www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

IREES
research for future.

Anforderungen und Handlungsoptionen zur Erfüllung der im Hamburgischen Klimaschutzgesetz erlassenen EE-Nutzungspflicht im Gebäudebestand und die daraus resultierenden Kosten für Gebäudeeigentümer

Studie im Auftrag der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft der Freien und Hansestadt Hamburg

Freiburg, 22.10.2020

Autorinnen und Autoren

Dr. Veit Bürger, Dr. Sibylle Braungardt
Öko-Institut e.V.

Dr. Jan Steinbach
Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES)

Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg
Hausadresse
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin
Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

IREES GmbH
Schönfeldstr. 8
76131 Karlsruhe
Telefon +49 721 26 36 0
www.irees.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 5

Tabellenverzeichnis 7

1. Hintergrund und Zielsetzung 9

2. Regelungen im Klimaschutzgesetz im Einzelnen 10

3. Analyse der Ausgangslage und Auswahl von Typgebäuden 12

3.1. Hamburger Gebäudebestand 12

3.1.1. Wohngebäude 12

3.1.2. Nichtwohngebäude 14

3.2. Auswahl und Parametrisierung von Typgebäuden 15

3.2.1. Wohngebäude 15

3.2.2. Nichtwohngebäude 17

3.3. Ökologische Einordnung und Auswahl von Versorgungsvarianten für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Typgebäude 19

3.3.1. Solarthermie 19

3.3.2. Wärmepumpen 19

3.3.3. Holzzentral- und Holzeinzelheizungen 20

3.3.4. Biogas/Biomethan 21

3.3.5. Bioöl 21

3.3.6. Weitere Erwägungen zur ökologischen Bewertung 22

4. Wirtschaftlichkeitsberechnungen für ausgewählte Versorgungsvarianten 24

4.1. Dimensionierung ausgewählter EE-Wärmetechniken 24

4.2. Investitionskostenberechnung 25

4.2.1. Spezifische Investitionskosten der untersuchten Versorgungsvarianten 25

4.2.2. Förderung über Investitionszuschüsse MAP 27

4.2.3. Investitionskosten der untersuchten Versorgungsvarianten 28

4.3. Wirtschaftlichkeitsbewertung 33

4.3.1. Ökonomische Rahmenbedingungen 34

4.3.2. Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung 36

5. Ersatzmaßnahmen und Kombinationsmöglichkeiten 45

5.1. Ersatzmaßnahmen 45

5.1.1. Kriterien für das Anforderungsniveau der Ersatzmaßnahmen 45

5.1.2. Energieeinsparungen durch baulichen Wärmeschutz 45

5.1.3. Sanierungsfahrplan 48
5.1.4. Quartierslösungen 49
5.2. Kombinationsmöglichkeiten und Berechnungsverfahren 50
5.2.1. Wärmepumpen 51
5.2.2. Biomasse 51
5.2.3. Solarthermie 52
5.2.4. Ersatzmaßnahme „Anschluss an ein Wärmenetz“ 53
5.2.5. Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“ 53
5.3. Erfüllungsmatrix 54

6. Konklusion - Formulierung konkreter Anforderungen an die Nutzung EE sowie an die Ersatzmaßnahmen und Kombinationsmöglichkeiten 55

6.1. Allgemeiner Teil 55
6.1.1. Anwendungsbereich 55
6.1.2. Ergänzende Begriffsbestimmungen zu § 3 HmbKliSchG 56
6.2. Anerkennung und Berechnung 56
6.3. Zur Erfüllung der Nutzungspflicht nach § 17 Absatz 1 HmbKliSchG anerkannte erneuerbare Energien 57
6.4. Ersatzmaßnahmen 59
6.4.1. Energieeinsparmaßnahmen durch baulichen Wärmeschutz 59
6.4.2. Gebäudeindividueller energetischer Sanierungsfahrplan 60
6.4.3. Quartierslösungen 60
6.5. Kombinationsmöglichkeiten und Berechnungsverfahren 61
6.6. Ausnahmen, Befreiungen und Verfahrensvorschriften 61
6.6.1. Ausnahmen und Befreiungen von der Pflicht nach § 17 Absätze 1 und 3 HmbKliSchG 61
6.6.2. Nachweispflicht 62
6.6.3. Zuständige Behörde, Aufgaben des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers 63
6.6.4. Hinweispflicht 63

