



Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden

Forschung und Anwendung GmbH

Prof. Oschatz - Prof. Hartmann - Dr. Winiewska - Prof. Werdin

Flüssiggas (LPG) im Wärmemarkt des ländlichen Raumes

Beitrag zu Versorgungssicherheit und Klimaschutz

Auftraggeber: Deutscher Verband Flüssiggas e. V.
EnergieForum
Stralauer Platz 33 - 34
10243 Berlin

Auftragnehmer: ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Tiergartenstr. 54 in 01219 Dresden
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz
Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska
Dipl.-Ing. Bettina Mailach

Dresden, 06. Oktober 2022

Inhalt

1	Management Summary	2
2	Einleitung	4
3	65%-EE-Vorgabe	6
3.1	Formulierung im Koalitionsvertrag	6
3.2	Präzisierung im Maßnahmenpaket des Bundes vom 23. März 2022	6
3.3	Präzisierung im Umsetzungskonzept vom 14. Juli 2022	7
3.4	Resultierende EE-Anteile für typische Varianten	8
4	Abschätzung des Potenzials für neue Flüssiggasheizungen (LPG)	10
4.1	Methodik und Hochrechnung.....	10
4.2	THG-Einsparung durch Umstellen auf Flüssiggasheizungen.....	12
4.3	Potenzial für neue Flüssiggasheizungen nach Abgleich mit der Prognose zur Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen	13
5	Vergleichsbewertung	15
5.1	Randbedingungen	15
5.1.1	Gebäude und Wärmeschutzstandard.....	15
5.1.2	Anlagentechnik	17
5.1.3	Energetische und ökologische Kennwerte	18
5.1.4	Energiepreise.....	18
5.1.5	Investitionskosten und Förderung	19
5.1.6	Jahresgesamtkosten.....	20
5.2	Ergebnisse EFH Bestand	20
5.2.1	Energetische und ökologische Kennwerte	20
5.2.2	Investitionskosten und mögliche Förderung	22
5.2.3	Jahresgesamtkosten.....	24
5.3	Ergebnisse DHH Bestand.....	24
5.3.1	Energetische und ökologische Kennwerte	24
5.3.2	Investitionskosten und mögliche Förderung	26
5.3.3	Jahresgesamtkosten.....	27
5.4	Ergebnisse 6-FH Bestand	28
5.4.1	Energetische und ökologische Kennwerte	28
5.4.2	Investitionskosten und mögliche Förderung	30
5.4.3	Jahresgesamtkosten.....	31
5.5	Parametervariation: Energiepreisentwicklung.....	32
6	Quellenangaben	35

1 Management Summary

Deutschland hat sich ambitionierte Ziele zur Verringerung der Treibhausgasemissionen gestellt. Im Gebäudesektor sollen die Emissionen von 119 Mio. t im Jahr 2020 auf 67 Mio. t in 2030 verringert werden. Dies erfordert eine zeitnahe grundlegende Umgestaltung insbesondere im Bereich der Wärmebereitstellung für die Heizung und Warmwasserversorgung. Aktuell werden mehr als 85 % der Heizungen in Deutschland mit fossilen Energieträgern versorgt. In etwa 50 % der Gebäude werden gasförmige Brennstoffe zur Wärmebereitstellung eingesetzt, Heizöl in ca. 25 % der Gebäude. Mit Flüssiggas (LPG) werden ca. 600.000 Heizungen in Deutschland versorgt, insgesamt gibt es 21 Mio. Heizwärmeerzeuger in Gebäuden.

Für die Verringerung der Treibhausgasemissionen werden gegenwärtig grundsätzlich folgende Optionen priorisiert: Modernisierung der Anlagentechnik möglichst mit Energieträgerwechsel, Verringerung des Energieverbrauchs durch Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes, Einsatz von Energieträgern mit verringerter Treibhausgaswirkung. Die geplanten Maßnahmen der deutschen Energie- und Klimapolitik zur Erreichung der bis 2045 angestrebten Klimaneutralität für den Gebäudesektor fokussieren sehr stark auf Wärmenetze und elektrische Versorgungssysteme. Die Besonderheiten des ländlichen Raumes spielen bei den Überlegungen bisher nur eine untergeordnete Rolle, obwohl nach Angaben des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung 68 Prozent der Fläche Deutschlands ländliche Räume sind, in denen 32 Prozent der Bevölkerung leben.

Einen wichtigen Beitrag zur Umgestaltung der Gebäudewärmeversorgung im Bestand wird die geplante Änderung des Gebäudeenergiegesetzes leisten. Ab dem 1. Januar 2024 soll möglichst jede neu eingebaute Heizung zu mindestens 65 Prozent mit Erneuerbaren Energien betrieben werden. Entsprechend der grundlegenden politischen Strategie werden Wärmepumpen und Wärmenetze als Erfüllungsoptionen priorisiert. Die Nutzung von fester oder flüssiger Biomasse, von grünen Gasen, Hybridheizungen und Stromdirektheizungen stellen weitere Erfüllungsoptionen dar.

Die ambitionierten Klimaziele und die angestrebten 65 % erneuerbare Energien bei neuen Heizungen sind nur unter Nutzung aller Optionen erreichbar.

Exemplarisch kann dies für den Bereich der bisher mit Heizöl beheizten Gebäude ausgeführt werden. Es gibt in Deutschland etwa 4,6 Mio. Gebäude mit älteren Ölheizungen, die sich zum großen Teil im ländlichen Raum befinden. Ein Teil davon, vor allem die größeren Gebäude, kann perspektivisch an Wärmenetze angeschlossen werden. Ein weiterer Teil kann direkt oder nach durchgeführten baulichen Wärmeschutzmaßnahmen mit Wärmepumpen bzw. Wärmepumpen-Hybridheizungen versorgt werden. Auch eine teilweise Umstellung auf Pelletheizungen ist unter Berücksichtigung der eingeschränkten Verfügbarkeit von Holz als Brennstoff möglich. Flüssige biogene Brennstoffe können insbesondere in Verbindung mit Solarthermie für einen weiteren Teil der Gebäude zur Erreichung der 65 % erneuerbaren Wärmeversorgung beitragen. Trotzdem verbleibt selbst bei optimistischen Annahmen zur

Nutzung aller beschriebenen Optionen ein Anteil von ca. 830.000 ölbeheizten Gebäuden, die mit den beschriebenen Optionen bis 2035 kaum zu dekarbonisieren sind.

Regenerativ erzeugtes Flüssiggas (LPG) stellt eine weitere und bisher kaum beachtete Option zur Verringerung der Treibhausgasemissionen dar. Diese Option ist gerade für Gebäude im ländlichen Raum attraktiv, bei denen technische oder wirtschaftliche Restriktionen die Nutzung der sonst diskutierten Lösungen zur CO₂-Einsparung verhindern. Durch den Einsatz von Flüssiggas (LPG) mit regenerativen Brennstoffanteilen in Verbindung mit effizienter marktgängiger Anlagentechnik lassen sich unmittelbar rund 50 % der THG-Emissionen einsparen. Diese THG-Minderung ist vergleichbar mit den Auswirkungen einer vollständigen Modernisierung der Gebäudehülle, allerdings mit einem deutlich geringeren technischen und finanziellen Aufwand.

Im Vergleich mit dem Einbau einer Wärmepumpenheizung weist der Einbau einer üblichen Flüssiggasheizung günstige Investitionskosten auf. Die Umstellung auf Flüssiggas kann daher auch bei geringerem Fördermitteleinsatz durch weniger finanzstarke Gebäudeeigentümer realisiert werden. Die aus Energie- und Kapitalkosten sowie betriebsgebundenen Kosten resultierenden Gesamtkosten von Flüssiggasheizungen mit 65 % erneuerbaren Anteilen sind akzeptabel.

Im Jahr 2020 wurden nach Angaben des DVFG 588.000 t Flüssiggas (LPG) im deutschen Wärmemarkt verbraucht, dies entspricht brennwertbezogen 8,2 TWh. Die Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen im Wärmemarkt für Wohngebäude wird nach Prognosen des DVFG von 18.400 t in 2020 auf mehr als 152.000 t im Jahr 2030 steigen. Je nach eingesetzter Anlagentechnik könnten damit bereits bis 2030 ca. 143.000 bis 365.000 neue Flüssiggasheizungen installiert werden, welche die zukünftigen gesetzlichen Vorgaben zur Nutzung von 65 % erneuerbaren Energien erfüllen.

Flüssiggas (LPG) kann als speicherbarer und vom Erdgasnetz unabhängiger Energieträger kurzfristig einen Beitrag zur Energieversorgungssicherheit leisten. Kurz- und mittelfristig können Flüssiggasheizungen mit regenerativen Brennstoffanteilen einen Beitrag zur Erreichung der ambitionierten Klimaschutzziele im Gebäudebereich leisten. Politische Voraussetzung dafür ist, dass Nischenlösungen wie Flüssiggasheizungen bei der Ausgestaltung der zukünftigen gesetzlichen Vorgaben entsprechend berücksichtigt werden. Nur dann ist zu erwarten, dass regeneratives Flüssiggas in möglichst großem Umfang für den Wärmemarkt bereitgestellt und auch eingesetzt wird.

2 Einleitung

Die deutschen Klimaschutzziele sind erstmalig im Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 [KSG 2019] verbindlich gesetzlich festgelegt worden.

Infolge eines Urteils des Bundesverfassungsgerichtes vom 24. März 2021 und ambitionierterer EU-Vorgaben wurde das Klimaschutzgesetz im Jahr 2021 novelliert. Die Gesetzesnovelle ist am 31. August 2021 in Kraft getreten. [KSG 2021] sieht eine schrittweise Reduzierung der nationalen THG-Emissionen um mindestens 65 % bis 2030 und mindestens 88 % bis 2040 jeweils ggü. 1990. Die Netto-Treibhausgasneutralität soll in Deutschland bis 2045 erreicht werden. Die im [KSG 2021] vorgesehenen Emissionshöchstmengen für Gebäudesektor bis 2030 im Vergleich zur bisherigen Entwicklung enthält folgende Abbildung. Demnach sollen die THG-Emissionen des Gebäudesektors bis 2030 auf 67 Mio. t CO₂-Äquivalente abgesenkt werden.

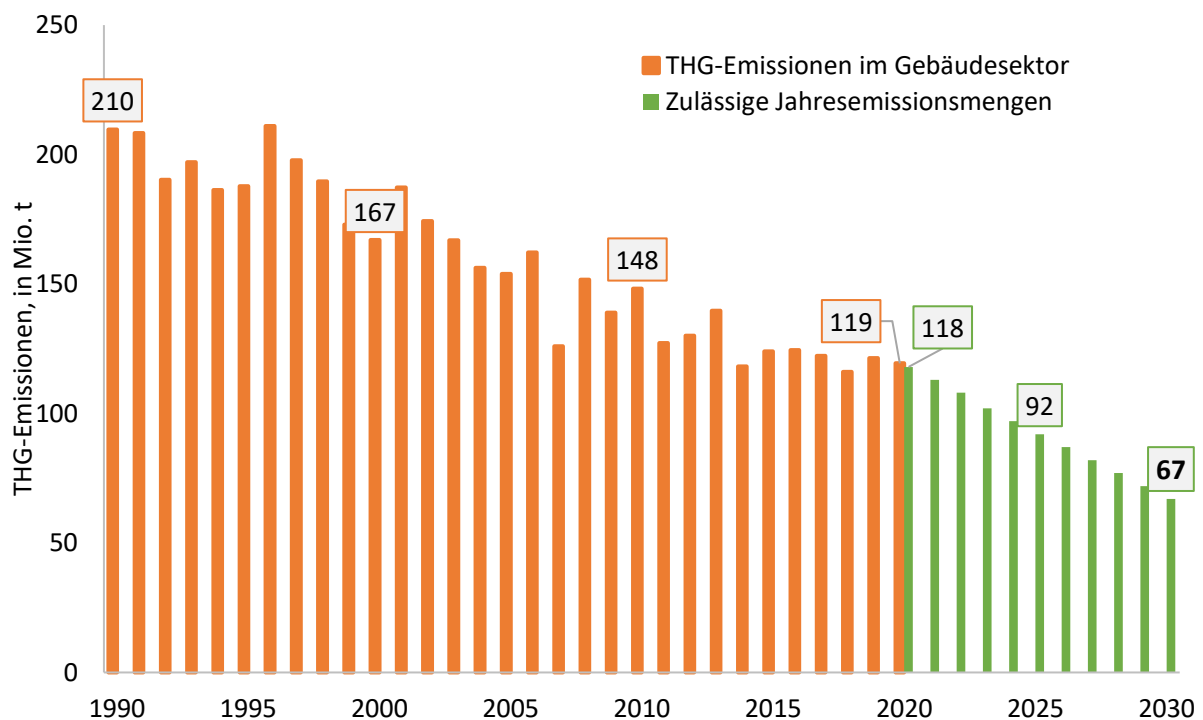


Abbildung 1: THG-Emissionen des Gebäudesektors – bisherige Entwicklung und Ziele nach [KSG 2021]

Aktuell fokussiert die deutsche Energie- und Klimapolitik zur Erreichung der bis 2045 angestrebten Klimaneutralität für den Gebäudesektor sehr stark auf elektrische Versorgungssysteme und Wärmenetze.

Die Spezifika des ländlichen Raumes, in dem in vielen Fällen keine leitungsgebundene Versorgung durch Erdgas oder Fernwärme verfügbar ist, werden dabei häufig nur unzureichend berücksichtigt. Im Rahmen der Studie wird analysiert, welchen Beitrag Flüssiggasheizungen zur Erreichung des politisch vorgesehenen Umbaus der vorhandenen Ölheizungen in Richtung auf mehr Klimaschutz und Nutzung erneuerbarer Energien leisten können.

Einleitend wird die ursprünglich im Koalitionsvertrag formulierte und inzwischen im Maßnahmenpaket des Bundes zum Umgang mit den hohen Energiekosten und in dem Umsetzungskonzept vom 14. Juli 2022 präzisierte 65%-EE-Vorgabe für neue Heizungen analysiert und deren mögliche Auswirkungen auf den zukünftigen Einsatz von Heizungen insbesondere im Bestand diskutiert.

Anschließend wird das Potenzial für neue Flüssiggasheizungen (LPG) und die möglichen THG-Einsparungen durch Umstellen auf Flüssiggas (LPG) anhand der Anzahl an Gebäuden mit alten Ölheizungen, die mit den politischen Hauptmaßnahmen (baulicher Wärmeschutz, Wärmepumpen, Wärmenetze) bis 2035 nicht erreichbar sind, abgeschätzt.

Abschließend werden Systemvergleiche in Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Ökologie für drei Gebäudetypen mit Heizöl als Energieträger im Ausgangszustand durchgeführt.

3 65%-EE-Vorgabe

3.1 Formulierung im Koalitionsvertrag

Der Koalitionsvertrag [KoaV 2021] der aktuellen Bundesregierung enthält folgende Formulierung: „zum 1. Januar 2025 soll jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von 65 Prozent erneuerbarer Energien betrieben werden“ Gemäß der Formulierung im KoaV soll „jede neu eingebaute Heizung“ die 65%-EE-Pflicht erfüllen. Damit gilt die Pflicht zur Nutzung erneuerbaren Energien sowohl für die Bestandsgebäude als auch für die zu errichtenden Gebäude. Eine gezielte Einschränkung ausschließlich auf Wohngebäude kann der Formulierung nicht entnommen werden, so dass vermutet werden kann, dass die 65%-EE-Pflicht ebenso für heizungstechnische Anlagen im Bereich der Nichtwohngebäude gelten soll.

Anschlüsse an bestehende Wärmenetze sind von der Regelung nicht betroffen, da im KoaV keine Anforderungen an den Anteil erneuerbaren Energien bei Wärmenetzen für das GEG formuliert werden. Die Verpflichtung zur Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze bzw. zur EE-Nutzung bei neu errichteten Wärmenetzen soll dementsprechend durch andere Instrumente adressiert werden.

