Im Falle einer Komplettmodernisierung aktuell bereits zwischen 56% und 67% Reduktion möglich. Für das Jahr 2030 sind Einsparungen von fast 70% (Option A) und deutlich darüber (Optionen B) möglich. Die Dekarbonisierung der Energieerzeugung macht sich hier deutlich bemerkbar. Gerade bei der Option B mit der strombasierten Wärmepumpe ist die starke Abhängigkeit von der Entwicklung des Ausbaus der erneuerbaren Stromerzeugung ersichtlich. Option A zeigt diese Entwicklung zum klimaneutralen Strom auch, bedingt durch den Hilfsstrom für die Lüftungsanlage.

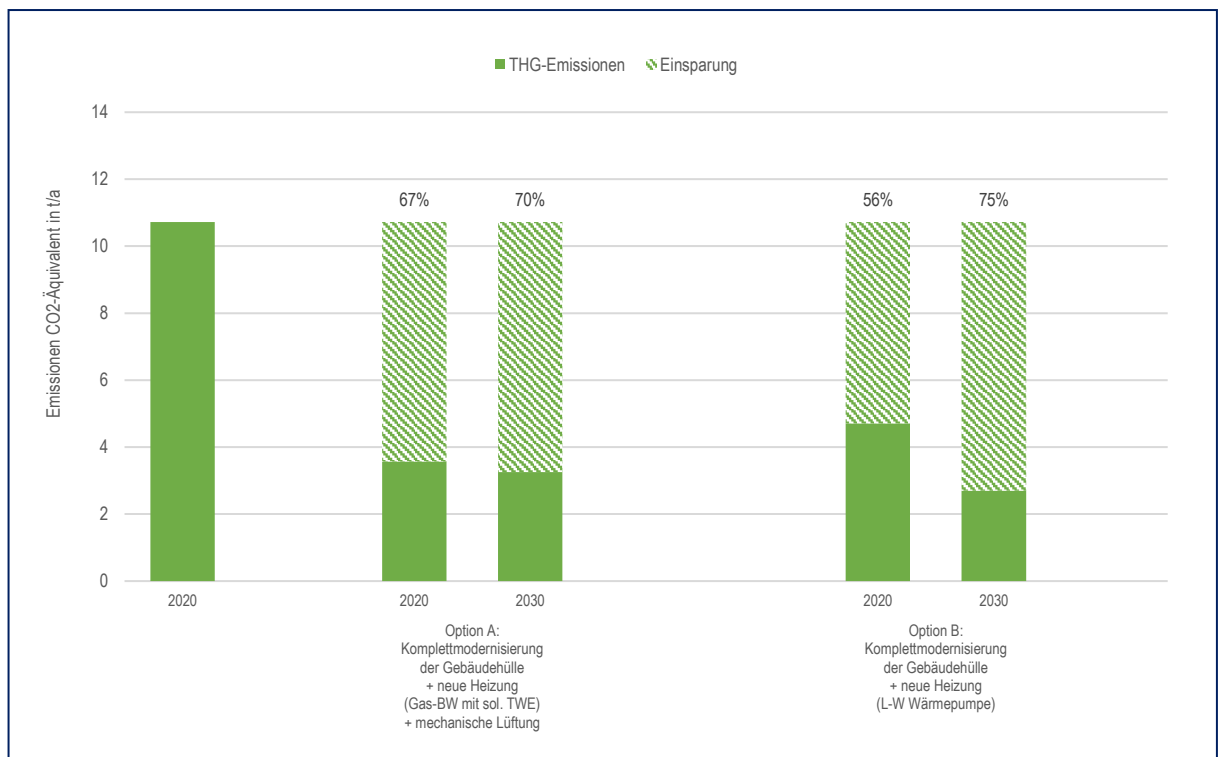


Abbildung 3: aktuelle THG-Emissionen sowie Prognose für die Jahre 2030 im Vergleich zum Status quo. Die prozentuale Angabe entspricht der Minderung der THG-Emissionen gegenüber den aktuellen Kennwerten.

In der Abbildung 4 sind sowohl die gesamten, als auch die spezifischen Energiekosten (pro m² Wohnfläche) für die betrachteten Varianten dargestellt. Abgebildet sind die Energiekosten für die Jahre 2020, 2021 und 2030. Deutlich zu erkennen ist die aktuelle Entwicklung mit dem starken Anstieg von 2020 auf 2021 sowie die darüber hinausgehende nahezu Verdopplung der Energiekosten für den mit einer CO₂-Steuer behafteten Energieträger Gas. Im Falle des Status quo würden sich die spezifischen Energiekosten von aktuell 12,77 €/m² auf 26,71 €/m² erhöhen. Im Falle der Komplettmodernisierung mit Gas-Brennwert-Technologie reduzieren sich, aufgrund der stark gestiegenen Reduktion des Endenergiebedarfs, die spezifischen Energiekosten auf 5,10 bis 8,88 €/m². Alleinig bei der Option B (Wärmepumpe) verbleiben die Energiekosten auch nach einer Vollmodernisierung auf ca 10 €/m². Diese bleiben aber, aufgrund der nahezu konstanten Preisentwicklung beim Energieträger Strom, auch 2030 auf diesem Niveau.