7. Referenzen 64

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Anzahl Wohngebäude und Verteilung der Wohnfläche	12
Abbildung 3-2:	Altersverteilung der Wohngebäude	13
Abbildung 3-3:	Endenergiebedarf der Wärmeversorgung aller dezentral versorgten Wohngebäude	13
Abbildung 3-4:	Nutzfläche der Nichtwohngebäude	14
Abbildung 3-5:	Qualitative Bewertung der verschiedenen Erfüllungsoptionen im Bereich der erneuerbaren Wärmeenergien	23
Abbildung 4-1:	Spezifische Systeminvestitionskosten Wärmeerzeuger bis 30 kW inkl. Peripherie und Installationskosten (o. MwSt.)	26
Abbildung 4-2:	Spezifische Systeminvestitionskosten Wärmeerzeuger größer 30 kW inkl. Peripherie, Speicher und Installationskosten (o. MwSt.)	27
Abbildung 4-3:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „EFH unsaniert“	29
Abbildung 4-4:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „EFH saniert“	29
Abbildung 4-5:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „MFH unsaniert“	30
Abbildung 4-6:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „MFH saniert“	31
Abbildung 4-7:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verwaltungsgebäude unsaniert“	31
Abbildung 4-8:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verwaltungsgebäude saniert“	32
Abbildung 4-9:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verkaufsgebäude unsaniert“	32
Abbildung 4-10:	Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verkaufsgebäude saniert“	33
Abbildung 4-11:	Anlegbare Energiepreise unter Berücksichtigung der Energiepreissteigerung, der CO_2-Bepreisung sowie der Absenkung der EEG-Umlage	35
Abbildung 4-12:	Annuitätische Jahreskosten für das „EFH unsaniert“	36
Abbildung 4-13:	Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „EFH unsaniert“	37
Abbildung 4-14:	Annuitätische Jahreskosten für das „EFH saniert“	37
Abbildung 4-15:	Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „EFH saniert“	38
Abbildung 4-16:	Annuitätische Jahreskosten für das „MFH unsaniert“	38
Abbildung 4-17:	Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „MFH unsaniert“	39
Abbildung 4-18:	Annuitätische Jahreskosten für das „MFH saniert“	39
Abbildung 4-19:	Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „MFH saniert“	40
Abbildung 4-20:	Annuitätische Jahreskosten für das „Verwaltungsgebäude unsaniert“	40

Abbildung 4-21: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das Verwaltungsgebäude unsaniert 41
Abbildung 4-22: Annuitätische Jahreskosten für das „Verwaltungsgebäude saniert“ 42
Abbildung 4-23: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „Verwaltungsgebäude saniert“ 42
Abbildung 4-24: Annuitätische Jahreskosten für das „Verkaufsgebäude unsaniert“ 43
Abbildung 4-25: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „Verkaufsgebäude unsaniert“ 43
Abbildung 4-26: Annuitätische Jahreskosten für das „Verkaufsgebäude saniert“ 44
Abbildung 4-27: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „Verkaufsgebäude saniert“ 44

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typgebäudes EFH, BAK E	16
Tabelle 3-2:	Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typgebäudes MFH, BAK E	16
Tabelle 3-3:	Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typ-Verwaltungsgebäudes	18
Tabelle 3-4:	Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typ-Verkaufsgebäudes	18
Tabelle 4-1:	Dimensionierung der Wärmeversorgungssysteme in den Wohngebäuden	24
Tabelle 4-2:	Dimensionierung der Wärmeversorgungssysteme in den Nichtwohngebäuden	25
Tabelle 4-3:	Kalkulatorischer Zinssatz und Umsatzsteuer	35
Tabelle 4-4:	Technologiespezifische Abschreibungsdauern	35
Tabelle 5-1:	Empfehlung für das Anforderungsniveau für die Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“	46
Tabelle 5-2:	CO_2-Einsparwirkung der Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“ für die ausgewählten Typ-Wohngebäude	47
Tabelle 5-4:	Empfehlung für Anrechenbarkeit der Ersatzmaßnahme Sanierungsfahrplan	49
Tabelle 5-5:	Deckungsanteile und Solarerträge durch Solarthermie für verschiedene Mindest-Aperturflächen und Typ-Wohngebäude	53
Tabelle 5-5:	Erfüllungsoptionen der Nutzungspflicht für erneuerbare Wärmeenergien (Erfüllungsmatrix)	54

1. Hintergrund und Zielsetzung

Mit dem Gesetz zum Neuerlass des Hamburgischen Klimaschutzgesetzes vom 20.02.2020 (HmbKliSchG) führt die Freie und Hansestadt Hamburg für bestehende Gebäude eine Nutzungspflicht von erneuerbaren Energien bei der Wärmeversorgung ein. Konkret werden Gebäudeeigentümer verpflichtet, beim Austausch oder der nachträglichen Installation einer Heizungsanlage mindestens 15 % des jährlichen Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken. Der Pflicht unterliegen alle Wohn- und Nichtwohngebäude, die vor 2009 errichtet wurden.