Für alle anderen Heizsysteme soll die 65%-EE-Pflicht gelten. Die Technologieoffenheit wird damit durch die Anforderung von 65%-EE-Anteil gegenüber dem bisherigen Heizungsmarkt stark eingeschränkt, was jedoch im Sinne des Klimaschutzes unvermeidlich ist, wenn man von einer insbesondere in den nächsten Jahren stark eingeschränkten Verfügbarkeit THG-reduzierter oder -neutraler nicht biogener Brennstoffe ausgeht. Ebenso unvermeidlich sind weitere, im KoaV nicht genannte Einschränkungen für die Nutzung biogener Brennstoffe, da nachhaltig verfügbare Biomassepotenziale begrenzt sind.

Die Bezugsgröße für den im KoaV genannten 65%-Anteil erneuerbarer Energien ist nicht genau definiert. Denkbar wären u.a. folgende Bezugsgrößen:

- der Wärmeenergiebedarf,
- die Leistung,
- der Primärenergiebedarf,
- die THG-Emissionen.

Der Bezug auf den Wärmeenergiebedarf bzw. bei kombinierter Versorgung incl. Trinkwarmwasserenergiebedarfs wäre an die Systematik im alten EEWärmeG bzw. im § 10 sowie §§ 34 bis 44 GEG angelehnt. Vorteil eines Bezugs auf den Wärmeenergiebedarf ist die direkte Verwendung der Formulierung im KoaV sowie die aus dem EEWärmeG bzw. dem GEG bekannte Systematik, die einen Rückgriff auf bekannte Berechnungs- und Bilanzierungsansätze ermöglicht. Nachteil einer solchen Regelung wäre, dass in jedem Fall eine vollständige Energiebedarfsberechnung von Gebäude und Anlagentechnik erforderlich wird.

3.2 Präzisierung im Maßnahmenpaket des Bundes vom 23. März 2022

Im Ergebnis des Koalitionsausschusses vom 23. März 2022 wird ein Maßnahmenpaket des Bundes zum Umgang mit den hohen Energiekosten [Maßnahmenpaket 2022] beschlossen. Darin ist eine weitere Formulierung im Zusammenhang mit der 65%-EE-Vorgabe enthalten, die zum einen den Zeitpunkt des Inkrafttretens vorzieht und zum anderen auf mögliche Ausnahmefälle hindeutet: „Wir werden jetzt gesetzlich festschreiben, dass ab dem 1. Januar

2024 möglichst jede neu eingebaute Heizung zu 65 Prozent mit Erneuerbaren Energien betrieben werden soll.“

3.3 Präzisierung im Umsetzungskonzept vom 14. Juli 2022

Im Konzeptpapier zur 65%-EE-Vorgabe vom 14. Juli 2022 [Umsetzungskonzept 2022] werden zwei mögliche Varianten zur Gestaltung der Erfüllungsmöglichkeiten durch das BMWK und BMWSB zur Diskussion gestellt. Während bei der ersten Variante alle Erfüllungsmöglichkeiten auf einer Stufe stehen und der verpflichtete Eigentümer frei zwischen den unterschiedlichen Erfüllungsmöglichkeiten wählen kann, wird bei der zweiten Variante ein Zwei-Stufen-Modell vorgeschlagen.

In der ersten Variante - Erfüllungsoptionen auf einer Ebene - kann der Eigentümer zwischen folgenden Erfüllungsoptionen wählen:

- Anschluss an ein Wärmenetz
- Einbau einer Wärmepumpe mit der Wärmequelle Luft, Erdreich oder Wasser
- Einbau einer Biomasseheizung auf Basis von fester oder flüssiger Biomasse
- Einbau einer Gasheizung unter Nutzung von Biomethan / grünem H₂ / anderen grünen Gasen
- Einbau einer Hybridheizung
- Einbau einer Stromdirektheizung

Bei der zweiten Variante - Erfüllungsoptionen mit Stufenverhältnis – müssen vorrangig die in der Stufe 1 genannten Optionen genutzt werden:

- Anschluss an ein Wärmenetz
- Einbau einer Wärmepumpe mit der Wärmequelle Luft, Erdreich oder Wasser
- Einbau einer Hybridheizung
- Einbau einer Stromdirektheizung

Wenn alle auf der ersten Stufe stehenden Erfüllungsoptionen nach Nachweis eines Sachkundigen technisch nicht möglich, rechtlich nicht zulässig oder wirtschaftlich nicht vertretbar sind, dann kann die 65%-EE-Pflicht auch durch

- Einbau einer Gasheizung unter Nutzung von Biomethan / grünem H₂ / anderen grünen Gasen
- Einbau einer Biomasseheizung auf Basis von fester oder flüssiger Biomasse

erfüllt werden.

Mit dem Umsetzungskonzept wurde eine Diskussion mit den beteiligten Kreisen eingeleitet. Nach Auswertung der Rückmeldungen durch zuständige Bundesministerien wird eine Gesetzesvorlage vorbereitet.

3.4 Resultierende EE-Anteile für typische Varianten

Im Folgenden werden für typische Sanierungsvarianten die resultierenden EE-Anteile am Beispiel eines freistehenden Bestands-Einfamilienhauses mit einer Wohnfläche von ca. 150 m² (EFH Bestand) ausgewiesen. Für das Bestands-EFH wird ein baulicher Wärmeschutz angenommen, der etwa der Wärmeschutzverordnung 1984 [WSchV 84] entspricht. Abweichend davon wird unterstellt, dass ein Fenstertausch bereits stattgefunden hat.

In Tabelle 1 werden die resultierenden Anteile der erneuerbaren Energien am gesamten Wärmeenergiebedarf für die möglichen Sanierungsvarianten im Bestands-EFH ausgewiesen. Für die Flüssiggasvarianten wird zusätzlich der für das Erfüllen des 65%-EE-Anteils erforderliche Anteil von regenerativem Flüssiggas angegeben. Bei den beiden Varianten mit Wärmepumpen (monoenergetische L/W-EWP sowie L/W-EWP + Gas-BW) wird der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Wärmeenergiebedarf für zwei Fälle berechnet:

- Ausschließliche Anrechnung der Umweltenergie als erneuerbar
- Anrechnung der gesamten Wärmeabgabe der Wärmepumpe (ggf. incl. Heizstab) als erneuerbar

Die energetische Bewertung erfolgt mit DIN V 18599:2018-09 unter Berücksichtigung von Standardwerten für die Anlagentechnik.

Tabelle 1: Resultierende EE-Anteile am Wärmeenergiebedarf am Beispiel EFH Bestand ($A_N=177\text{m}^2$, Berechnung mit Standardwerten der Norm)

	Wärmeenergie- bedarf (Heizung + TWE), in kWh/a	Deckungsbeitrag Erneuerbare Energien, in kWh/a			Anteil EE am Wärmeenergie- bedarf	Erforderlicher Anteil von regenerativem Flüssiggas für 65%-EE- Anteil	Anmerkung
		Solarthermie	Umweltenergie	Holz/Pellets			
Gas-BW	28.061	0	0	0	0%	65%	
Gas-BW + sol. TWE	27.914	2.240	0	0	8%	57%	
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	27.473	3.563	0	0	13%	52%	
Gas-BW + Kaminofen (hydr. eingebunden)	26.311	0	0	6.564	16%	49%	
Pelletkessel	28.061	0	0	30.426	100%		
L/W-EWP	27.733	0	18.040	0	65%		nur Umweltenergie angerechnet
L/W-EWP	27.733	0	18.040	0	100%		gesamte Wärmeabgabe der WP angerechnet
L/W-EWP + Gas-BW	28.409	0	12.460	0	44%	21%	nur Umweltenergie angerechnet
L/W-EWP + Gas-BW	28.409	0	12.460	0	77%		gesamte Wärmeabgabe der WP angerechnet

4 Abschätzung des Potenzials für neue Flüssiggasheizungen (LPG)

4.1 Methodik und Hochrechnung

Die Basis der Abschätzung bildet die Anzahl unsanierter ölbeheizter Gebäude mit Niedertemperaturkesseln im Status quo, abzüglich der bis 2035 unterstellten Anteile für

- Bauliche Sanierung, die einen anschließenden Wechsel zu Wärmepumpen und anderen Versorgungsvarianten ohne Flüssiggas ermöglicht
- Wärmenetze
- Wärmepumpen monoenergetisch
- Wärmepumpen bivalent mit Öl-BW und andere Öl-EE-Varianten
- Pelletkessel
- Ölheizung (Härfälle)

Die verbleibende Anzahl der Gebäude entspricht dem Potenzial für neue Flüssiggasheizungen (LPG) mit anteiliger Versorgung mit regenerativem Flüssiggas.

Für die Abschätzung wird die mittlere bauliche Sanierungsrate bis 2035 mit 1,6% p.a. und die mittlere Abrissrate mit 0,1% p.a. unterstellt.

Es gibt in Deutschland etwa 4,6 Mio. Gebäude mit älteren Ölheizungen, die sich zum großen Teil im ländlichen Raum befinden. Ein Teil davon, vor allem die größeren Gebäude, kann perspektivisch an Wärmenetze angeschlossen werden. Ein weiterer Teil kann direkt oder nach durchgeführten baulichen Wärmeschutzmaßnahmen mit Wärmepumpen bzw. Wärmepumpen-Hybridheizungen versorgt werden. Auch eine teilweise Umstellung auf Pelletheizungen ist unter Berücksichtigung der eingeschränkten Verfügbarkeit von Holz als Brennstoff möglich. Flüssige biogene Brennstoffe können insbesondere in Verbindung mit Solarthermie für einen weiteren Teil der Gebäude zur Erreichung der 65 % erneuerbaren Wärmeversorgung beitragen. Trotzdem verbleibt selbst bei optimistischen Annahmen zur Nutzung aller beschriebenen Optionen ein Anteil von ca. 830.000 ölbeheizten Gebäuden, die mit den beschriebenen Optionen bis 2035 kaum zu dekarbonisieren sind. Dabei entfallen rund 800.000 Gebäude auf Ein- und Zweifamilienhäuser, die durch neue Flüssiggasheizungen versorgt werden könnten. Das mögliche Potenzial für neue Flüssiggasheizungen im Bereich der kleinen bis mittleren Mehrfamilienhäuser beträgt etwa 30.000 Gebäude. Im Bereich der bisher mit Heizöl versorgten großen Mehrfamilienhäuser werden keine Potenziale für neue Flüssiggasheizungen abgeschätzt (s. Tabelle 2)

Tabelle 2: Abschätzung des Potenzials für neue Flüssiggasheizungen (LPG)

	EFH			MFH			gMFH		
Gesamtzahl	16.040.000			3.060.000			170.000		
Öl-NT-Heizungen	4.186.226			394.922			18.852		
Öl-NT-Heizungen nach Sanierungszustand	unsaniert	saniert	neu	unsaniert	saniert	neu	unsaniert	saniert	neu
	80%	19%	1%	81%	19%	0%	81%	19%	0%
	3.348.981	795.383	41.862	319.886	75.035	0	15.270	3.582	0
davon zu Wärmepumpen		795.383	41.862		75.035	0		3.582	0
potentiell geeignet für Flüssiggas (LPG)	3.348.981	0	0	319.886	0	0	15.270	0	0
verbleibende unsanierte Gebäude bis 2035	2.494.991			238.315			11.376		
davon zu Wärmenetzen	3%			35%			80%		
davon zu WP	10%			5%			0%		
davon zu WP-Öl-Hybrid bzw. andere Öl-Optionen mit EE-Anteil	35%			35%			10%		
davon zu Pellet	15%			10%			10%		
verbleibend bei Öl wegen unzumutbarer Härte absolute Wechsel	5%			3%			0%		
davon zu Wärmenetzen	74.850			83.410			9.101		
davon zu WP	249.499			11.916			0		
davon zu WP-Öl-Hybrid bzw. andere Öl-Optionen mit EE-Anteil	873.247			83.410			1.138		
davon zu Pellet	374.249			23.832			1.138		
verbleibend bei Öl wegen unzumutbarer Härte	124.750			7.149			0		
verbleibend für Flüssiggas (LPG) bzw. WP-Flüssiggas-Hybride	798.397			28.598			0		

4.2 THG-Einsparung durch Umstellen auf Flüssiggasheizungen

Durch das Umstellen von 827.000 Gebäuden auf Flüssiggasheizungen (LPG) mit anteilig regenerativem Flüssiggas könnten bis zu 3,8 Mio. t/a CO₂-Äq. ggü. dem Ausgangszustand mit Heizöl als Energieträger eingespart werden (s. Abbildung 2). Für alle auf Flüssiggasheizungen mit anteilig regenerativem Flüssiggas umgestellten Gebäude würde dabei ein Bedarf an regenerativem Flüssiggas von 4,9 bis 11,6 TWh/a entstehen. Der Bedarf an regenerativem Flüssiggas wäre dabei sehr stark von der gewählten Versorgungslösung und damit dem erforderlichen Anteil von regenerativem Flüssiggas zur Erreichung des 65%-EE-Anteils und damit zur Erfüllung der 65%-EE-Vorgabe abhängig.

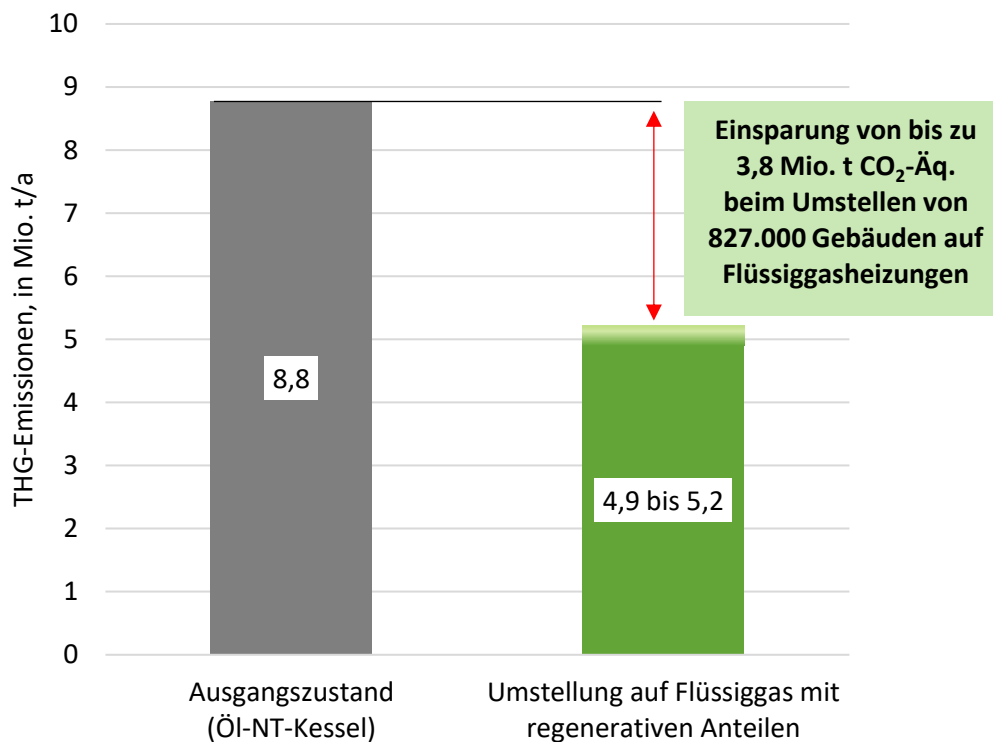


Abbildung 2: Abschätzung der THG-Einsparungen ggü. Ausgangszustand durch Umstellen auf Flüssiggasheizungen

Die Einsparung an THG-Emissionen durch Umstellen auf Flüssiggasheizungen mit anteiliger Deckung durch regeneratives Flüssiggas wäre dabei mit den aus einer Kompletmodernisierung der Gebäudehülle der betroffenen Gebäude resultierenden THG-Einsparung vergleichbar (s. Abbildung 3).