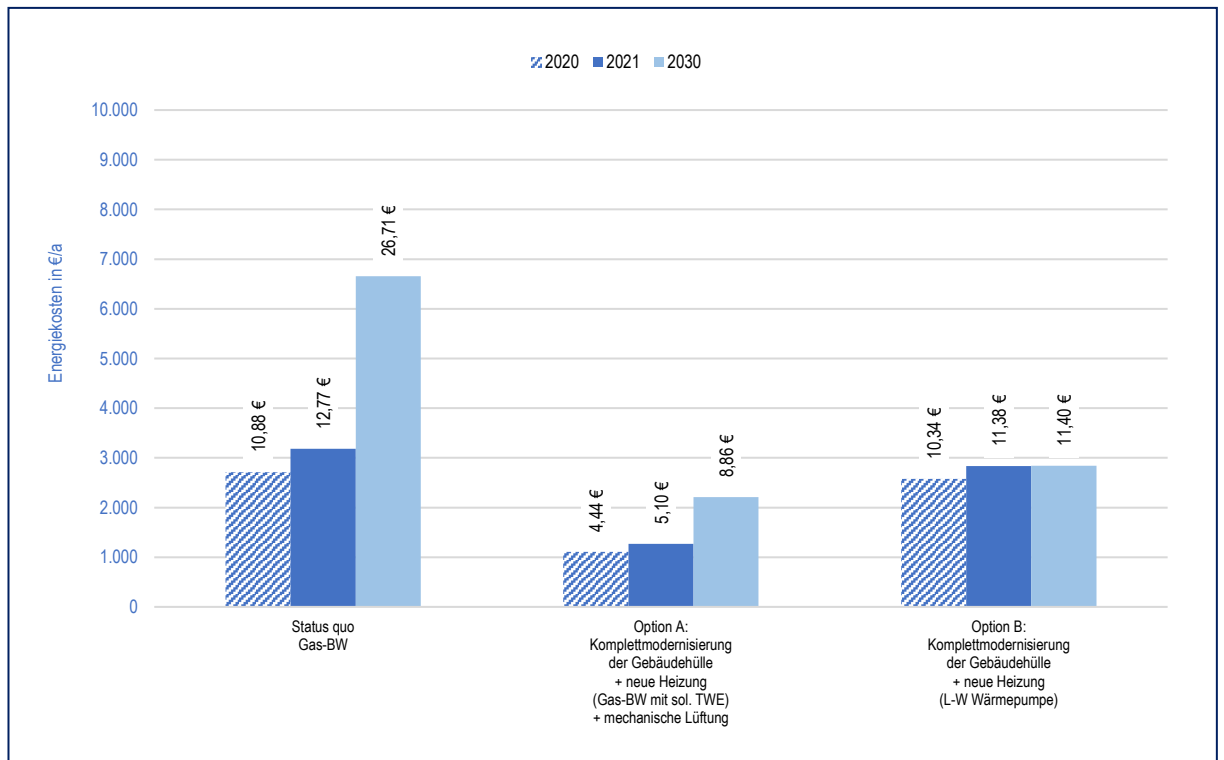


Abbildung 4: Energiekosten der Modernisierungsvarianten absolut und flächenspezifisch (Wohnfläche) im Vergleich zum unsanierten Zustand; aktuell und zukünftig.

Aus Investitionskosten, Betriebs- und Instandhaltungskosten sowie den Energiekosten lassen sich die Jahresgesamtkosten bestimmen. In der folgenden Auswertung werden diese nur für das Jahr 2020, 2021 und 2030 erörtert. Bei den zwei 2045-zielkonformen Komplettmodernisierungsoptionen lagen diese 2020 zwischen 6.700 € und 7.600 € jährlich - und damit deutlich über denen des unsanierten Status quo (ca. 4.400 €). Durch die stärker steigenden Energiekosten verringert sich bis 2030 dieser Abstand zwischen dem Ausgangszustand (ca. 8.400 €) und den Vollmodernisierungen (ca. 7.800 €) deutlich bzw. dreht sich um. Beide Vollmodernisierungsvarianten führen im Jahr 2030 zu niedrigen Jahresgesamtkosten.

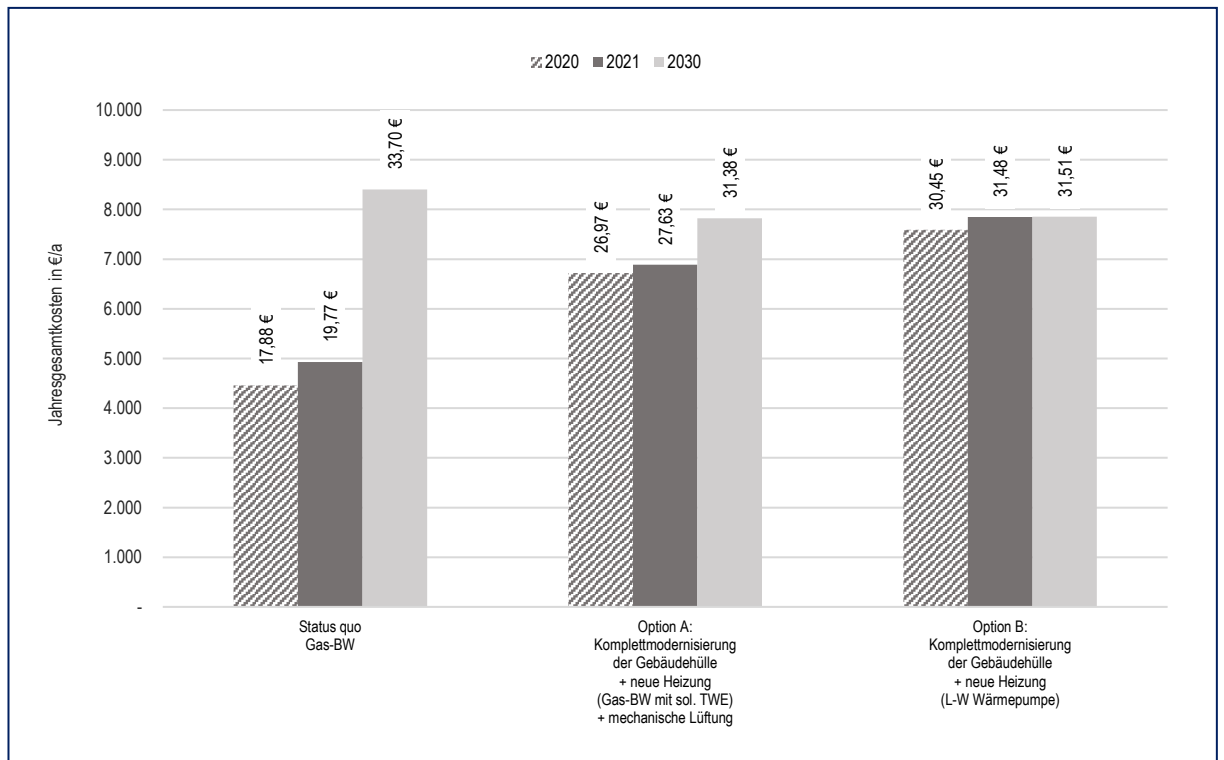


Abbildung 5: Jahresgesamtkosten der Modernisierungsvarianten im Vergleich zum unsanierten Zustand, auf Basis der Energiepreise 2020, 2021 und 2030.