Neben dem Einsatz erneuerbarer Wärmetechnologien (Primärpflichterfüllung) ermöglicht das Klimaschutzgesetz auch eine Erfüllung der Nutzungspflicht durch eine Reihe von Ersatzmaßnahmen sowie die Kombination aus EE-Wärme- und Ersatzmaßnahmen.

Das Klimaschutzgesetz ermächtigt den Hamburger Senat, die detaillierte Ausgestaltung der Nutzungspflicht bis zum 31.12.2020 in einer Rechtsverordnung festzulegen. Dabei geht es um die Festlegung der

- konkreten Anforderungen an primärpflichterfüllende EE-Maßnahmen, Ersatzmaßnahmen und Kombinationsmöglichkeiten (inkl. Verfahren zur Berechnung der jeweiligen EE-Anteile),
- konkreten Anforderungen an die Nachweisführung sowie den behördlichen Vollzug,
- Befreiungstatbestände.

Das vorliegende Gutachten dient der wissenschaftlichen Unterstützung der Erstellung der Rechtsverordnung. Hierzu werden für verschiedene stadtspezifische Gebäudetypen und Sanierungsniveaus unterschiedliche EE-Technikvarianten (primärpflichterfüllende EE-Maßnahmen, Ersatzmaßnahmen und Kombinationsmöglichkeiten) analysiert, mit denen die Nutzungspflicht erfüllt werden kann. Dabei werden sowohl die für Hamburg spezifischen Rahmenbedingungen (u. a. Gebäudetypologie, Potenzialverfügbarkeit) als auch perspektivische Entwicklungen (u. a. Entwicklung des energetischen Gebäudezustands, Energiepreise inkl. CO_2-Bepreisung usw.) berücksichtigt. Es werden Technikvarianten identifiziert, mit denen die Nutzungspflicht erfüllt werden kann und die aus energiewirtschaftlicher sowie sozialverträglicher Sicht Sinn machen. Die Auswahl der Technikvarianten orientiert sich am Langfristziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands im Jahr 2050. Damit sollen in Hinblick auf das Langfristziel Lock-In-Entwicklungen vermieden werden. Zudem werden technologiespezifische Mindestanforderungen vorgeschlagen (z. B. an die Wandlungseffizienz von Wärmepumpen), die zur Anerkennung der Pflichterfüllung einzuhalten sind. Für ausgewählte Typgebäude erfolgt eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Erfüllungsvarianten.

Eine vergleichbare Nutzungspflicht ist in Deutschland bisher nur in Baden-Württemberg in Kraft. Das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) verpflichtet seit 2010 Hauseigentümer, einen Mindestanteil ihres Wärmeenergiebedarfs mit erneuerbaren Energien zu decken.[1] Seit Mitte 2015 liegt der Mindestpflichtanteil bei 15 %.[2] Das EWärmeG wurde in den letzten Jahren umfassend evaluiert (ifeu et al., 2018). Die Evaluierungsergebnisse fließen in das vorliegende Gutachten ein.

[1] Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg (Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWärmeG) vom 07. November 2007

[2] Gesetz zur Nutzung erneuerbarer Wärmeenergie in Baden-Württemberg (Erneuerbare-Wärme-Gesetz - EWärmeG); Gesetzesnovelle vom 17. März 2015

2. Regelungen im Klimaschutzgesetz im Einzelnen

Die Kernregelungen zur Nutzungspflicht im HmbKliSchG finden sich in §§ 17-19. In § 2 (Begriffsbestimmungen) wird eine Reihe von Begriffen definiert, die für die Nutzungspflicht relevant sind:

- **Erneuerbare Energien** werden definiert als Energien im Sinne von § 3 Nr. 21 des EEG vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), zuletzt geändert am 20. November 2019 (BGBl. I S. 1719, 1722), in der jeweils geltenden Fassung sowie § 3 Nummer 10c des Energiewirtschaftsgesetzes vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), zuletzt geändert am 20. November 2019 (BGBl. I S. 1719, 1722), in der jeweils geltenden Fassung.