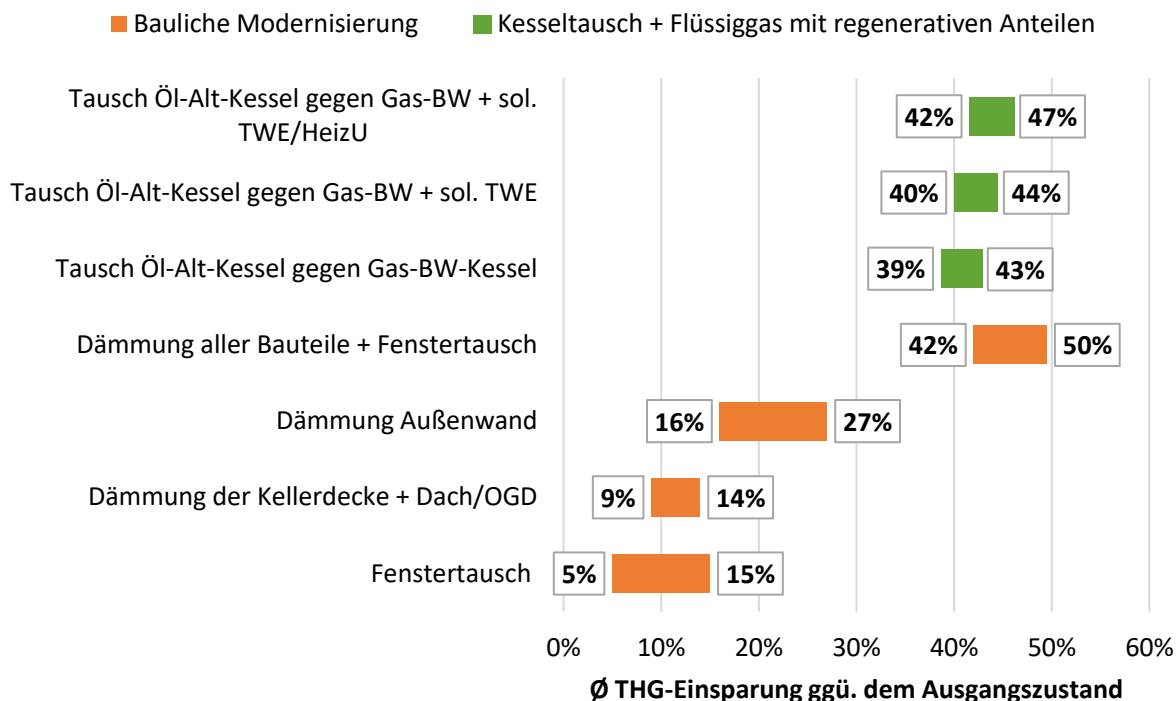


Abbildung 3: THG-Einsparungen durch Umstellen auf Flüssiggasheizungen im Vergleich zu baulichen Maßnahmen

4.3 Potenzial für neue Flüssiggasheizungen nach Abgleich mit der Prognose zur Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen

Der Flüssiggasverbrauch (LPG) im Wärmemarkt lag im Jahr 2020 bei 588.000 t (8,2 TWh_{HS}). Für die DVFG-Prognose zur Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen im Wärmemarkt wird die Verfügbarkeit in Deutschland aus der prognostizierten Verfügbarkeit in Europa abgeleitet. Die DVFG-Prognose zur Verfügbarkeit von Biopropan und regenerativ hergestelltem Dimethylether (rDME) bis 2030 im Bereich der privaten Haushalte enthält folgende Abbildung.

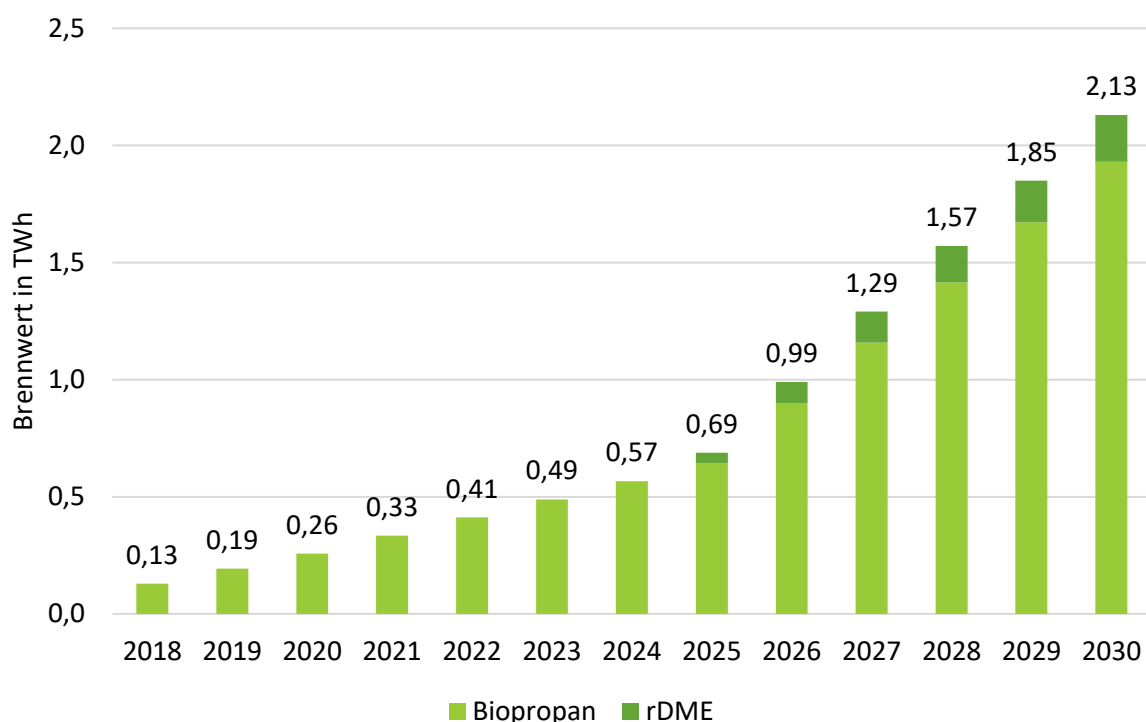


Abbildung 4: DVFG-Prognose zur Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen in Deutschland

Die Anzahl der auf Flüssiggasheizungen bis 2030 umstellbaren Gebäude ist stark abhängig von der Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen und der Versorgungslösung und damit erforderlichem Anteil an regenerativem Flüssiggas zur Erfüllung der 65%-EE-Vorgabe. Basierend auf der DVFG-Schätzung zur Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen bis 2030 und den in Tabelle 3 unterstellten möglichen Szenarien zur Entwicklung der Anlagentechnik wäre eine Umstellung von ca. 143.000 bis 365.000 Gebäude auf Flüssiggasheizungen bereits bis 2030 möglich.

Tabelle 3: Potenzial für neue Flüssiggasheizungen (LPG) nach Abgleich mit der Prognose zur Verfügbarkeit von regenerativen Flüssiggasen

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Anteil Gebäude mit BW-Kessel in Verbindung mit L/W-EWP ohne Bezug von regenerativem Flüssiggas	10%	20%	50%
Anteil Gebäude mit sonstigen Flüssiggasheizungen mit Bezug von regenerativem Flüssiggas	90%	80%	50%
Erforderlicher Anteil regeneratives Flüssiggas im Gemisch zur Erreichung der 65%-EE-Pflicht	58%	50%	37%
Resultierende Anzahl der Gebäude, deren Bedarf an regenerativem Flüssiggas bis 2030 gedeckt werden kann	143.000	190.000	365.000
THG-Einsparung pro Jahr ggü. dem Ausgangszustand, in Mio. t/a CO ₂ -Äq.	0,63	0,85	1,49

5 Vergleichsbewertung

5.1 Randbedingungen

5.1.1 Gebäude und Wärmeschutzstandard

Im Rahmen der Studie werden

- ein freistehendes Bestands-Einfamilienhaus (EFH Bestand)
- eine Bestand-Doppelhaushälfte (DHH Bestand)
- ein freistehendes Bestands-Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten (6-FH Bestand)

betrachtet.

In den folgenden Abbildungen werden die Hauptabmessungen und die Abgrenzung der thermischen Hülle verdeutlicht. Tabelle 4 enthält Angaben zur wärmeübertragenden Umfassungsfläche, zum davon eingeschlossenen Volumen und zum A/V-Verhältnis der betrachteten Wohngebäude. Bei allen betrachteten Gebäuden liegt der Keller außerhalb der thermischen Hülle.

Tabelle 4: Gebäudedaten

	EFH Bestand	DDH Bestand	6-FH Bestand
Wohnfläche	150 m ²	120 m ²	500 m ²
Nutzfläche A_N	177 m ²	142 m ²	605 m ²
Bruttovolumen V_e	554 m ³	443 m ³	1.891 m ³
A/V_e	0,74 m ⁻¹	0,69 m ⁻¹	0,52 m ⁻¹

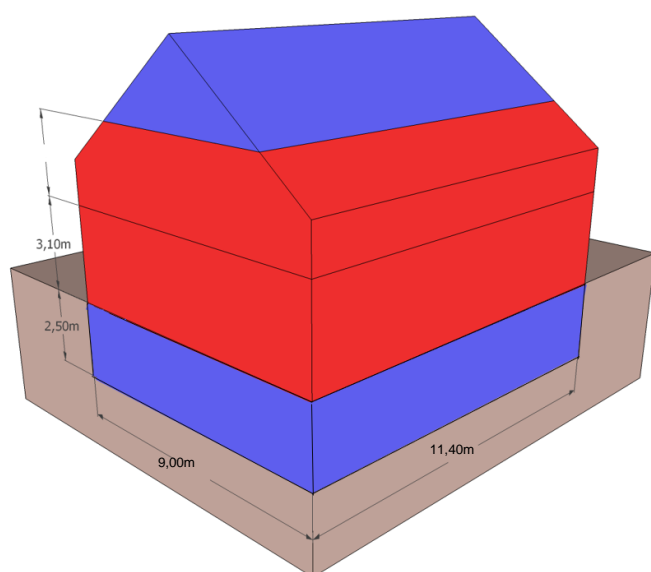


Abbildung 5: EFH Bestand

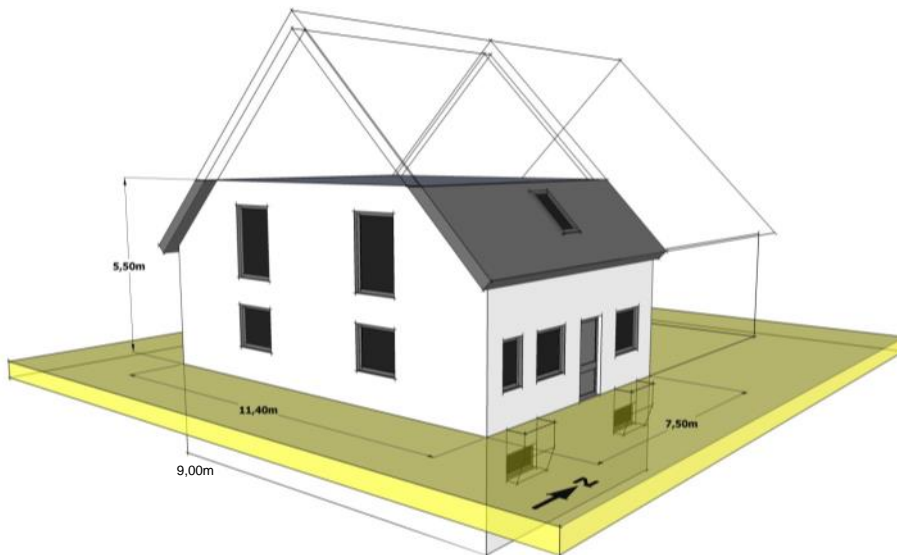


Abbildung 6: DHH Bestand, Bildquelle: [ZUB, 2010]

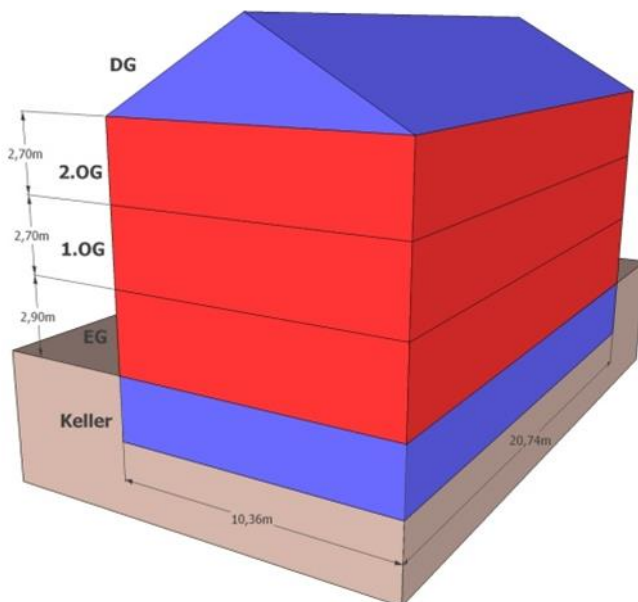


Abbildung 7: 6-FH Bestand

Für die betrachteten Bestandsgebäude wird ein baulicher Wärmeschutz angenommen, der etwa der Wärmeschutzverordnung 1984 [WSchV 84] entspricht. Abweichend davon wird unterstellt, dass ein Fenstertausch bereits stattgefunden hat. Die den Berechnungen zugrunde gelegten U-Werte können Tabelle 5 entnommen werden.

Tabelle 5: Baulicher Wärmeschutz, U-Werte

U-Wert in W/m²K	Außenwand	0,60
	Fenster	1,30
	Dach	0,40
	oberste Geschossdecke	0,40
	Kellerdecke	0,60
Wärmebrückenzuschlag in W/m²K		0,10

5.1.2 Anlagentechnik

Für die Betrachtungen wird von einem heizölbetriebenen Alt-Kessel ausgegangen. Der unterstellte anlagentechnische Ausgangszustand wird in Tabelle 6 beschrieben.

Tabelle 6: Anlagentechnischer Ausgangszustand

	Anlagentechnischer Ausgangszustand
Heizung	<ul style="list-style-type: none"> • Niedertemperaturkessel, 1993 • Ungeregelte Pumpe, überdimensioniert • Anlage nicht hydraulisch abgeglichen • Systemtemperaturen 80/60°C • Alte Thermostatventile • mäßige Dämmung der Verteil- und Strangleitungen
Trinkwassererwärmung	<ul style="list-style-type: none"> • Zentrale Trinkwarmwasserbereitung über Wärmeerzeuger Heizung • Mäßig gedämmter Speicher, 1993 • Rohrleitungen mit Zirkulation, mäßig gedämmt

Für den Ausgangszustand ergibt sich damit ein Heizölbedarf von:

- 3.350 l Heizöl p.a. im EFH Bestand
- 2.500 l Heizöl p.a. in DHH Bestand
- 8.700 l Heizöl p.a. m 6-FH Bestand.

Im Rahmen der Ausarbeitung werden folgende anlagenseitige Modernisierungsvarianten berücksichtigt:

- Gas-Brennwertkessel + ind. beheizter Speicher (Gas-BW)
- Gas-Brennwertkessel + solare Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Gas-BW + sol. TWE/HeizU)
- Elektrisch betriebene Luft/Wasser-Wärmepumpe (L/W-WP)
- Elektrisch betriebene Sole/Wasser-Wärmepumpe (S/W-WP)
- Gas-Hybridsystem mit elektrisch betriebener L/W-WP (30% Leistungsanteil) und Gas-Brennwertkessel (Gas-Hybrid)
- Gaswärmepumpe
- KWK, motorisch (nur im 6-FH Bestand)

Im Rahmen der anlagenseitigen Modernisierung werden folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Einbau neuer Wärmeerzeuger mit Hocheffizienzpumpe und neues Trinkwassererwärmungssystem
- Dämmung Verteilleitungen im Keller
- Einbau neuer TRV, hydraulischer Abgleich incl. Absenkung der Systemtemperaturen auf 70/55°C bei Varianten mit Brennwertkessel, Gas-Hybridsystem und KWK-System
- Einbau neuer Heizflächen mit 50/40 °C bei Elektro-Wärmepumpen (monoenergetisch) und Gaswärmepumpe

5.1.3 Energetische und ökologische Kennwerte

Die Berechnung der Endenergiebedarfswerte erfolgt mit einer kommerziellen Energieberatersoftware mit DIN V 18599:2018-09 unter Berücksichtigung von Standardwerten der Norm für die Anlagentechnik.