Die Jahresgesamtkosten im Jahr 2030 sind in Abbildung 6 nach Kapitalkosten (weiter unterteilt nach Sowieso-Kapitalkosten und energetisch bedingten Kapitalkosten), betriebsbedingten Kosten und Energiekosten gegliedert. Die rein energetisch bedingten Kapitalkosten der zwei Vollmodernisierungsvarianten haben einen Anteil zwischen 15 und 20% an den gesamten Jahreskosten. Die betriebsbedingten Kosten sind für die Option A mit Gas-Brennwert-Technik höher als bei Option B. Der Grund dafür liegt in der deutlich aufwändigeren Ausführung der Option A mit mechanischer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Insgesamt weist der Status quo mit die höchsten Jahresgesamtkosten auf. Die beiden Zielkompatiblen Varianten liegt mit Jahresgesamtkosten von ca. 7,900 €/a um fast 500 €/a darunter. Der Grund für die niedrigeren Kosten der beiden Vollmodernisierungsvarianten im Vergleich zum Status quo liegt trotz hohen Investitionskosten im deutlichen Rückgang des Energiebedarfs.

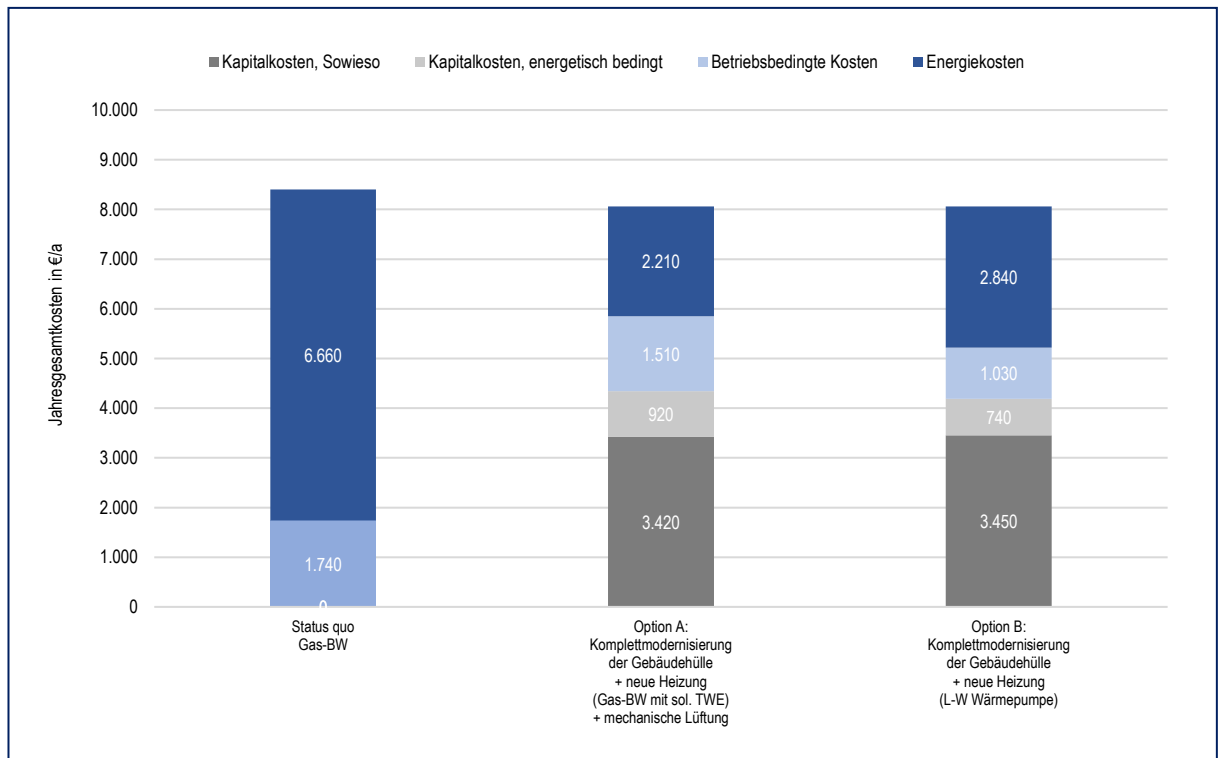


Abbildung 6: verschiedene Anteile der Jahresgesamtkosten der Modernisierungsvarianten im Vergleich zum unsanierten Zustand auf Basis der Energiepreise 2030 (unterer Preispfad)

3.2 Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten

Das MFH-6WE Gebäude ist ein Mehrfamilienhaus in geschlossener Bebauung und der Baualtersklasse 1960er Jahre. Bedingt durch das Alter der bestehenden Heizungsanlage muss in Folge der ohnehin anstehenden Instandsetzung ein Austausch stattfinden. Option A beschreibt anlagentechnisch einen Austausch der alten Öl-Niedertemperaturanlage mit einer Gas Brennwertanlage. Option B beinhaltet einen Austausch der Anlagentechnik mit einem Nah-/Fernwärmeanschluss. Für die 2045-Zielerreichung wird bei allen zwei Optionen eine komplette Modernisierung der Gebäudehülle benötigt. Abbildung 7 zeigt die Veränderung der bauteilspezifischen Transmissionswärmeverluste vor und nach der Komplettmodernisierung. Es wird ein spezifischer Transmissionswärmetransferkoeffizient – $H_{T'}^i$ – von $0.257 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht. Dies entspricht 65% des Referenzgebäudewertes.