- **Heizungsanlagen** sind Anlagen zur zentralen Erzeugung überwiegend von Raumwärme oder Raumwärme und Warmwasser; als Heizungsanlagen gelten nicht

  a) *Anlagen, die Wärme für ein Wärmenetz erzeugen,*

  b) *Anlagen mit einer Wärmeleistung über 1.500 kW zur leitungsgebundenen Versorgung mit Wärme mehrerer Gebäude, deren Eigentümer und Betreiber identisch ist mit dem Eigentümer der damit versorgten Gebäude.*

- Der **Austausch einer Heizungsanlage** (Auslöser der Nutzungspflicht) liegt dann vor, wenn der Kessel oder ein anderer zentraler Wärmeerzeuger ausgetauscht wird; als Austausch gilt auch, wenn die Heizungsanlage durch den Anschluss an ein Wärmenetz ersetzt wird; bei Heizungsanlagen mit mehreren Wärmeerzeugern liegt ein Austausch vor, sobald der erste Kessel oder Wärmeerzeuger getauscht wird.

- Der **Wärmeenergiebedarf** ist die Summe der zur Deckung der Wärmebedarfe für Heizung und Warmwasserbereitung jährlich benötigten Wärmemenge einschließlich des thermischen Aufwands für Übergabe, Verteilung und Speicherung; beim Wärmeenergiebedarf handelt es sich also um die Wärmemenge, die aus dem Heizkessel oder einem anderen Wandler an das Heizverteilsystem abgegeben wird.

- Die **Nutzfläche** ist bei Wohngebäuden die Gebäudenutzfläche nach § 2 Nr. 14 EnEV, bei Nichtwohngebäuden die Nettogrundfläche nach § 2 Nr. 15 EnEV.[3]

- **Sanierungsfahrpläne** sind gebäudeindividuelle energetische Planungen, die ausgehend vom Ist-Zustand des Gebäudes Empfehlungen für Maßnahmen am Gebäude enthalten, die sich am langfristigen Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands im Jahr 2050 orientieren und vollständig oder schrittweise durchgeführt werden können.

- Bei **Quartierslösungen** handelt es sich um schriftliche zwischen den Eigentümerinnen und Eigentümern vereinbarte Konzepte zur gemeinsamen energetischen Versorgung mehrerer Gebäude, die in räumlichem Zusammenhang stehen.

Geltungsbereich: Der Geltungsbereich der Nutzungspflicht erstreckt sich auf Wohn- und Nichtwohngebäude mit zentraler Heizungsanlage. Dezentrale Anlagen – dies gilt insbesondere für Gasetagenheizungen – fallen nicht unter die Pflicht. Gleiches gilt für Gebäude, die über ein Wärmenetz versorgt werden. Weitere Einschränkungen werden durch das HmbKliSchG nicht formuliert.

[3] Im Rahmen des GEG (Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze) finden sich die entsprechenden Begriffsbestimmungen in § 3.

Dies ist vielmehr Gegenstand der zu erlassenen Ausführungsverordnung. Dabei wird auch festgelegt, welche Gebäude von der Nutzungspflicht ausgenommen werden.

Pflichtauslöser und Erfüllungsoptionen: Auslöser für die Nutzungspflicht ist der Austausch einer Heizungsanlage. Wird eine Heizungsanlage nach dem 30.06.2021 ausgetauscht oder in einem bestehenden Gebäude nachträglich eingebaut, *sind die Eigentümerinnen und Eigentümer der betroffenen Gebäude, die vor dem 01.01.2009 errichtet wurden, verpflichtet, mindestens 15 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken*. Für solarthermische Anlagen sieht das HmbKliSchG für Wohngebäude einen Pauschalnachweis vor: *Die Nutzung einer solarthermischen Anlage mit einer Aperturfläche von 0,04 m² je m² Nutzfläche bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohnungen oder mit einer Aperturfläche von 0,03 m² je m² Nutzfläche bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohnungen gilt als Erfüllung der Anforderungen*. Werden also die Mindestflächen eingehalten, entfällt die Verpflichtung nachzuweisen, dass der Kollektor groß genug ist, um 15 % des Wärmeenergiebedarfs zu decken. Für alle anderen Erfüllungsoptionen gibt es keinen vergleichbaren Pauschalnachweis. Alle weiteren Anforderungen an die EE-Erfüllungsoptionen sind in der Ausführungsverordnung zu regeln.