Bei der Berechnung der Primärenergiebedarfswerte und der THG-Emissionen werden die Primärenergie- und THG-Faktoren nach [GEG 2020] berücksichtigt. Der KWK-Strom wird vollständig jeweils mit dem Primärenergiefaktor bzw. THG-Emissionsfaktor für Verdrängungstrommix gutgeschrieben. Die der Berechnung zugrunde liegenden Faktoren können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 7: Primärenergie- und THG-Faktoren

	Primärenergiefaktor	THG-Emissionsfaktor
Heizöl	1,1	310 g/kWh
Flüssiggas	1,1	270 g/kWh
Regeneratives Flüssiggas - Brennwertkessel	0,7	180 g/kWh
Regeneratives Flüssiggas - KWK	0,5	180 g/kWh
Strom, Netzbezug	1,8	560 g/kWh
Strom, Verdrängungsmix	2,8	860 g/kWh

5.1.4 Energiepreise

Den Berechnungen werden bundesdeutsche Jahres-Mittelwerte für den Zeitraum Januar bis Dezember 2021 zugrunde gelegt. Alle Energiepreise beinhalten sämtliche Steuern incl. der Mehrwertsteuer. Bei Flüssiggas und Heizöl ist zudem entsprechend der Vorgaben des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) die CO₂-Bepreisung berücksichtigt. Die in Tabelle 8 angegebenen Arbeitspreise der Energieträger (außer Flüssiggas) sind heizwertbezogen. Der Energiepreis für Flüssiggas wird wie üblich brennwertbezogen angegeben. Für die Flüssiggas-Varianten wird ein Tankmietmodell berücksichtigt. Die Tankmiete samt Wartung ist in dem Grundpreis enthalten.

Für die Bestimmung des Arbeitspreises für 100 % regeneratives Flüssiggas wird ein Kostenverhältnis von regenerativem Flüssiggas zu fossilem Flüssiggas in Höhe von 1,4 angenommen.

Tabelle 8: Energiepreise

Energieträger		Grundpreis	Arbeitspreis
Flüssiggas	2700 l Tank	118,8 €/a	0,0816 €/kWh
	4850 l Tank	142,8 €/a	0,0798 €/kWh
	6400 l Tank	154,8 €/a	0,0798 €/kWh
100 % regeneratives Flüssiggas	2700 l Tank	118,8 €/a	0,1142 €/kWh
	4850 l Tank	142,8 €/a	0,1117 €/kWh
	6400 l Tank	154,8 €/a	0,1117 €/kWh
Heizöl	EFH Bestand	0,0 €/a	0,0724 €/kWh
	DHH Bestand	0,0 €/a	0,0720 €/kWh
	6-FH Bestand	0,0 €/a	0,0710 €/kWh
Strom, Wärmepumpentarif	EFH Bestand	105,1 €/a	0,2050 €/kWh
	DHH Bestand	105,1 €/a	0,2050 €/kWh
	6-FH Bestand	121,5 €/a	0,2050 €/kWh
Strom Haushaltstarif, alle			0,3220 €/kWh

Angaben für Flüssiggas und Heizöl in Anlehnung an „Brennstoffpiegel + Mineralölrundschau“,
Angaben für Strom in Anlehnung an BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

5.1.5 Investitionskosten und Förderung

Die Investitionskosten, welche als Grundlage der folgenden Kostenanalyse dienen, basieren auf einer Auswertung von Listenpreisen führender Hersteller und umfassen neben den Materialkosten auch Posten wie z.B. Lieferung, Montage, Inbetriebnahme sowie typische Rabatte und Preiszuschläge. Je nach Besonderheiten der Anlagenvariante werden die einzelnen Bestandteile der neuen Anlage kalkuliert. Für die Flüssiggas-Varianten wird ein Tankmietmodell berücksichtigt, somit fallen keine Investitionskosten für den Tank an. Die den Berechnungen zugrunde gelegten Investitionskosten entsprechen dem Preisstand Ende 2021 und beschreiben ebenso wie die zugrunde gelegten Energiepreise des Vorkrisenniveaus.

Im Rahmen der Berechnungen wird die Förderung für Einzelmaßnahmen nach aktueller Bundesförderung für effiziente Gebäude [BEG EM] - Stand 22. September 2022 - für förderfähige Komponenten berücksichtigt. Die nach BEG möglichen Fördersätze für die betrachteten Modernisierungsvarianten enthält folgende Tabelle. Die Förderung für Heizungsoptimierung wird seit 21. September 2022 nur auf Gebäude mit maximal 5 Wohneinheiten begrenzt. Der ausgewiesene Heizungs-Tausch-Bonus für Öl-, Gas-, Kohle- und Nachtspeicherheizungen, kann nur dann gewährt werden, wenn nach dem Tausch keine

fossilen Energieträger zum Einsatz kommen. Bei dem Hybridsystem Gas-BW + Luft-Wasser-WP wird ausschließlich die Wärmepumpe und die dafür notwendigen weiteren Investitionen (Umfeldmaßnahmen) gefördert.

Tabelle 9: Fördersätze nach BEG (Stand 22. September 2022)

Art der Heizungsanlage/Maßnahme	Fördersatz	Heizungs-Tausch-Bonus
Solaranlage	25 %	-
Luft/Wasser-Wärmepumpe	25 %	10 %
Sole/Wasser-Wärmepumpe	30 %	10 %
Heizungsoptimierung	15 %	-

5.1.6 Jahresgesamtkosten

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach Annuitätsmethode in Anlehnung an VDI 2067-1 durchgeführt. Zur Berechnung der Annuitätsfaktoren werden die rechnerische Nutzungsdauer der Anlagenkomponenten der VDI 2067-1 entnommen sowie der Zinssatz in Höhe von 2,0 % vorausgesetzt.

Die berechneten Jahresgesamtkosten beinhalten:

- kapitalgebundene Kosten (einschließlich möglicher Förderung),
- verbrauchsgebundene Kosten und
- betriebsgebundene Kosten einschließlich Instandsetzung.

5.2 Ergebnisse EFH Bestand

5.2.1 Energetische und ökologische Kennwerte

In Abbildung 8 wird der berechnete Endenergiebedarf für die betrachteten Modernisierungsvarianten dem Endenergiebedarf im Ausgangszustand gegenübergestellt. Bei den Flüssiggasvarianten ist eine Endenergieminderung ggü. dem Ausgangszustand je nach Anlagenvariante zwischen 17 % bis 50 % möglich. Bei den Wärmepumpenvarianten resultiert eine Endenergieminderung von bis zu 77 %.

Abbildung 9 stellt den berechneten Jahres-Primärenergiebedarf im EFH Bestand dar. Der Primärenergiebedarf im Ausgangszustand mit ölbetriebenen Niedertemperaturkessel liegt bei rund 215 kWh/m²a. Mit den Flüssiggasvarianten unter Berücksichtigung von anteiliger Bedarfsdeckung durch regeneratives Flüssiggas könnte der Primärenergiebedarf auf 141 kWh/m²a bis 109 kWh/m²a ggü. dem Ausgangszustand abgesenkt werden. Beim Einsatz einer elektrisch betriebenen Luft/Wasser-Wärmepumpe könnte der Primärenergiebedarf in dem betrachteten Gebäude auf rund 100 kWh/m²a reduziert werden.

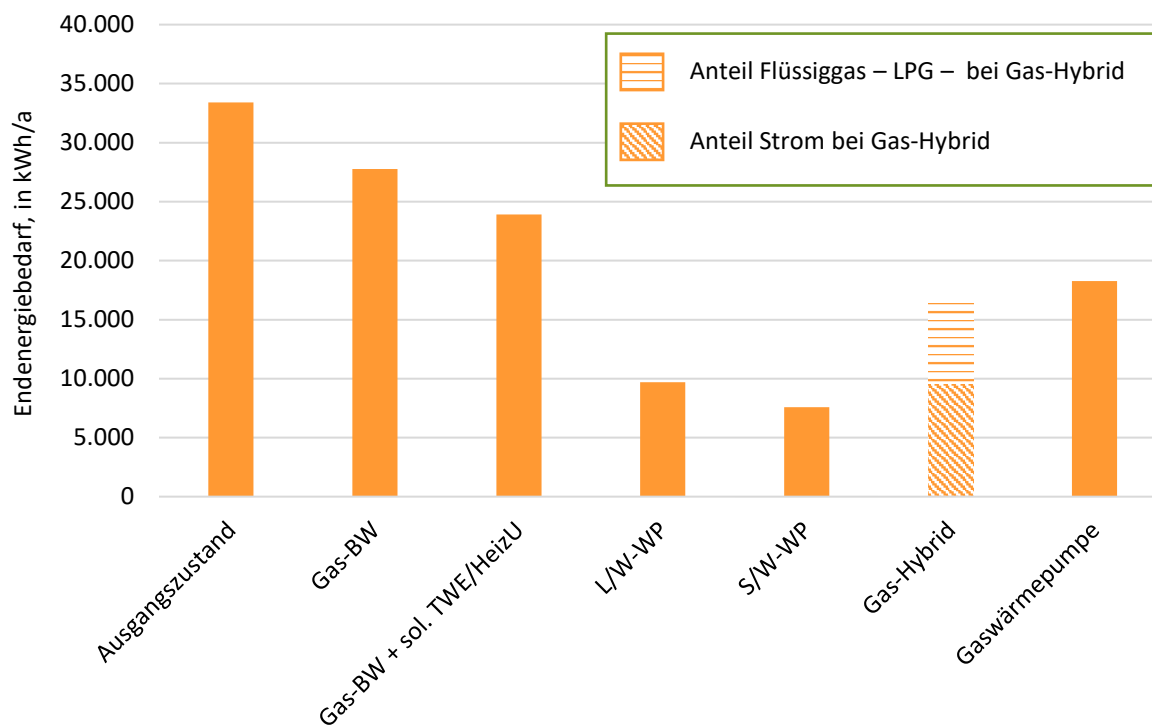


Abbildung 8: Endenergiebedarf im EFH Bestand

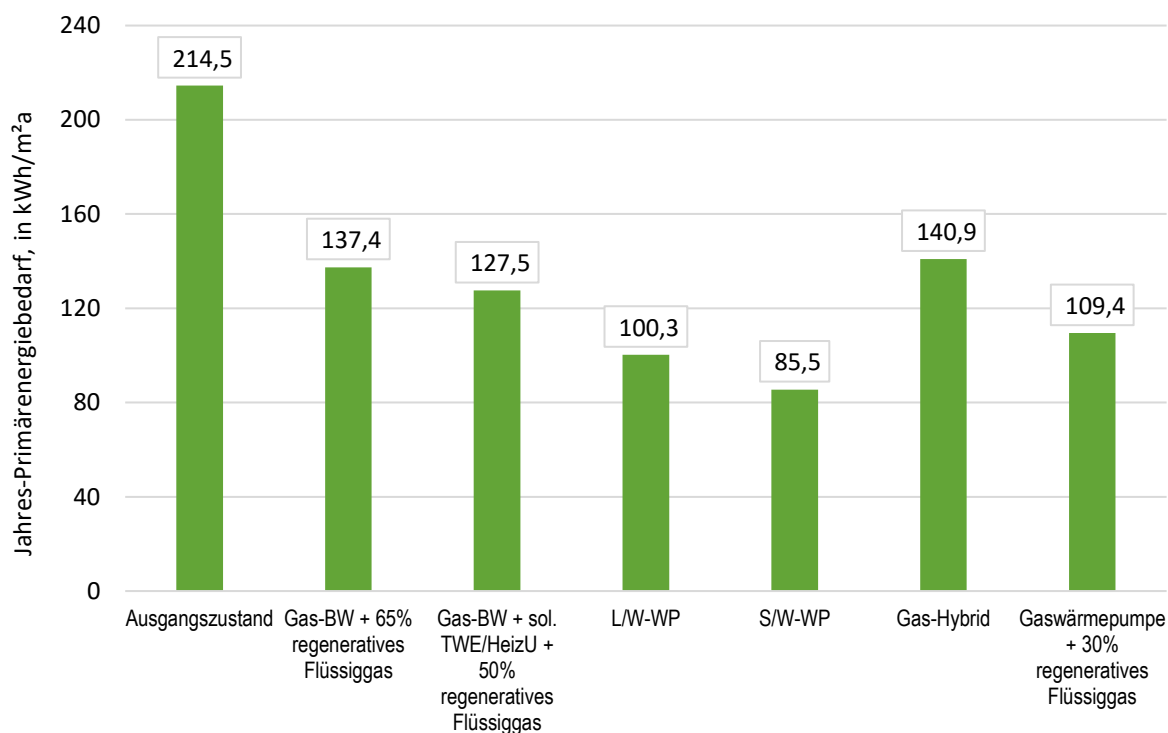


Abbildung 9: Spezifischer Jahres-Primärenergiebedarf im EFH Bestand, bezogen auf Gebäudenutzfläche

Die unter Berücksichtigung aktueller THG-Emissionsfaktoren resultierenden Treibhausgasemissionen der betrachteten Modernisierungsvarianten im Vergleich zum Ausgangszustand werden in folgender Abbildung ausgewiesen. Mit den betrachteten Flüssiggasvarianten in Verbindung mit regenerativem Flüssiggas könnten die THG-Emissionen um 42 % bis 54 % ggü. dem Ausgangszustand verringert werden. Die aktuellen

THG-Emissionen einer L/W-WP würden auf ähnlichem Niveau wie bei der Gas-Brennwerttechnik mit solarer Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung in Verbindung mit 50 % regenerativem Flüssiggas liegen. Die Gas-Hybridheizung ohne Einbindung von regenerativem Flüssiggas würde tendenziell höhere THG-Emissionen verursachen.