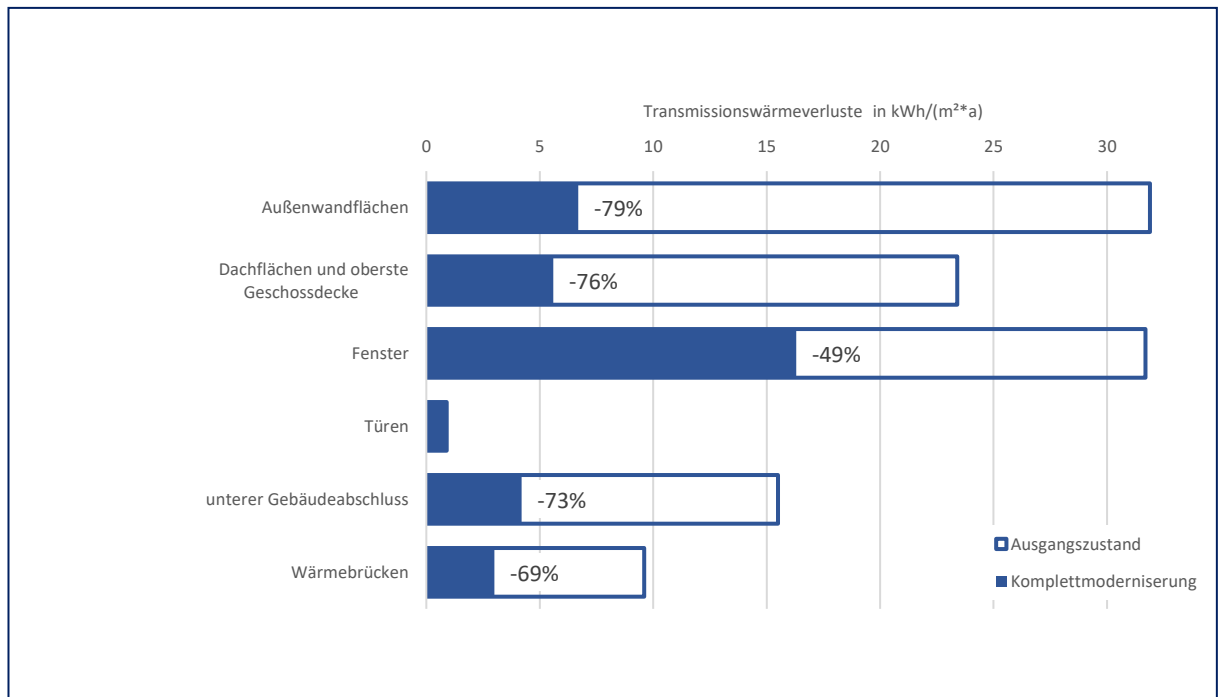


Abbildung 7: Veränderung der spezifischen Bauteilverluste vor und nach Komplettmodernisierung. Hier dargestellt ist der Effizienzstandard

Der Endenergiebedarf nach den beiden Komplettmodernisierung im Vergleich zum Status quo sinkt deutlich. Die prozentualen Angaben entsprechen der Minderung des Endenergiebedarfs gegenüber den aktuellen Kennwerten des kleinen, beidseitig angebauten Mehrfamilienhauses. Je nach Option kann der Endenergiebedarf durch eine Komplettmodernisierung zwischen 76 und 89% gegenüber dem Ausgangszustand reduziert werden. Die Option C zeigt trotz des höchsten energetischen Standards der Gebäudehülle immer noch einen Endenergiebedarf von 43 kWh/(m²·a).

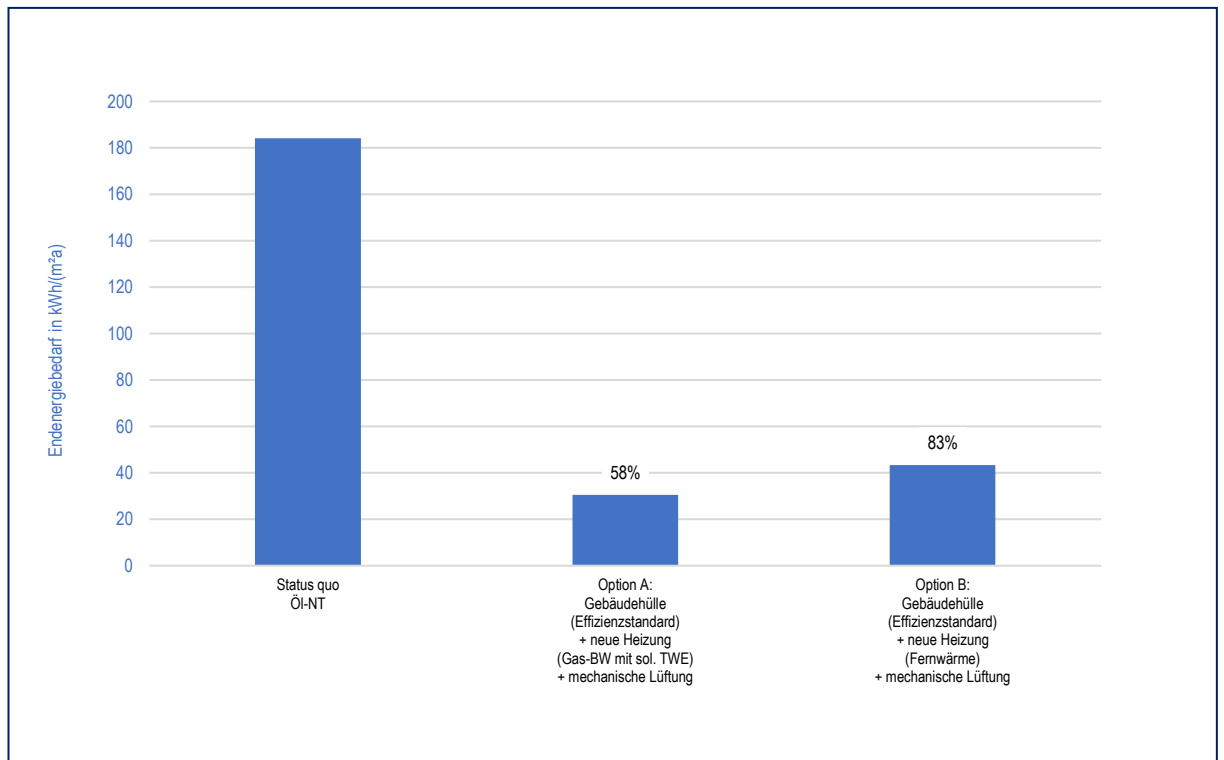


Abbildung 8: Endenergiebedarf nach Modernisierung im Vergleich zum Status quo, prozentuale Angaben entsprechen der Minderung des Endenergiebedarfs gegenüber den aktuellen Kennwerten.