Ersatzmaßnahmen: Die Nutzungspflicht kann auch über eine Reihe von Ersatzmaßnahmen erfüllt werden. Das HmbKliSchG nennt hierfür explizit den Anschluss an ein Wärmenetz sowie Energieeinsparungen durch baulichen Wärmeschutz, Sanierungsfahrpläne und Quartierslösungen. Wird im Zuge des Kesseltauschs ein Gebäude an ein Wärmenetz angeschlossen, muss der Mindestpflichtanteil von 15 % erneuerbare Energien ebenfalls eingehalten werden. Der Wärmenetzanschluss gilt aber auch dann als pflichtkonform, *wenn das Wärmeversorgungsunternehmen des Wärmenetzes einen nach § 10 Abs. 3 geprüften Dekarbonisierungsfahrplan vorgelegt hat. Auf Antrag kann die zuständige Behörde für den beabsichtigten Anschluss an ein Wärmenetz die Frist zur Erfüllung der Pflicht nach § 17 Abs. 1 verlängern, insbesondere wenn der geordnete Netzausbau dies erfordert*. Die materiellen Anforderungen an die anderen Ersatzmaßnahmen sind ebenfalls im Rahmen der Ausführungsverordnung festzulegen.

Maßnahmenkombinationen: Darüber hinaus können Hauseigentümer die Nutzungspflicht durch eine Kombination aus erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen erfüllen. Die damit verbundenen Verrechnungsregelungen sind ebenso per Rechtsverordnung zu definieren.

Ausnahmen: Die Nutzungspflicht entfällt, wenn ihre Erfüllung und die Durchführung von Ersatzmaßnahmen anderen öffentlich-rechtlichen Pflichten widerspricht oder im Einzelfall technisch unmöglich ist. Sie entfällt auch dann, wenn ihre Erfüllung und die Durchführung von Ersatzmaßnahmen im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch einen unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen würden.

Nachweispflicht: Die Erfüllung der Verpflichtung ist innerhalb von 18 Monaten nach Inbetriebnahme der neuen Heizungsanlage der zuständigen Behörde nachzuweisen. Details der Nachweisführung sowie des behördlichen Vollzugs regelt die zu erlassene Ausführungsverordnung.

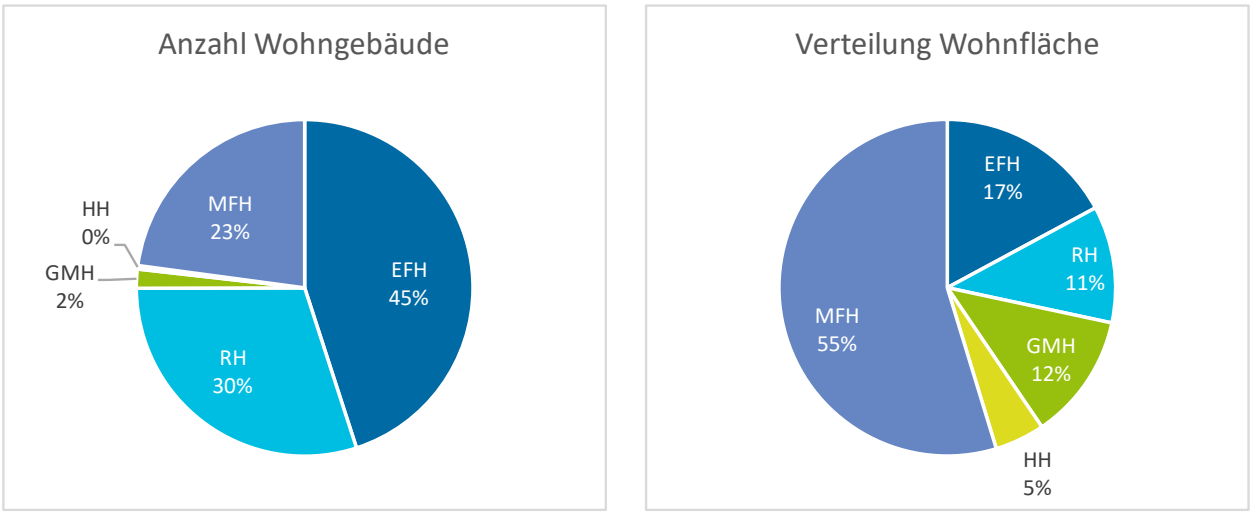
3. Analyse der Ausgangslage und Auswahl von Typgebäuden