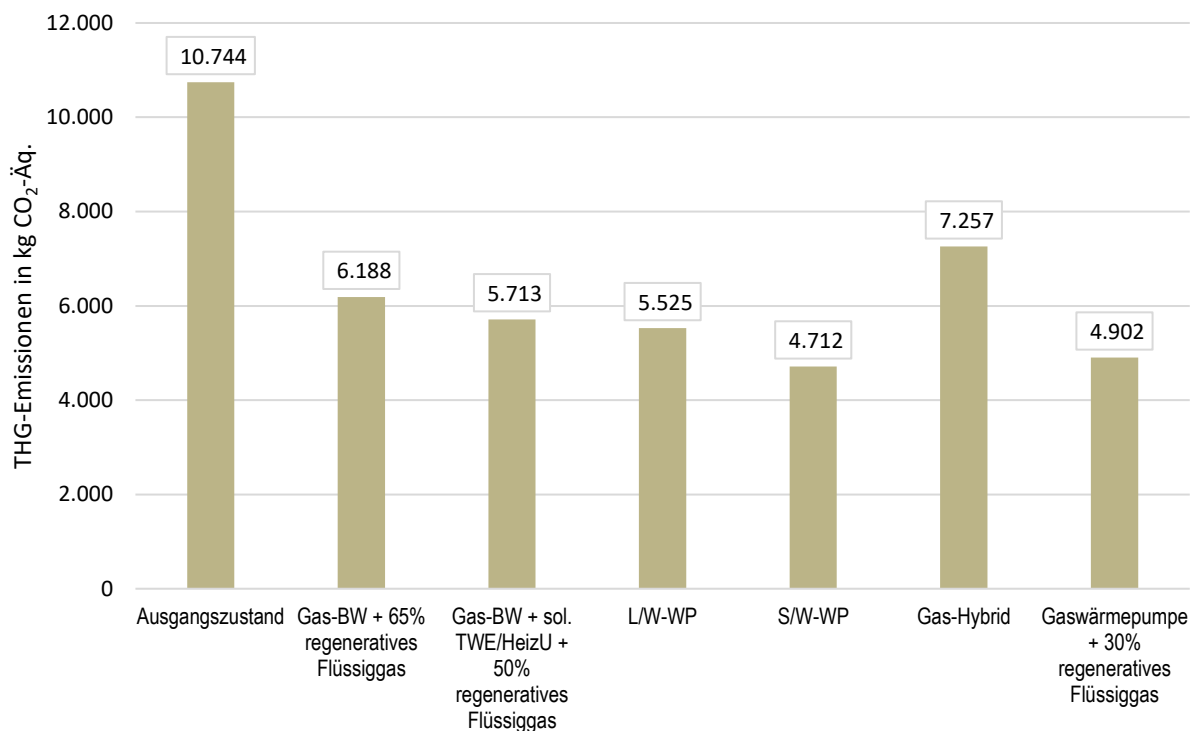


Abbildung 10: THG-Emissionen im EFH Bestand

5.2.2 Investitionskosten und mögliche Förderung

Die für die bewerteten Modernisierungsvarianten resultierenden Investitionskosten vor und nach Abzug der Förderung stellen jeweils Abbildung 11 und Abbildung 12 dar. Die Gas-Brennwertvariante wäre mit den niedrigsten Investitionskosten verbunden. Bei der Gas-Brennwertvariante mit Solarthermie sind nach aktueller BEG ausschließlich die Investitionskosten für die Solaranlage und Heizungsoptimierung förderfähig. Nach Abzug der Förderung liegt die Variante geringfügig unter den Investitionskosten einer Luft/Wasser-Wärmepumpe und einer Gas-Hybridlösung. Die höchsten Investitionskosten würden unter Berücksichtigung der aktuellen Förderbedingungen aus dem Einbau einer Gaswärmepumpe resultieren.

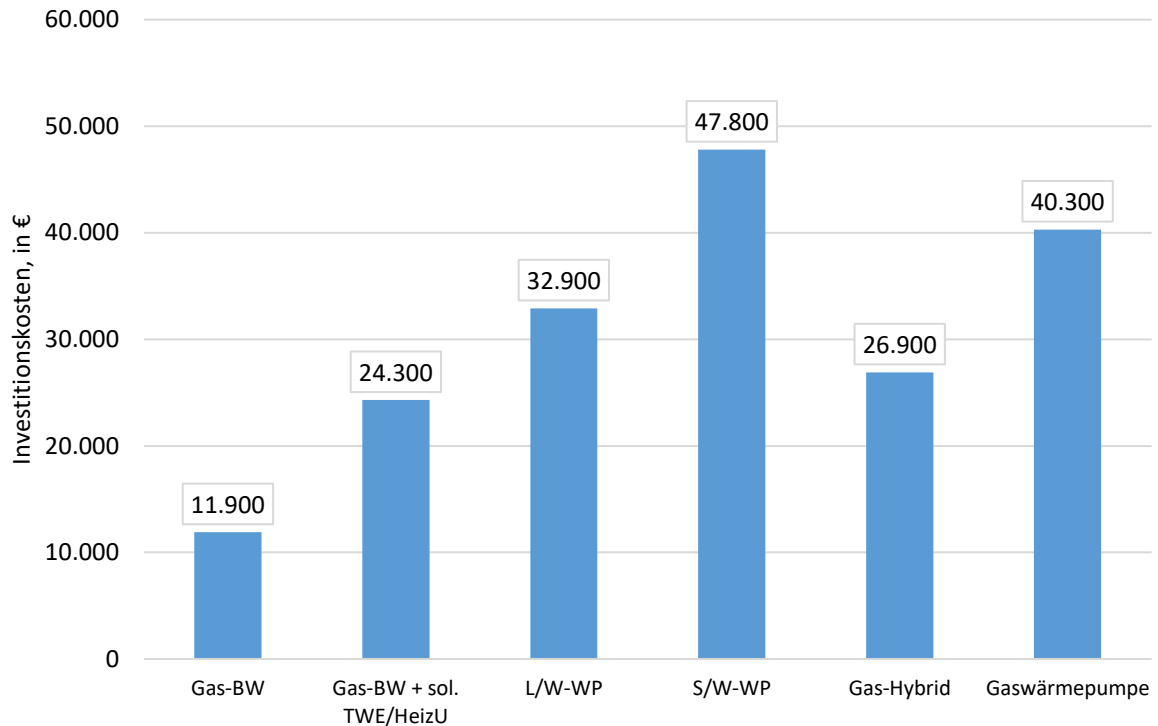


Abbildung 11: Resultierende Investitionskosten für die betrachteten Modernisierungsvarianten (vor Abzug der Förderung)

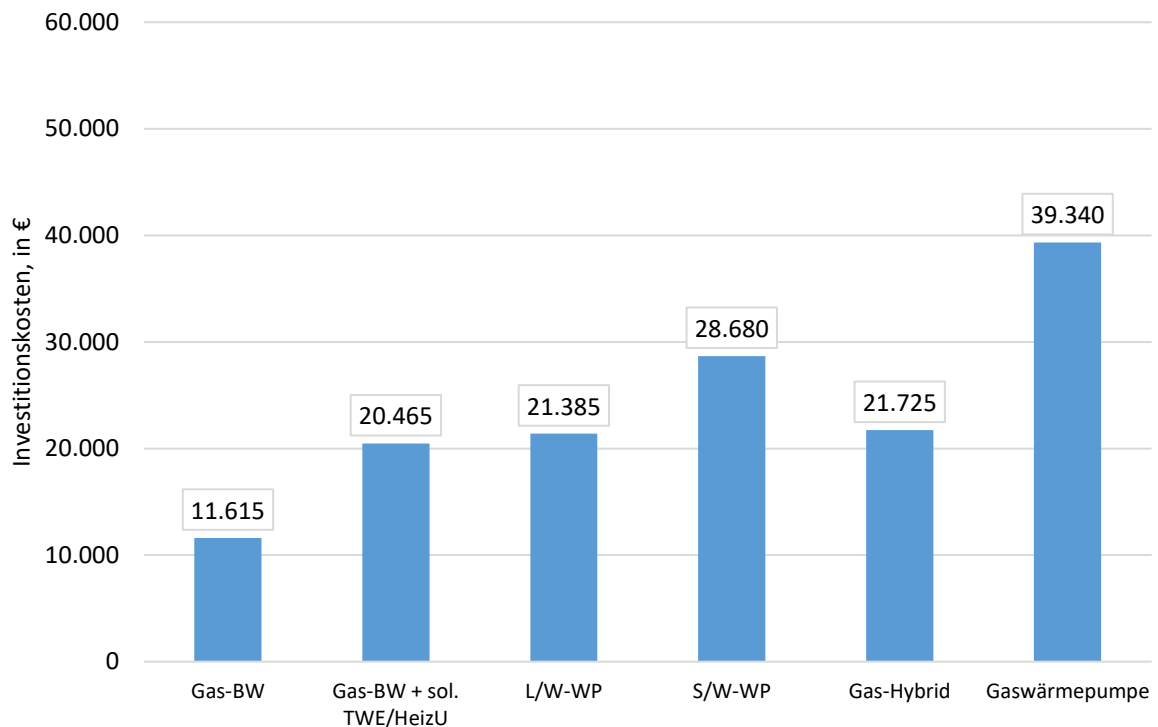


Abbildung 12: Resultierende Investitionskosten für die betrachteten Modernisierungsvarianten nach Abzug der Förderung bei förderfähigen Maßnahmen

5.2.3 Jahresgesamtkosten

Die unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5.1.4 zugrunde gelegten Energiepreise ermittelten Jahresgesamtkosten der betrachteten Modernisierungsvarianten als Summe von kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten werden in Abbildung 13 ausgewiesen.

Die Gas-Brennwertvarianten mit und ohne Solarthermie liegen auf etwa gleichem Niveau. Die Jahresgesamtkosten der förderfähigen Wärmepumpenvarianten liegen etwa 18 % drunter.

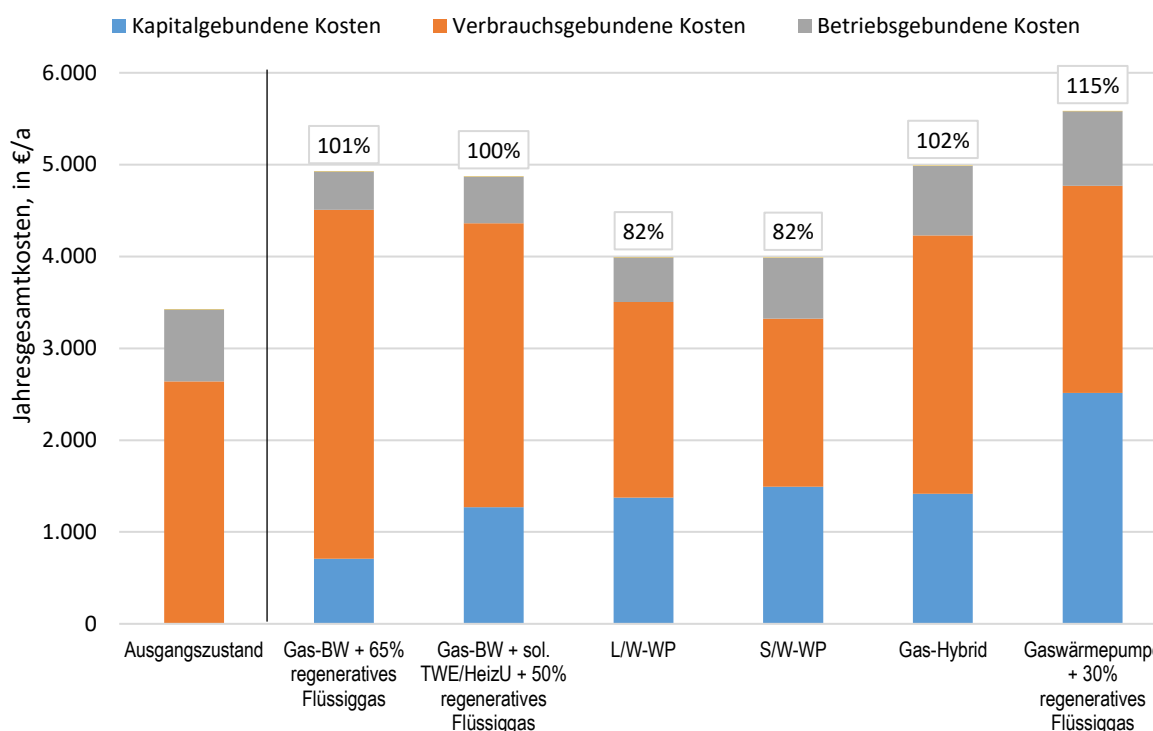


Abbildung 13: Jahresgesamtkosten im EFH Bestand, Öl-Altessel im Ausgangszustand, Energiepreise Ø 2021, mit Förderung

5.3 Ergebnisse DHH Bestand

5.3.1 Energetische und ökologische Kennwerte

Die Ergebnisse der energetischen und ökologischen Bewertung für die betrachtete Bestands-Doppelhaushälfte stellen Abbildung 14 bis Abbildung 16 dar. Analog den Verhältnissen im EFH Bestand ist bei den Flüssiggasvarianten eine Endenergieminderung ggü. dem Ausgangszustand je nach Anlagenvariante zwischen 18 % bis 48 % möglich. Bei den Wärmepumpenvarianten resultiert eine Endenergieminderung von bis zu 77 %.

Der Primärenergiebedarf in der betrachteten Doppelhaushälfte im Ausgangszustand mit ölbetriebenem Niedertemperaturkessel liegt bei rund 205 kWh/m²a. Mit den Flüssiggasvarianten unter Berücksichtigung von anteiliger Bedarfsdeckung durch regeneratives Flüssiggas könnte der Primärenergiebedarf auf 139 kWh/m²a bis 107 kWh/m²a ggü. dem Ausgangszustand abgesenkt werden. Beim Einsatz einer elektrisch betriebenen Luft/Wasser-Wärmepumpe könnte der Primärenergiebedarf auf rund 98 kWh/m²a reduziert werden.

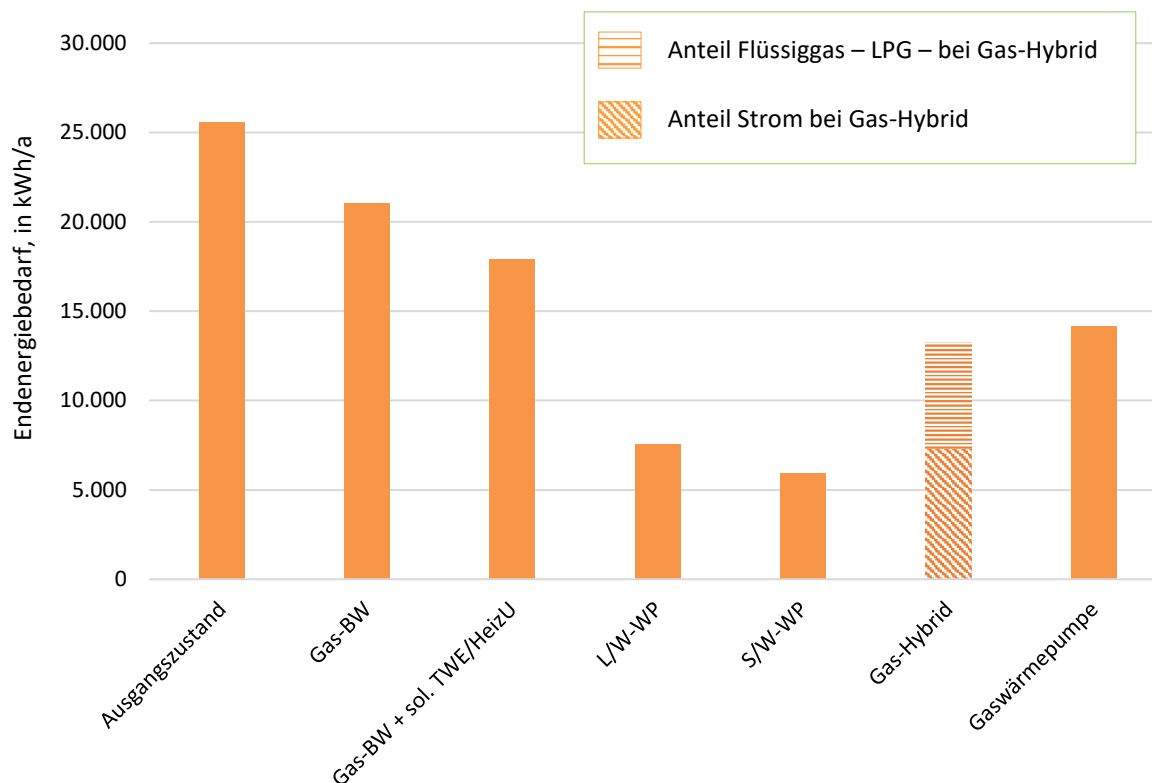


Abbildung 14: Endenergiebedarf in DHH Bestand

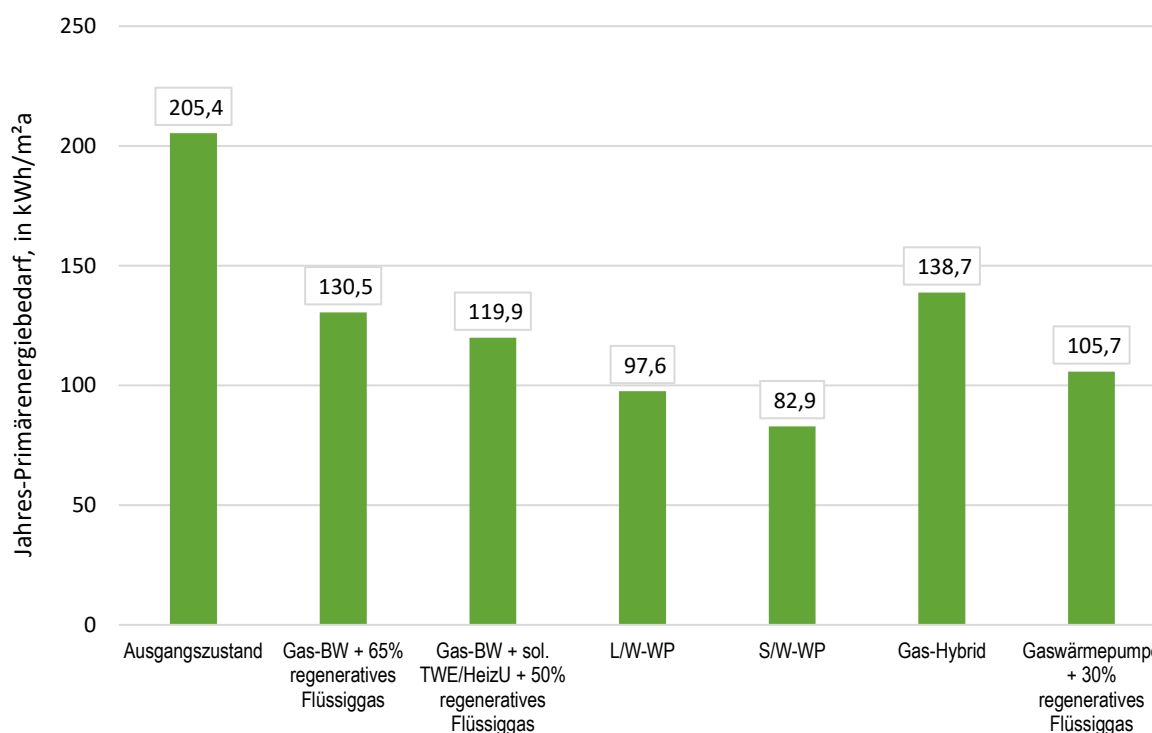


Abbildung 15: Spezifischer Jahres-Primärenergiebedarf in DHH Bestand, bezogen auf Gebäudenutzfläche