Die aus dem energieträgerabhängigen Endenergiebedarf berechneten THG-Emissionen sind in Abbildung 9 für die Jahre 2020 und 2030 abgebildet. Je nach Modernisierungsschritt und eingesetzter Beheizungstechnologie sind große Reduzierungen machbar. Schon für den Fall einer Komplettmodernisierung unter Gas-Brennwert-Heizung lassen sich über 80% der Treibhausgase des Ausgangsfalls einsparen. Die Reduzierung der THG Emissionen für die Nah-/Fernwärme hängen direkt an der Dekarbonisierung der Energieerzeugung.

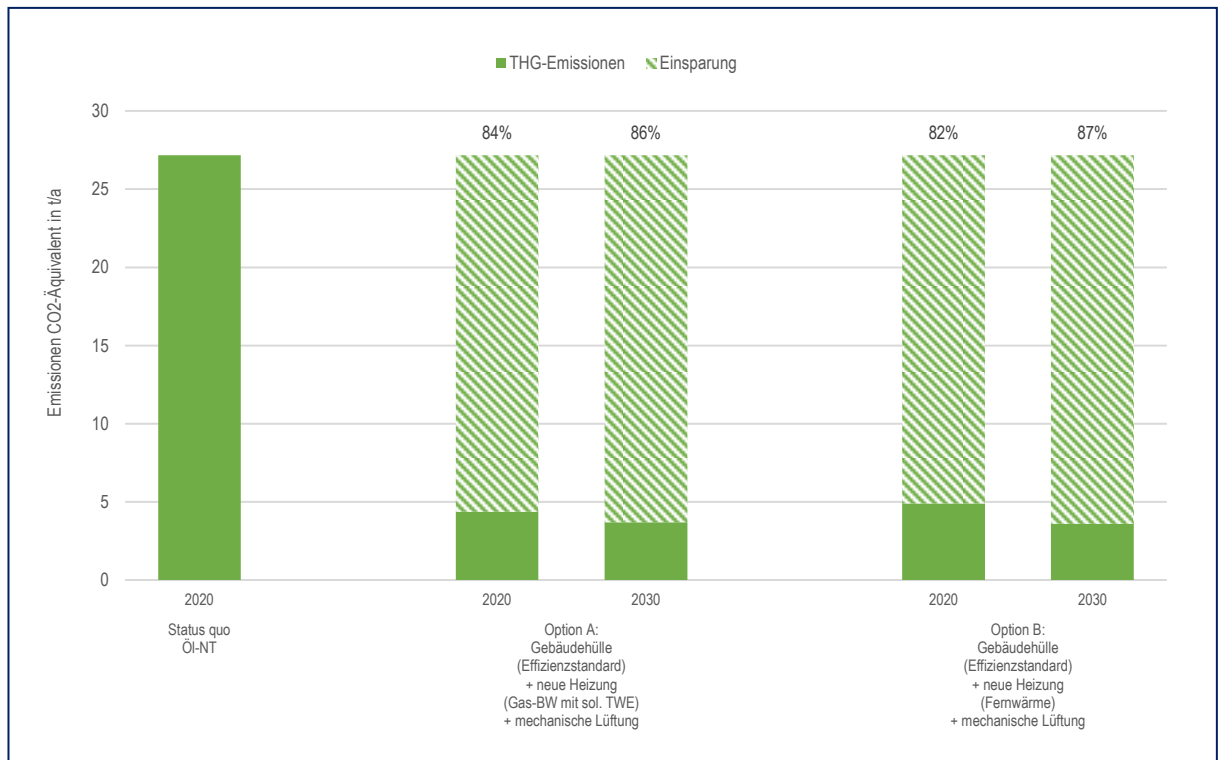


Abbildung 9: aktuelle THG-Emissionen sowie Prognose für die Jahre 2030 im Vergleich zum Status quo. Die prozentuale Angabe entspricht der Minderung der THG-Emissionen gegenüber den aktuellen Kennwerten.

In Abbildung 10 sind sowohl die gesamten, als auch die wohnflächenspezifischen Energiekosten für die betrachteten Varianten dargestellt. Abgebildet sind die Energiekosten für die Jahre 2020, 2021 und 2030. Deutlich zu erkennen ist eine Verdopplung der Energiekosten für den Energieträger Öl für den Status quo und Gas in der Option A. Im Falle des Status quo würden sich die spezifischen Energiekosten von 11 auf 29 €/m²·a erhöhen. Alle Komplettmodernisierungen schaffen es die Energiekosten deutlich zu reduzieren. Bei der Referenzniveau Variante auf 5 bis 10 €/m² (Option A Variante 1) bzw. noch deutlich darunter wenn die Hülle besser gedämmt wird und Lüftungsanlagen eingebaut werden. Die niedrigsten Energiekosten hat die Option A Variante 2 mit Gas-Brennwerttechnik und Lüftungsanlage bei gleichzeitig sehr gutem Gebäudestandard mit 3 €/m²·a in 2020 und 5 €/m²·a in 2030.