3.1. Hamburger Gebäudebestand

3.1.1. Wohngebäude

Laut dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS verfügt Hamburg über rund 222.500 beheizte Wohngebäude. Diese umfassen reine Wohngebäude sowie Gebäude mit Mischnutzung, bei denen aber mehr als die Hälfte der Fläche zu Wohnzwecken genutzt wird. Bei knapp der Hälfte der Gebäude handelt es sich um Einfamilienhäuser (EFH), rund 30 % sind Reihenhäuser und rund 25 % Mehrfamilienhäuser. Die Mehrfamilienhäuser (inkl. Hochhäuser) stellen aber rund 72 % der gesamten Wohnfläche in Höhe von rund 71 Mio. m² (HafenCity University, 2020).

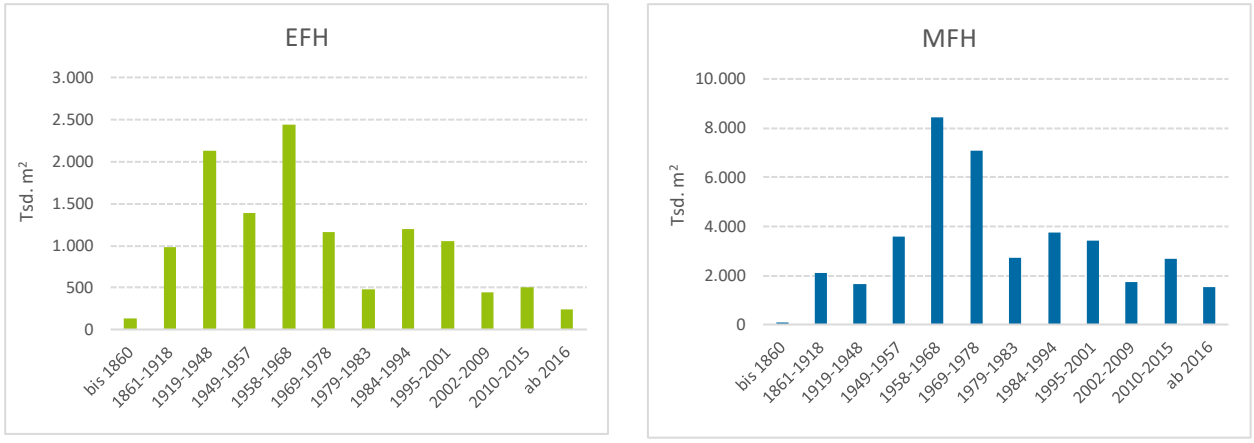
Abbildung 3-1: Anzahl Wohngebäude und Verteilung der Wohnfläche



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis ALKIS und HafenCity University (2020)

Abbildung 3-2 zeigt die Verteilung der Wohnfläche auf die verschiedenen Baualtersklassen. Sowohl für Einfamilienhäuser als auch bei Mehrfamilienhäusern stellen Gebäude, die zwischen 1958 und 1968 errichtet wurden (Baualtersklasse E nach IWU (2015)), den größten Anteil der Wohnfläche bereit.

Abbildung 3-2: Altersverteilung der Wohngebäude

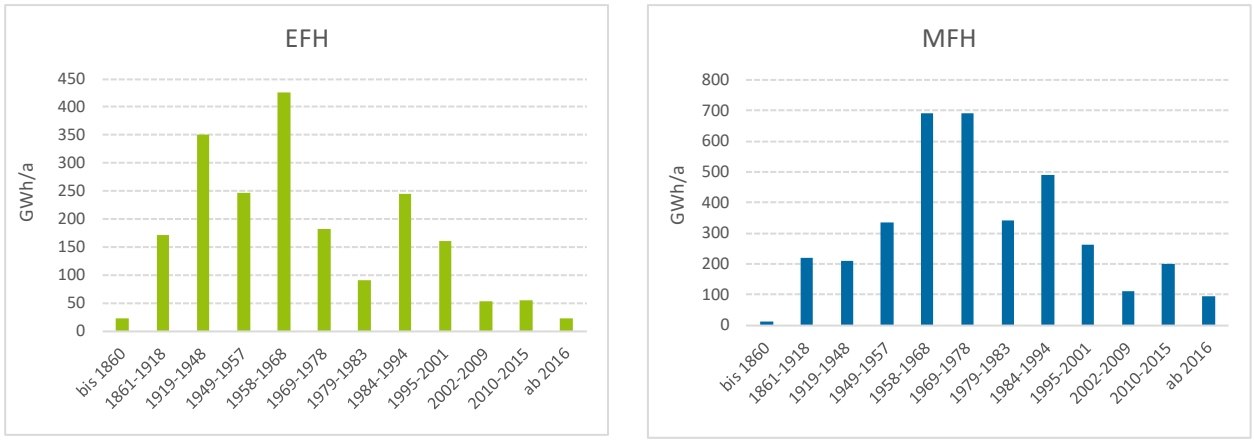


Quelle: Eigene Darstellung auf Basis HafenCity University (2020)