Mit den betrachteten Flüssiggasvarianten in Verbindung mit regenerativem Flüssiggas könnten die THG-Emissionen um 43 % bis 54 % ggü. dem Ausgangszustand verringert werden. Die aktuellen THG-Emissionen einer L/W-WP würden auf ähnlichem Niveau wie bei

der Gas-Brennwerttechnik mit solarer Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung in Verbindung mit 50 % regenerativem Flüssiggas liegen. Die Gas-Hybridheizung ohne anteiliger Bedarfsdeckung durch regeneratives Flüssiggas würde tendenziell höhere THG-Emissionen verursachen.

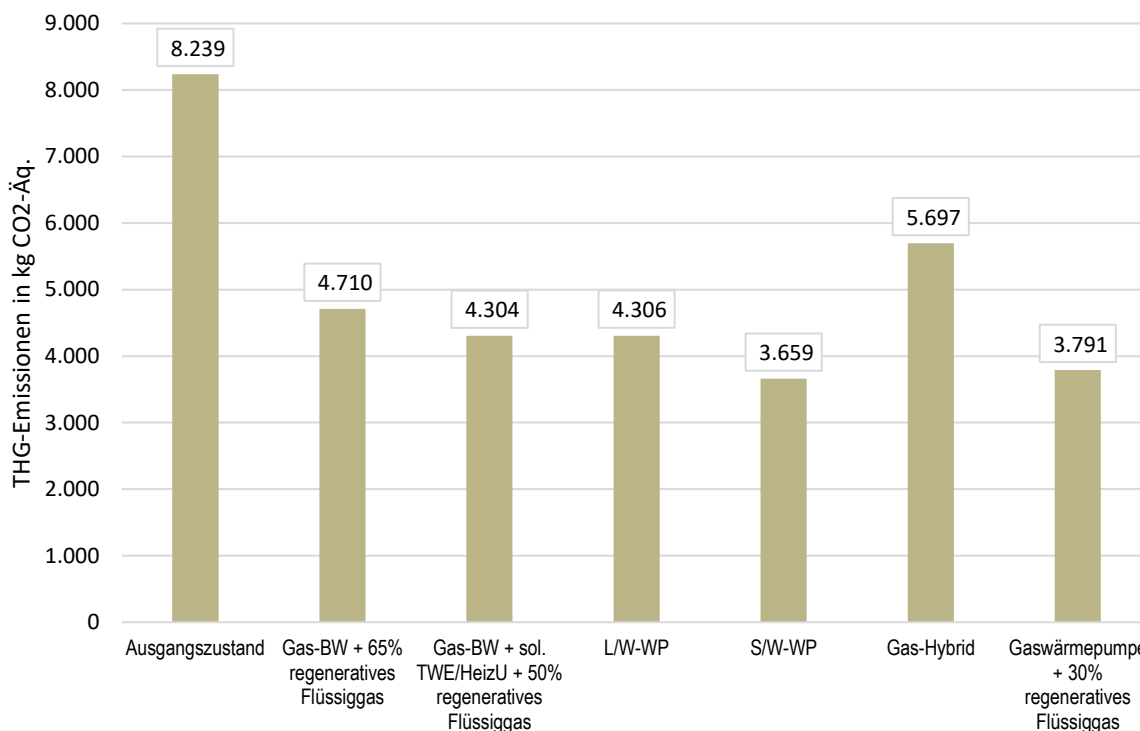


Abbildung 16: THG-Emissionen in DHH Bestand

5.3.2 Investitionskosten und mögliche Förderung

Im Folgenden werden die für die bewerteten Modernisierungsvarianten in der Bestands-Doppelhaushälfte resultierenden Investitionskosten jeweils vor und nach Abzug der Förderung ausgewiesen. Die Gas-Brennwertvariante wäre weiterhin mit den niedrigsten Investitionskosten verbunden. Die Modernisierungsvariante mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe würde durch die Inanspruchnahme der Förderung etwa 5.000 € höhere Investitionskosten verursachen. Die höchsten Investitionskosten würden unter Berücksichtigung der aktuellen Förderbedingungen aus dem Einbau einer Gaswärmepumpe resultieren.

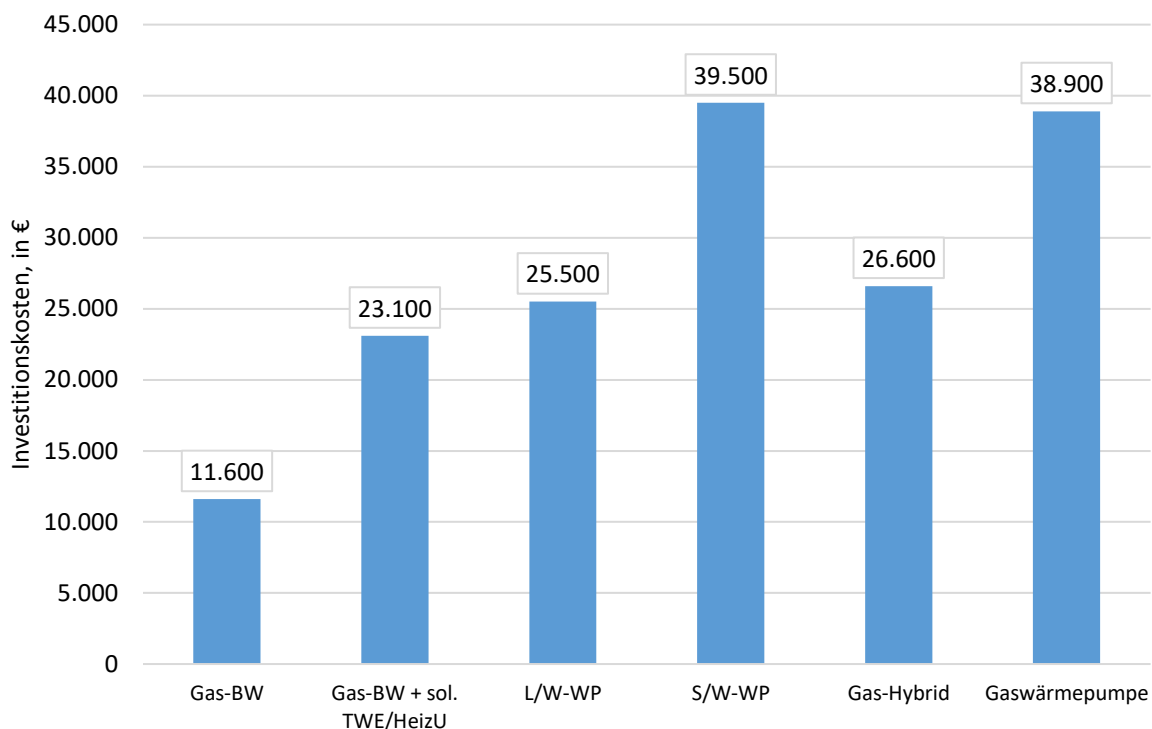


Abbildung 17: Resultierende Investitionskosten für die betrachteten Modernisierungsvarianten in DHH Bestand (vor Abzug der Förderung)

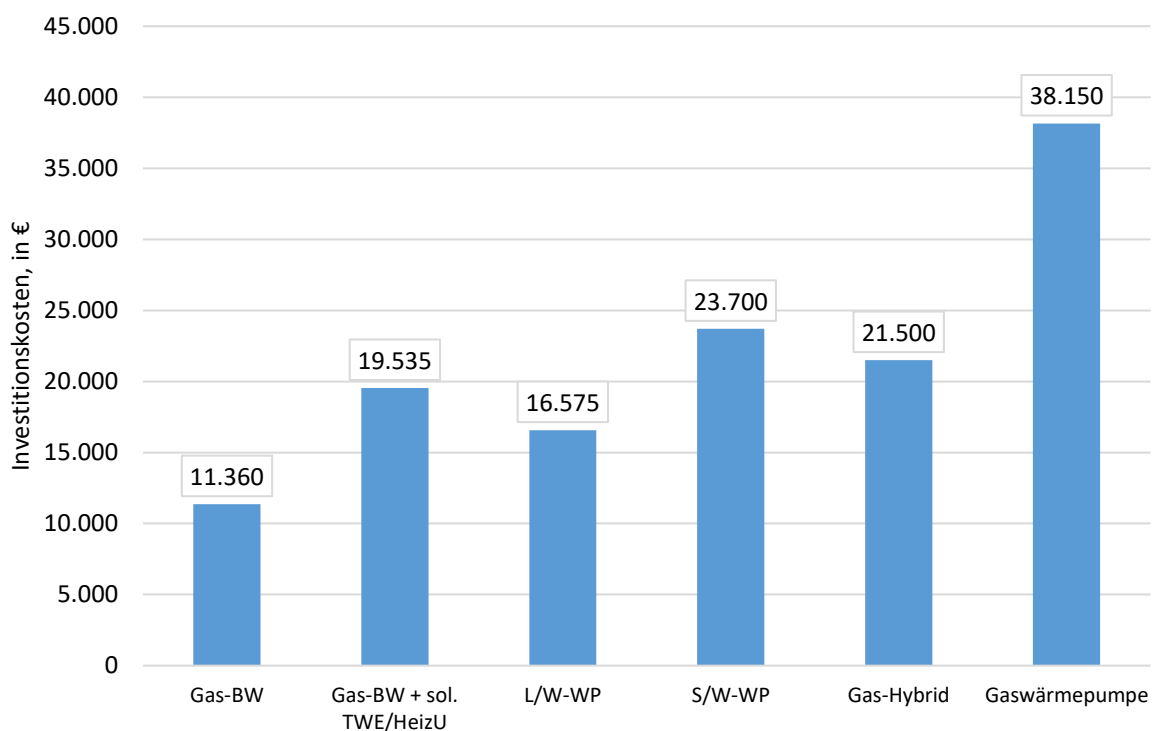


Abbildung 18: Resultierende Investitionskosten für die betrachteten Modernisierungsvarianten in DHH Bestand nach Abzug der Förderung bei förderfähigen Maßnahmen

5.3.3 Jahresgesamtkosten

Folgende Abbildung stellt die unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5.1.4 ausgewiesenen Energiepreise ermittelten Jahresgesamtkosten der betrachteten Modernisierungsvarianten als

Summe von kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten für die Bestands-Doppelhaushälfte dar.

Analog dem zuvor betrachteten EFH Bestand liegen die Gas-Brennwertvarianten mit und ohne Solarthermie hinsichtlich der Jahresgesamtkosten auf etwa gleichem Niveau. Die Kosten der förderfähigen Wärmepumpenvarianten liegen etwa 800 €/a drunter. Die höchsten Jahresgesamtkosten würden sich beim Einsatz der Gaswärmepumpe aufgrund der hohen kapitalgebundenen Kosten ergeben.

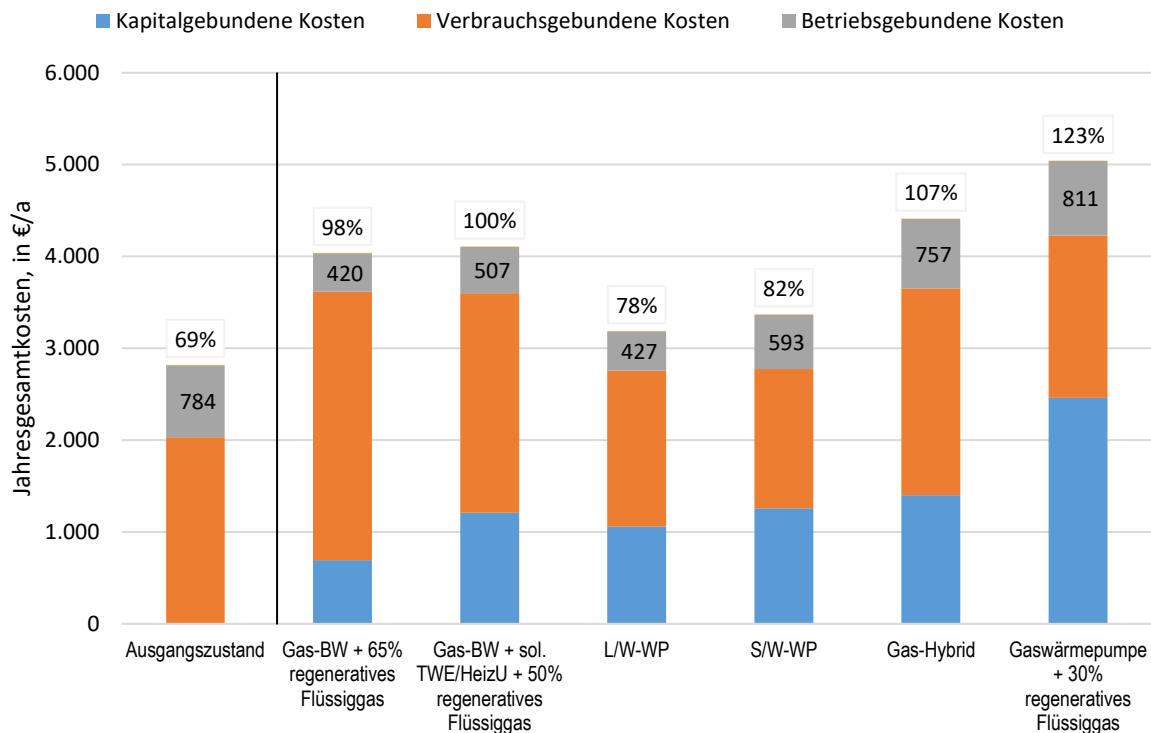


Abbildung 19: Jahresgesamtkosten in DHH Bestand, Öl-Altessel im Ausgangszustand, Energiepreise Ø 2021, mit Förderung

5.4 Ergebnisse 6-FH Bestand

5.4.1 Energetische und ökologische Kennwerte

Die Ergebnisse der energetischen und ökologischen Bewertung für das betrachtete Bestands-Mehrfamilienhaus stellen Abbildung 14 bis Abbildung 16 dar. Die Verhältnisse zwischen den Gas-Brennwertvarianten und den Wärmepumpenvarianten sind vergleichbar mit den zuvor beschriebenen Ergebnissen für das Einfamilienhaus und die Doppelhaushälfte. Für das Mehrfamilienhaus wird zusätzlich eine KWK-Variante betrachtet. Durch den Einsatz der KWK-Anlage würde der Endenergiebedarf ggü. dem Ausgangszustand steigen. Zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe müsste die Anlage mit 65 % regenerativem Flüssiggas betrieben werden. In Verbindung mit der Bilanzierungsmethode für KWK-Anlagen (Stromgutschriftmethode) würde dies zu rechnerisch niedrigsten Werten hinsichtlich des Primärenergiebedarfs und der THG-Emissionen führen.