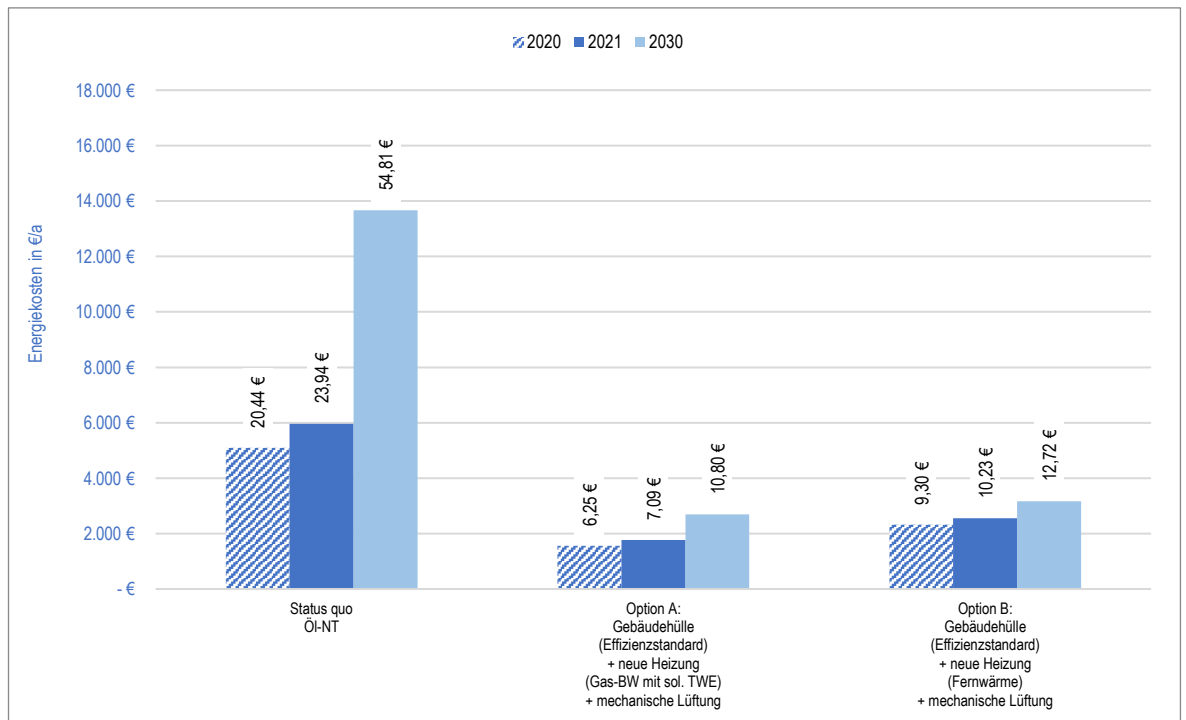


Abbildung 10: Energiekosten der Modernisierungsvarianten absolut und flächenspezifisch im Vergleich zum unsanierten Zustand; aktuell und zukünftig.

In Abbildung 11 sind vergleichend die Jahresgesamtkosten bestimmen. Der Vergleich für das Jahr 2020 zeigt die geringsten Jahresgesamtkosten für den Status quo. Alle beiden „2045-ready“ Komplettmodernisierungen liegen mit bis zu 13.500 €/a deutlich darüber. Die Betrachtung für das Jahr 2030 zeigt ein sehr ähnliches Bild. Alle Modernisierungen mit nennenswerter Reduktion der Primär- und Endenergie sind bei der derzeit zu beobachtender Preisentwicklung für den Investor günstiger als den Status quo zu erhalten. Allerdings setzt das voraus, dass die Investitionsmehrkosten durch die derzeit gültige gezielte BEG Förderung ausgeglichen werden.

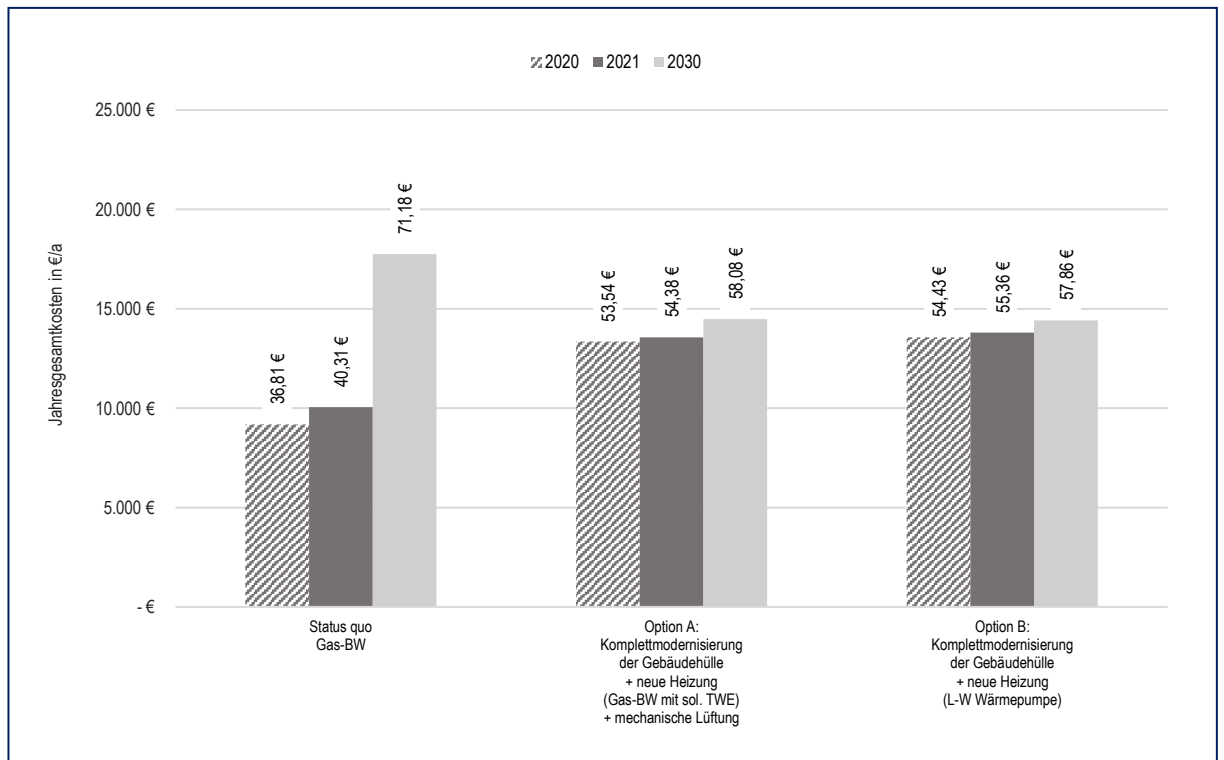


Abbildung 11: Jahresgesamtkosten der Modernisierungsvarianten im Vergleich zum unsanierten Zustand, auf Basis der Energiepreise 2020 und 2030 (unterer Preispfad)