Der Nutzungspflicht unterliegen Gebäude mit zentraler Wärmeversorgung. Gebäude mit Fernwärmeanschluss und Gebäude mit Etagen- oder Nachtspeicherheizungen werden durch die Nutzungspflicht nicht erfasst. Nach der Mikrozensus Zusatzerhebung 2014 (Destatis, 2016) wurden in Hamburg im Jahr 2014 rund 38.000 Wohnungen über Etagenheizungen beheizt. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese hauptsächlich in Mehrfamilienhäusern vorkommen. Mangels Daten zur Altersverteilung kann allerdings keine eindeutige Zuordnung auf die verschiedenen Baualtersklassen vorgenommen werden.

Abbildung 3-3 zeigt deswegen den Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung derjenigen Wohngebäude, die nicht an die Fernwärme angeschlossen sind (allerdings sind die Gebäude enthalten, die über eine Etagenheizung verfügen), aufgeschlüsselt nach ihrer Altersverteilung. Auch hier wird deutlich, dass bei den EFH die Gebäude der Baualtersklasse E (1958-1968) dominieren, bei den MFH sind es die Gebäude der Baualtersklassen E (1958-1968) und F (1969-1978).

Abbildung 3-3: Endenergiebedarf der Wärmeversorgung aller dezentral versorgten Wohngebäude



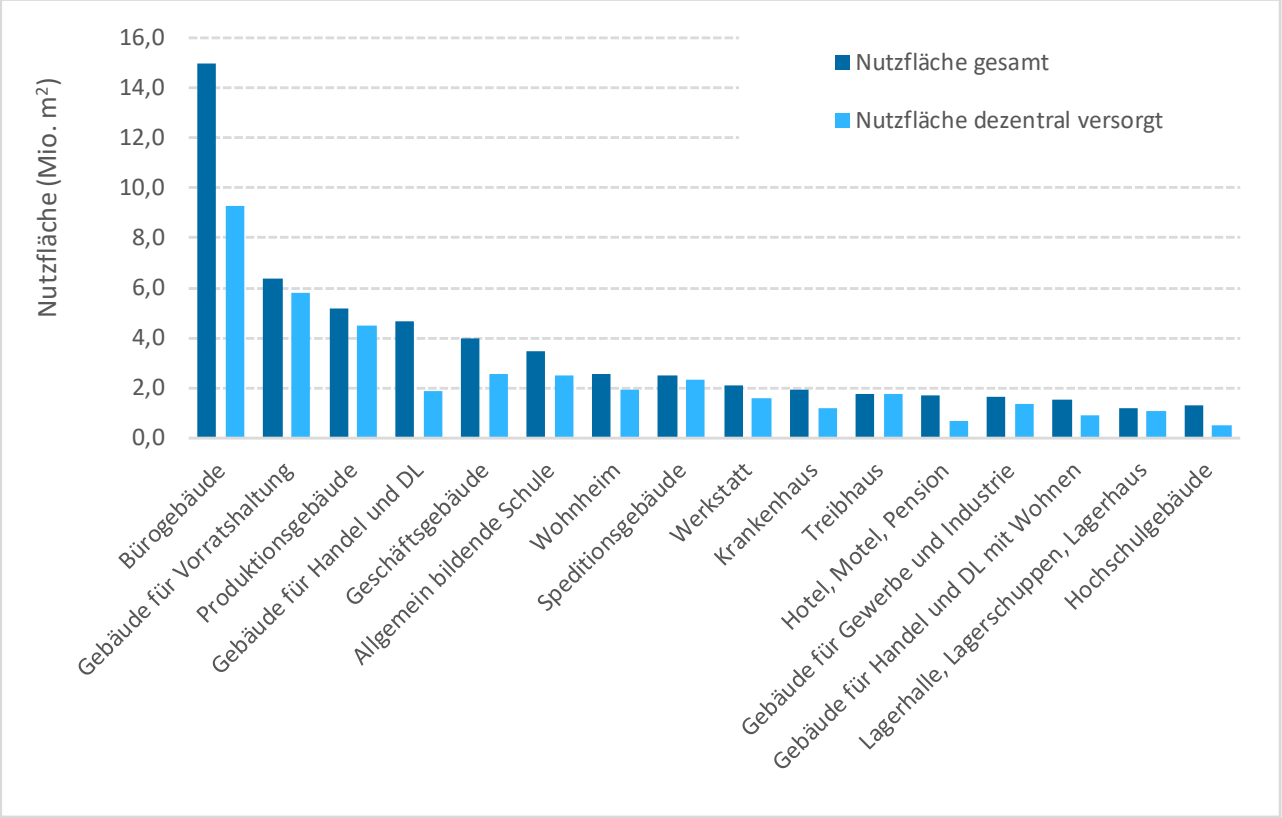
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis HafenCity University (2020) und Wärmekataster Hamburg