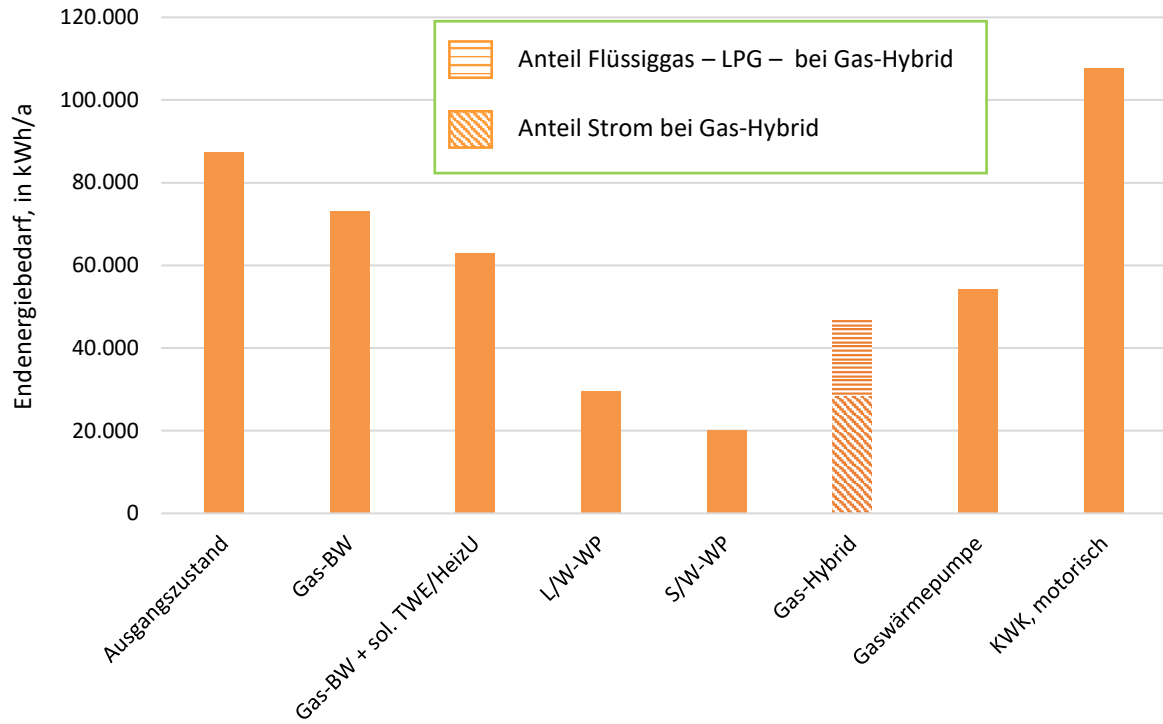


Abbildung 20: Endenergiebedarf im 6-FH Bestand

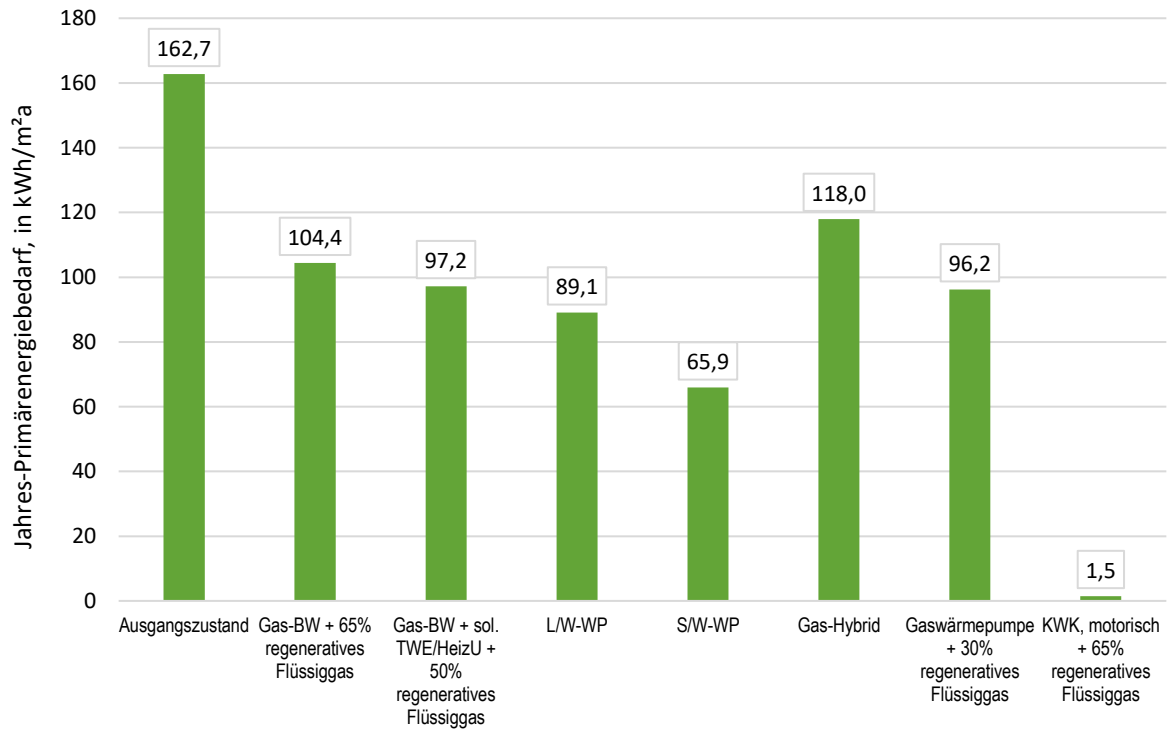


Abbildung 21: Spezifischer Jahres-Primärenergiebedarf im 6-FH Bestand, bezogen auf Gebäudenutzfläche

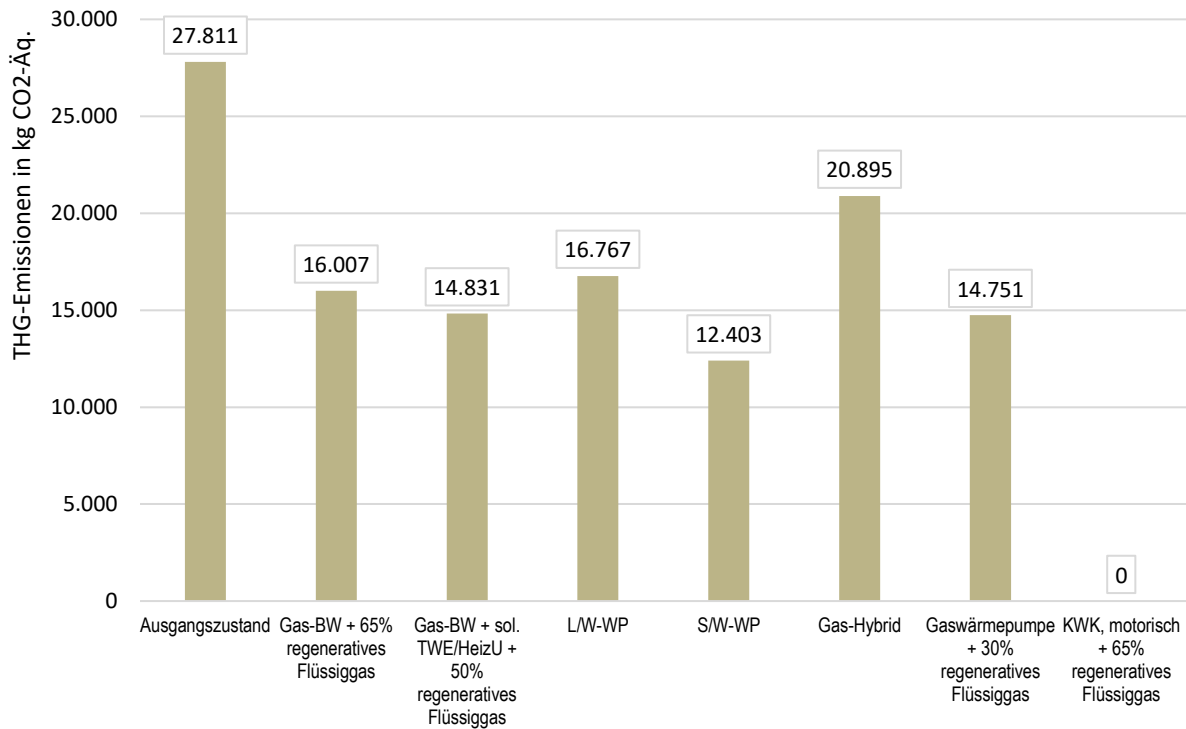


Abbildung 22: THG-Emissionen im 6-FH Bestand

5.4.2 Investitionskosten und mögliche Förderung

Die für die bewerteten Modernisierungsvarianten im 6-FH Bestand resultierenden Investitionskosten vor und nach Abzug der Förderung stellen jeweils Abbildung 23 und Abbildung 24 dar. Aus Sicht der Investitionskosten würden die Gas-Brennwertvarianten sowie die Hybrid-Lösung bestehend aus einer Luft/Wasser-WP und einem Gas-Brennwertkessel die niedrigsten Kosten verursachen. Der Einbau einer Luft/Wasser-Wärmepumpe wäre mit höheren Investitionskosten verbunden. Die aus dem Einbau einer Gaswärmepumpe und einer BHKW-Anlage resultierenden Kosten würden auf gleichem Niveau wie die Investitionskosten einer Sole/Wasser-WP nach Abzug der Förderung liegen.

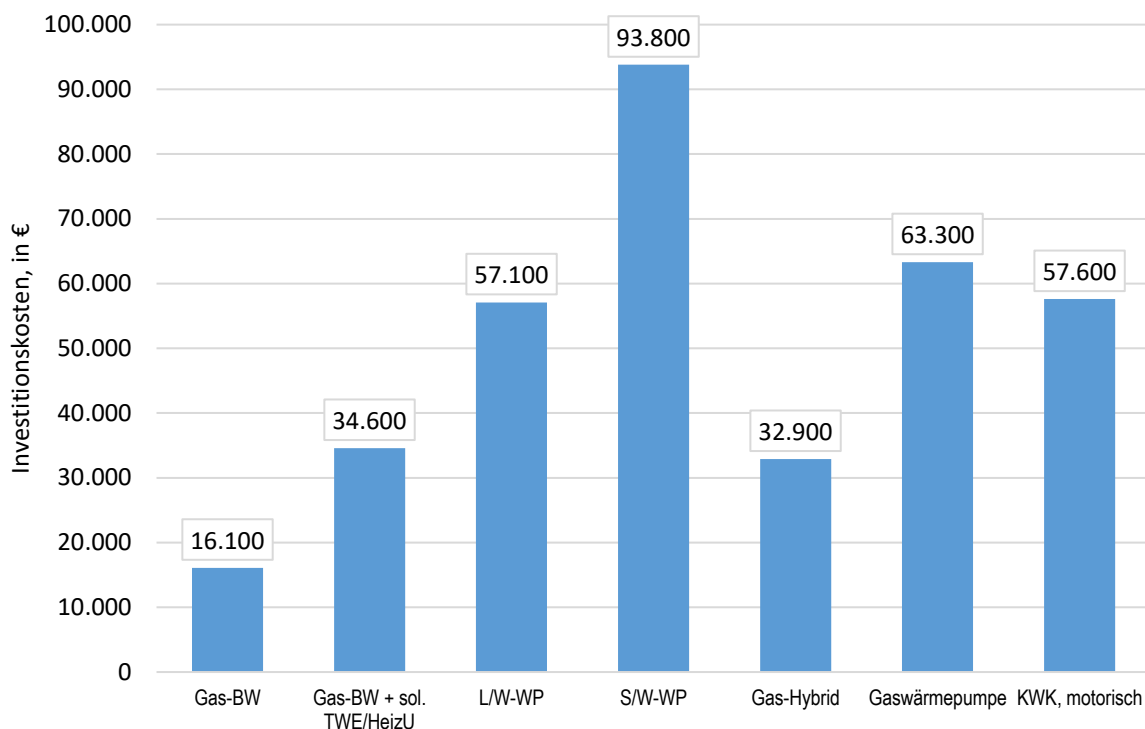


Abbildung 23: Resultierende Investitionskosten für die betrachteten Modernisierungsvarianten im 6-FH Bestand (vor Abzug der Förderung)

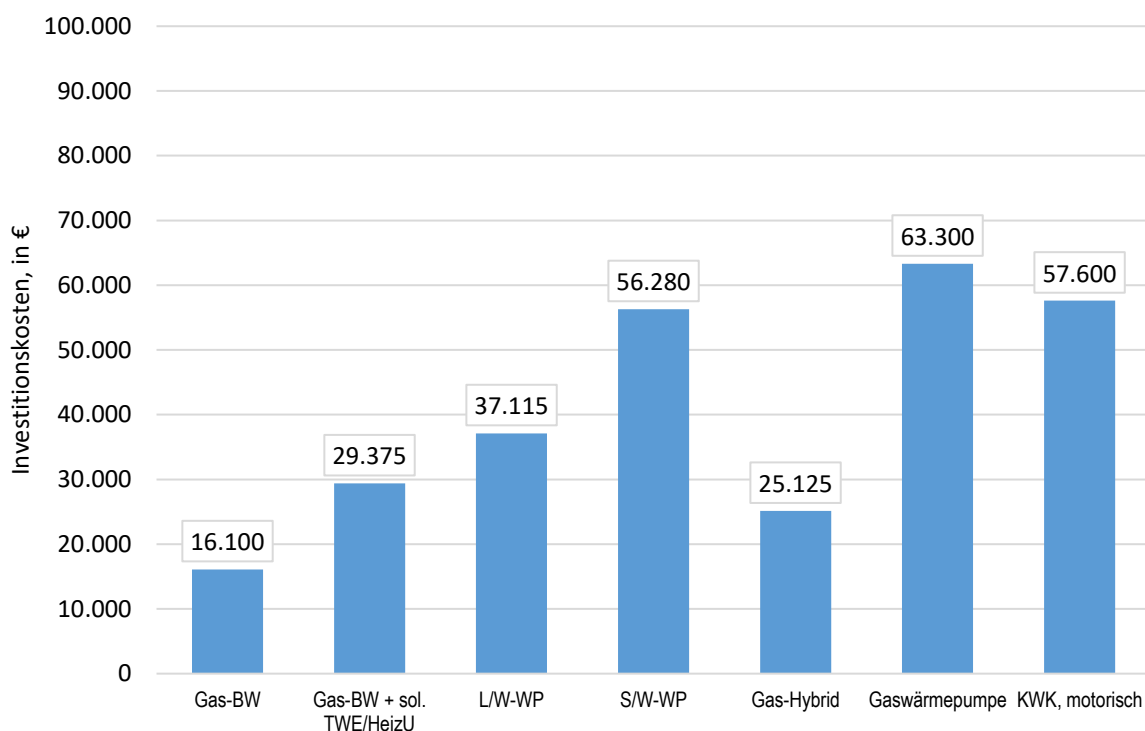


Abbildung 24: Resultierende Investitionskosten für die betrachteten Modernisierungsvarianten nach Abzug der Förderung bei förderfähigen Maßnahmen im 6-FH Bestand

5.4.3 Jahresgesamtkosten

Hinsichtlich der Jahresgesamtkosten als Summe von kapital-, verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten liegen die Gas-Brennwertvariante mit Solarthermie und die Hybrid-Lösung bestehend aus einer Luft/Wasser-WP und einem Gas-Brennwertkessel auf

etwa gleichem Niveau wie die Versorgungslösung mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe. Die KWK-Variante führt bedingt durch den hohen Anteil an betriebsgebundenen Kosten zu den höchsten Jahresgesamtkosten.