Die beschriebenen Zusammenhänge für die Jahresgesamtkosten werden durch die Aufschlüsselung der Kostenanteile noch deutlicher. Abbildung 12 zeigt die verschiedenen Kostenanteile an den Vollkosten für das Jahr 2030. Die Kapitalkosten unterscheiden sich dabei nur wenig für die beiden Vollmodernisierungen. Die rein energetisch bedingten Kapitalkosten sind für die Option A höher als bei Option B. So zeigt sich der Einfluss der zurückgegangenen Energiekosten gegenüber den Kapitalkosten. Da der Anstieg der Kapitalkosten jedoch niedriger ist als der Rückgang der Energiekosten, liegen die Modernisierungsvarianten unter dem Status quo. Die Energiekosten des Status quo würden 2030 12.310 €/a betragen. Diese lassen sich durch eine komplette energetische Modernisierung bis auf 2.560 (Option A) bzw. 3.170 €/a (Option B) senken.

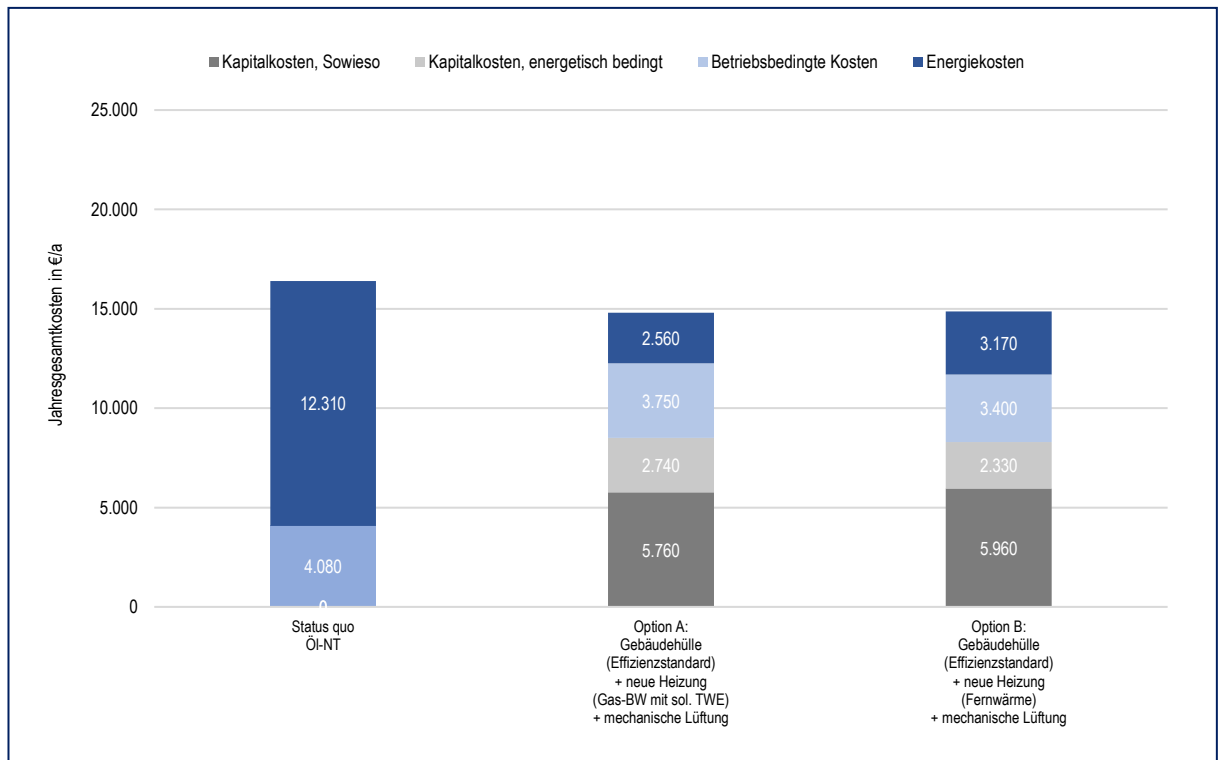


Abbildung 12: verschiedene Anteile der Jahresgesamtkosten der Modernisierungsvarianten im Vergleich zum unsanierten Zustand auf Basis der Energiepreise 2030 (unterer Preispfad)

4 Zusammenfassung

Eine zentrale Entscheidungsgrundlage politischer Weichenstellung in den einzelnen Sektoren ist das Potenzial zur Reduktion von CO₂-Emissionen. Mit dieser Kurzstudie soll das Potenzial von nachhaltigen Modernisierungen von Gebäuden und die Gesamtkosten der Maßnahmen dargestellt werden. Die in der vorliegenden Untersuchung betrachteten Maßnahmen zur Einsparung von Energie und THG-Emissionen werden anhand betriebswirtschaftlicher Kriterien und der Auswirkungen auf die THG-Emissionen in der Nutzungsphase der Gebäude bewertet. Dies entspricht dem Bilanzkreis von EnEG, EnEV und EEWärmeG bzw. GEG.

Bei der Auswahl der Gebäude und Anlagen ist in der vorliegenden Untersuchung ein nicht allzu ungünstiger Ausgangszustand gewählt worden, um einen realistischen Rahmen abzustecken, und zwei Gebäude, die als repräsentativ für den Gebäudebestand gesehen werden können. Ein Gebäude ist deutlich vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung in den 1960er Jahren gebaut worden, aber es haben typischerweise zwischenzeitlich einige energetische Modernisierungsmaßnahmen im Rahmen der üblichen Instandsetzungsmaßnahmen stattgefunden. Das andere Gebäude stammt aus den 1980er Jahren und erfüllt somit die damals geltenden Wärmeschutzverordnungen. Für diese erfolgte ebenfalls innerhalb der typischen Sanierungszyklen eine Erneuerung der Heizungsanlage.

Die erforderliche Dekarbonisierung des Gebäudesektors kann wirtschaftlich und technisch sinnvoll nur durch eine Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes und den Einsatz energieeffizienter Anlagentechnik bei gleichzeitigem Einsatz möglichst emissionsarmer Energieträger erreicht werden. Vollmodernisierungen mit fossilen Energieträgern erreichen bei sehr gutem Wärmeschutz und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eine Minderung der THG Emissionen in Bereich von 80%. Darüberhinausgehende Emissionsminderungen erfordern den Einsatz emissionsfreier oder zumindest erheblich dekarbonisierter Energieträger. Diese sind jedoch nur begrenzt verfügbar, ihre Bereitstellung verursacht erhebliche finanzielle Aufwendungen

Modernisierungen sind immer mit einem finanziellen Aufwand verbunden und dieser ist bei einer kompletten baulichen und anlagentechnischen Modernisierung wesentlich. Besonders wirtschaftlich sind Energiesparmaßnahmen an Komponenten der Gebäudehülle oder Anlagentechnik jedoch, wenn diese ohnehin ersetzt werden müssen. Im Rahmen der Untersuchung wird bewusst auf ambitionierte und damit zukunftssichere Maßnahmen für die Gebäudehülle gesetzt, um weitere Modernisierungen desselben Bauteils bis 2045 zu vermeiden und damit zusätzliche Kosten und Lock-In-Effekte zu verhindern. Für die Anlagentechnik wird das durch die Kopplung an die Verminderung des Heizwärmebedarfs durch einen entsprechend ambitionierten Wärmeschutz und die Auswahl zukunftssicherer Technologien gewährleistet. Bei Teilmodernisierungen sollte sich die Reihenfolge der Maßnahmen am Zustand der vorhandenen Bau- und Anlagenkomponenten orientieren. Anlagentechnische Maßnahmen, wie z.B. der Einbau eines Brennwertkessels, der Anschluss an ein Fernwärme-

netz oder die Installation einer PV- bzw. Solarthermieanlage können weitgehend unabhängig vom Zustand der Gebäudehülle vorgenommen werden. Der Einsatz von Wärmepumpen hingegen sollte vorzugsweise nach vorheriger Modernisierung der Gebäudehülle erfolgen, da hier Kosten und Effizienz des Gerätes durch den baulichen Wärmeschutz deutlich verbessert werden. Wenn mehrere Maßnahmen gemeinsam durchgeführt werden oder ein Gebäude komplett modernisiert wird, dann sollten Synergien optimal genutzt werden.

Zum einen kann festgehalten werden, dass die hier diskutierten Maßnahmen und unter den angenommen Randbedingungen für den Eigentümer rechnen und sowohl die 2030 als auch 2045 Ziele erfüllen. Darüberhinausgehende Bilanzierungen, z.B. des gesamten Lebenszyklus, werden auftragsgemäß nicht vorgenommen. Ebenso werden andere Aspekte, die im Zusammenhang mit Maßnahmen an der Gebäudehülle oder Anlagentechnik stehen, nicht beleuchtet. Exemplarisch dafür können Wertsteigerungen einer Immobilie oder die Verbesserung der thermischen Behaglichkeit durch zeitgemäßen Wärmeschutz und moderne Anlagentechnik genannt werden.

Unabhängig von den positiven Auswirkungen auf Klima und Umwelt zeigen die Untersuchungen zum anderen, dass die Maßnahmen einer energieeffizienten Gebäudesanierung aus finanzieller Perspektive, also rechnerisch, vorteilhaft sind. Die wirtschaftliche Grundlage für alle Modelle sind jedoch nach wie vor die staatlichen Förderungen. Ein Fortbestehen und eine Konzentrierung dieser Zuschüsse dienen der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen.

Die nun sprunghaft angestiegenen Energiepreise, sowie die insgesamt sehr schwankenden Zustände des Energiemarkts bergen darüber hinaus noch gesellschaftliche Risiken wie zum Beispiel die sog. *Energiearmut*. Soziale Fragen von Kosten für Energie und Armut in der Bevölkerung ließen sich darüber hinaus durch die genannten Maßnahmen entschärfen. Durch das Ansteigen der Sanierungsrate auf nahezu 2% reduziert den Gasbedarf um 40% im Gebäudesektor bis ins Jahr 2030.

5 Literatur

BMWi (Hg.) (2020): Analyse von spezifischen Dekarbonisierungsoptionen zur Erreichung der Energie- und Klimaziele 2030 und 2050 bei unterschiedlichen Wohn- und Nichtwohngebäudetypologien. Betrachtungen zur Energieeffizienz, erneuerbaren Energien und weiterer Dekarbonisierungsoptionen mit Blick auf die CO₂-Vermeidungskosten. Unter Mitarbeit von Andreas H. Holm, Bert Oschatz, Nils Thamling, Christoph Sprengard, Wolfgang Schmidt, Bettina Mailach et al. Gräfelfing, Dresden, Berlin.

BMWi; BMUB (2015): Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand.

Diefenbach, Nikolaus; Cischinsky, Holger; Rodenfels, Markus; Clausnitzer, Klaus-Dieter (2010): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Hg. v. Institut Wohnen und Umwelt IWU und Bremer Energie Institut BEI.

DIN V 18599:2011; DIN V 18599:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.

DIN V 18599, 2018: DIN V 18599-1:2018-09, Energetische Bewertung von Gebäuden Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung_.

VDI 2067 Blatt 1, 2012: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Grundlagen und Kostenberechnung.

Im Auftrag von:

Bundesverband energieeffiziente Gebäudehülle e.V. (BuVEG)

Friedrichstraße 95 (PB 138)

10117 Berlin



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
Lochhamer Schlag 4 | DE-82166 Gräfelfing
Geschäftsführender Institutsleiter:

Bauaufsichtlich anerkannte
Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle
von Baustoffen und Bauteilen.

Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet des
Wärme- und Feuchteschutzes

T+49 89 85800-0 | F +49 89 85800-40
info@fiw-muenchen.de | www.fiw-muenchen.de
Prof. Dr.-Ing. Andreas H. Holm