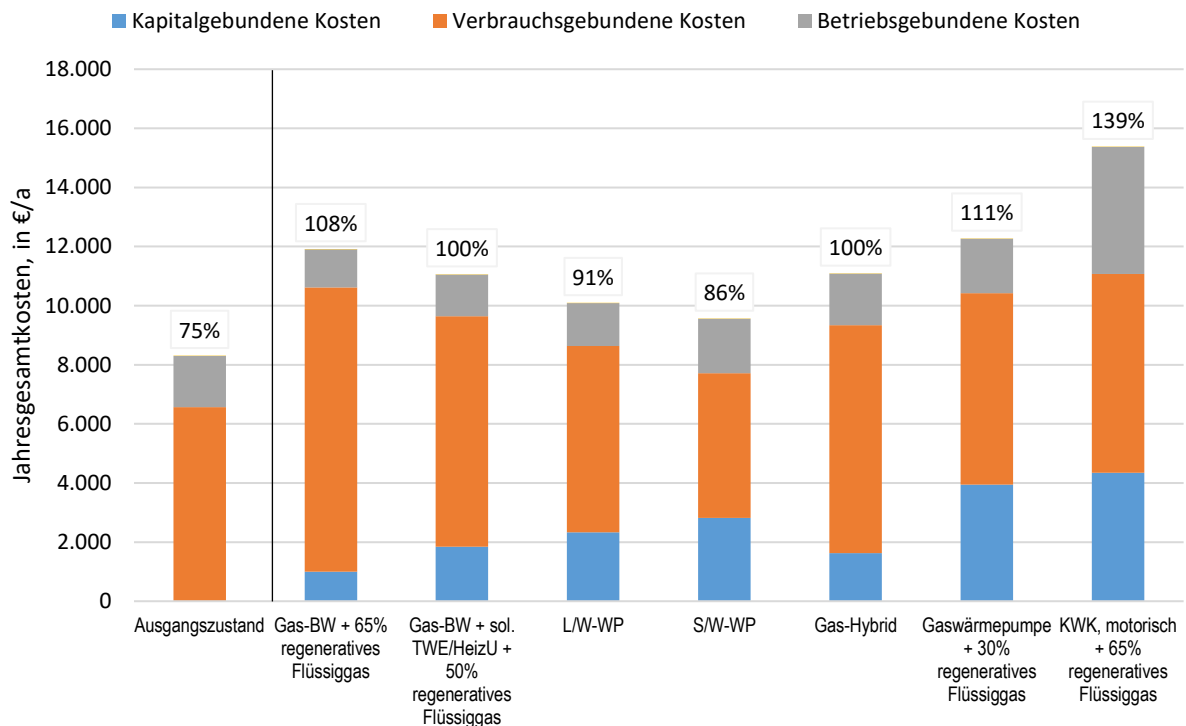


Abbildung 25: Jahresgesamtkosten im 6-FH Bestand, Öl-Altessel im Ausgangszustand, Energiepreise Ø 2021, mit Förderung

5.5 Parametervariation: Energiepreisentwicklung

In Anbetracht der aktuell extrem dynamischen Veränderung der Energiepreise, der stark steigenden Baukosten sowie der unsicheren Versorgungslage mit Energie und Gütern ist eine belastbare Prognose für die Energiepreisentwicklung schwierig.

Basierend auf den verfügbaren Prognosen zur Realpreisentwicklung der Energieträger werden im Rahmen der vorliegenden Parametervariation die mittleren Energiepreise im Zeitraum von 20 Jahren ermittelt. Die der Berechnung der Jahresgesamtkosten zugrunde gelegten Energiepreise enthält folgende Tabelle. Dabei bleibt der Strompreis inflationsbereinigt auf heutigem Niveau. Die unter Zugrundelegung der Energiepreisannahmen resultierenden Jahresgesamtkosten für die drei betrachteten Gebäudetypen stellen Abbildung 26 bis Abbildung 28 dar.

Tabelle 10: Parametervariation: Energiepreise - Durchschnittlicher Preisstand in den nächsten 20 Jahren in Anlehnung an aktuelle Prognosen

Mittelwert 20 Jahre in Anlehnung an aktuelle Prognosen (Realpreise)			
Energieträger	Grundpreis	Arbeitspreis	
Flüssiggas	2700 l Tank	121,8 €/a	0,1141 €/kWh
	4850 l Tank	146,4 €/a	0,1122 €/kWh
	6400 l Tank	158,7 €/a	0,1150 €/kWh
100% regeneratives Flüssiggas	2700 l Tank	121,8 €/a	0,1172 €/kWh
	4850 l Tank	146,4 €/a	0,1146 €/kWh
	6400 l Tank	158,7 €/a	0,1146 €/kWh
Heizöl	EFH Bestand	0,0 €/a	0,1149 €/kWh
	DHH Bestand	0,0 €/a	0,1149 €/kWh
	6-FH Bestand	0,0 €/a	0,1128 €/kWh
Strom, Wärme- pumpentarif	EFH Bestand	102,7 €/a	0,200 €/kWh
	DHH Bestand	102,7 €/a	0,200 €/kWh
	6-FH Bestand	118,6 €/a	0,200 €/kWh
Strom Haushaltstarif, alle	0,0 €/a	0,314 €/kWh	

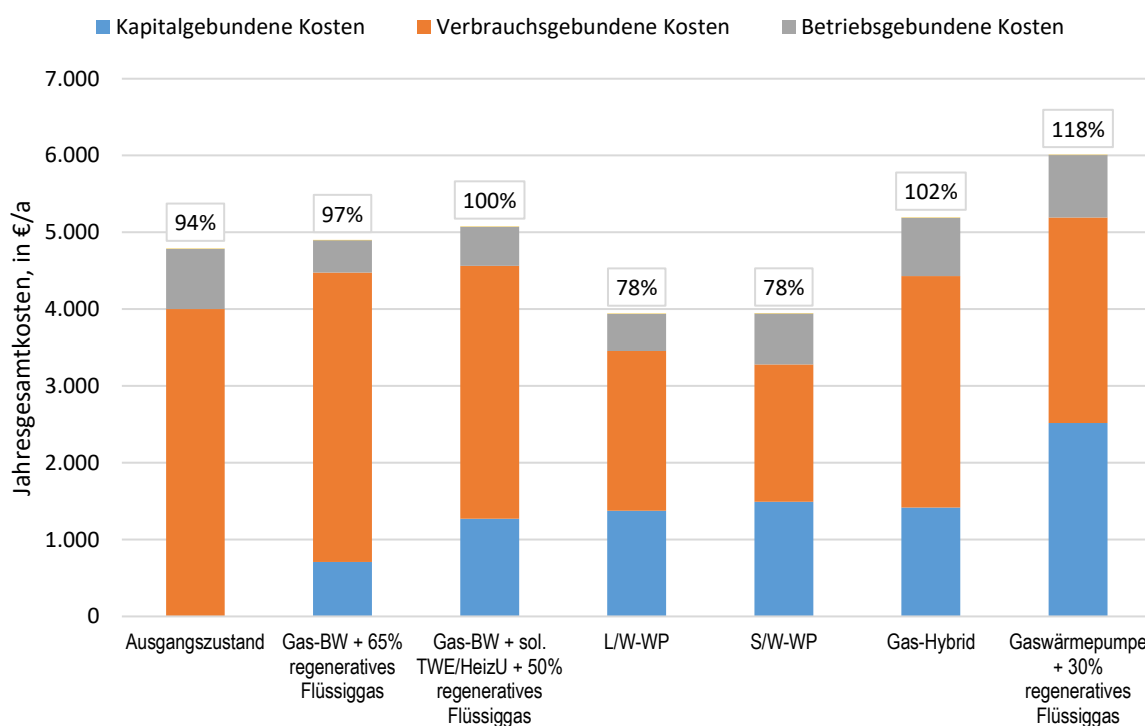


Abbildung 26: Jahresgesamtkosten im EFH Bestand, Öl-Altessel im Ausgangszustand, Energiepreise als durchschnittlicher Preisstand in den nächsten 20 Jahren in Anlehnung an aktuelle Prognosen, mit Förderung

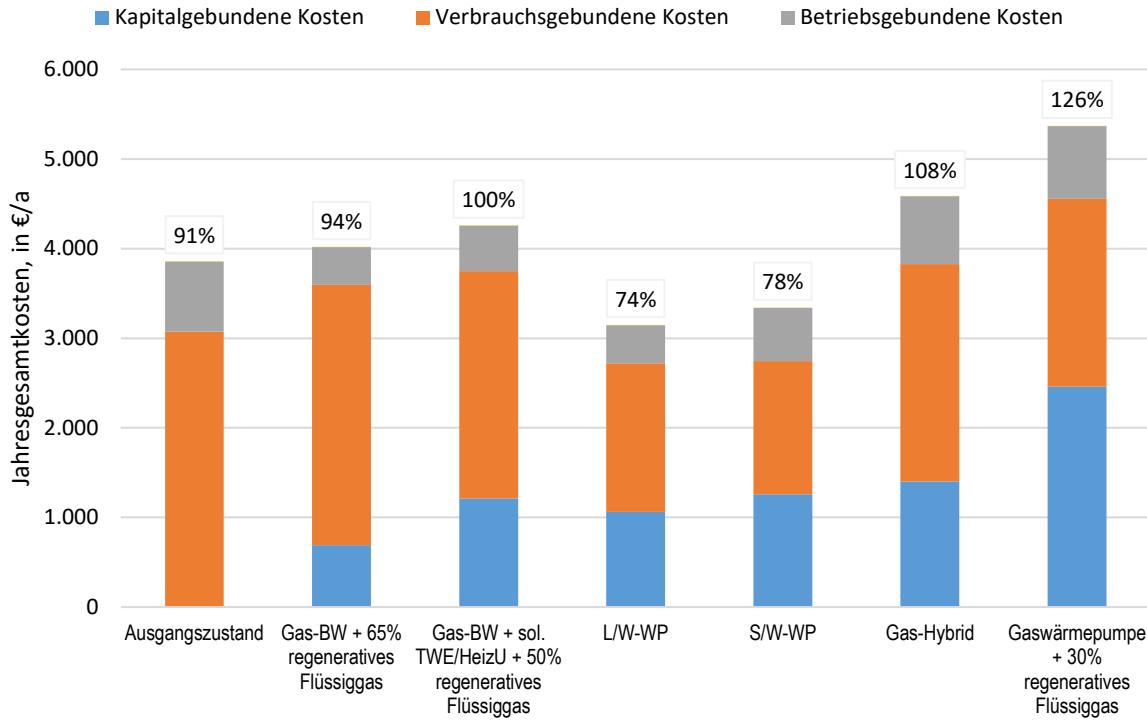


Abbildung 27: Jahresgesamtkosten in DHH Bestand, Öl-Altkessel im Ausgangszustand, Energiepreise als durchschnittlicher Preisstand in den nächsten 20 Jahren in Anlehnung an aktuelle Prognosen, mit Förderung

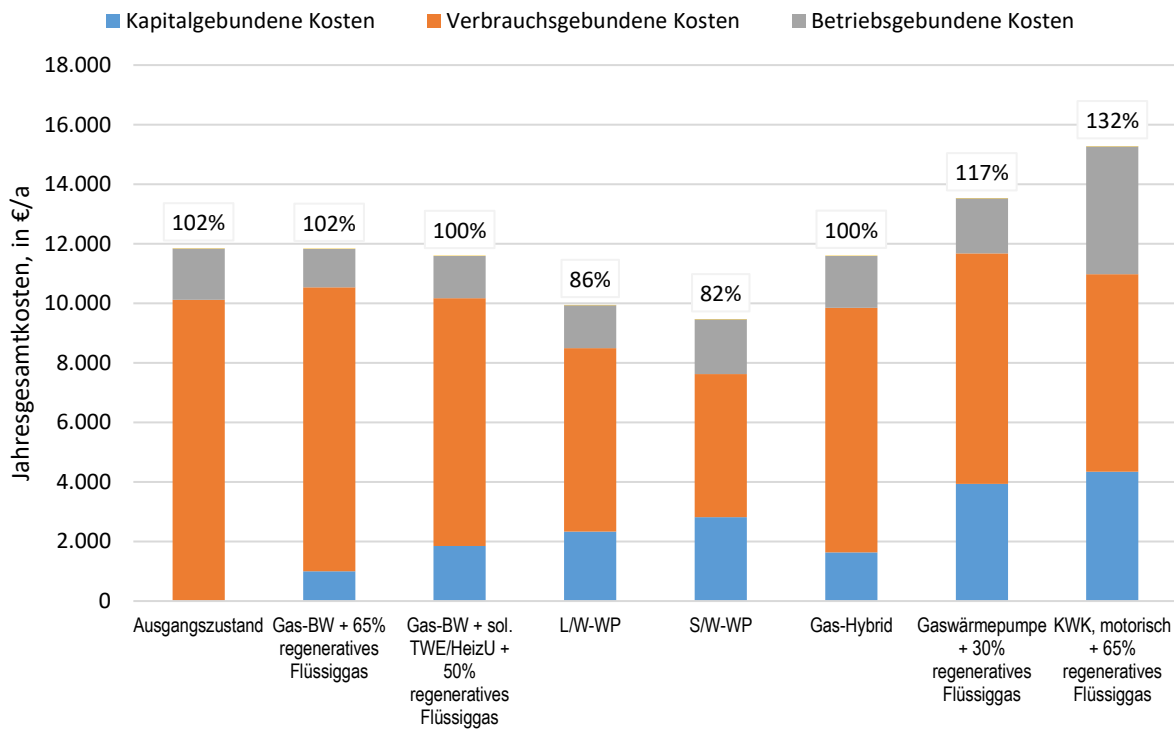


Abbildung 28: Jahresgesamtkosten im 6-FH Bestand, Öl-Altkessel im Ausgangszustand, Energiepreise als durchschnittlicher Preisstand in den nächsten 20 Jahren in Anlehnung an aktuelle Prognosen, mit Förderung

6 Quellenangaben

- [BEG EM] Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM), vom 16. September 2021, zuletzt geändert am 15.09.2022
- [DIN V 18599] Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teile 1-11, Ausgabe Dezember 2018
- [GEG 2020] Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das durch Artikel 18a des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist
- [KoaV 2021] Mehr fortschritt wagen, Koalitionsvertrag 2021-2025 zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP
- [KSG 2019] Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513)
- [KSG 2021] Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905)
- [Maßnahmenpaket 2022] Maßnahmenpaket des Bundes zum Umgang mit den hohen Energiekosten, Ergebnis des Koalitionsausschusses vom 23. März 2022, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/massnahmenpaket-des-bundes-zum-umgang-mit-den-hohen-energiekosten.pdf?__blob=publicationFile&v=14, abgerufen am 05.09.2022
- [Umsetzungskonzept 2022] 65 Prozent erneuerbare Energien beim Einbau von neuen Heizungen ab 2024, Konzeption zur Umsetzung, Stand: 14.07.2022, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/65-prozent-erneuerbare-energien-beim-einbau-von-neuen-heizungen-ab-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=6, abgerufen am 05.09.2022
- [WSchV84] II. Verordnung über einen energieeinsparenden Wärmeschutz bei Gebäuden vom 24.02.1982 (Wärmeschutzverordnung - WärmeschutzV)
- [ZUB, 2010] Klauß, Swen: Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. (ZUB), 2010