Zur Altersverteilung der Heizungsanlagen geben die Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks Aufschluss (Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Hamburg, 2018). Im Jahr 2018 lag der Anteil der nach 1. BImSchV messpflichtigen Ölfeuerungsanlagen, die älter sind als 20 Jahre, bei rund 53 %. Bei den messpflichtigen Gaskesseln waren rund 46 % älter als 20 Jahre. Bei den messpflichtigen Anlagen handelt es sich um Heizwertkessel mit im Vergleich zu Brennwertkesseln geringerer Wandlungseffizienz. Das Gebäudeenergiegesetz GEG beinhaltet eine Austauschpflicht für Heizkessel, die älter als 30 Jahre sind. Aus der Altersverteilung der messpflichtigen Heizanlagen folgt, dass in den kommenden 10 Jahren rund die Hälfte aller Heizkessel in Hamburg prinzipiell von der Regelung betroffen wäre. Für die Austauschpflicht gelten aber weitreichende Ausnahmeregelungen. Insbesondere im Falle von Ein- und Zweifamilienhäusern greift die Austauschpflicht erst dann, wenn es zu einem Eigentümerwechsel kommt.

3.1.2. Nichtwohngebäude

Laut dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS gibt es in Hamburg rund 47.800 reine Nichtwohngebäude (NWG). Abbildung 3-4 zeigt eine Auflistung der NWG nach der originären ALKIS-Gebäudefunktion. Dargestellt sind alle NWG, die in ihrer Nutzungskategorie in Summe eine Nutzfläche von mehr als 1 Mio. m² aufweisen (ausgenommen sind dabei gemischt genutzte Gebäude mit Wohnen und Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen). Nichtwohngebäude dieser 16 Nutzungstypen stellen rund drei Viertel der gesamten Nutzfläche der reinen NWG. Für die 16 Nutzungstypen wird zusätzlich die Nutzfläche dargestellt, die nicht durch die Fernwärme versorgt wird und somit prinzipiell – sollte der jeweilige Nutzungstyp in den Geltungsbereich der Nutzungspflicht fallen - unter die EE-Einsatzverpflichtung fällt.

Abbildung 3-4: Nutzfläche der Nichtwohngebäude



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis ALKIS

Bürogebäude stellen rund 20 % der Nutzfläche der reinen NWG, gefolgt von Gebäuden für die Vorratshaltung (9 %), Produktionsgebäuden (7 %) und Gebäuden für Handel und Dienstleistungen (6 %). Bei Gebäuden für Vorratshaltung sowie Produktionsgebäuden handelt es sich um Nutzungsarten, die die EE-Nutzungspflicht in Baden-Württemberg nicht erfasst. Dort sind *gewerbliche und industrielle Hallen, bei denen der überwiegende Teil der Nettogrundfläche der Fertigung, Produktion, Montage und Lagerung dient*, von der Nutzungspflicht ausgenommen (§ 2 Abs. 2 Nr. 13 EWärmeG).

3.2. Auswahl und Parametrisierung von Typgebäuden

In Kapitel 4 werden für je zwei Typgebäude aus dem Bereich der Wohn- und Nichtwohngebäude Wirtschaftlichkeitsberechnungen für verschiedene Erfüllungsoptionen durchgeführt. Die Auswahl und Ausgestaltung der ausgewählten Typgebäude werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

3.2.1. Wohngebäude

Anhand der Verteilung der Wohngebäude auf die verschiedenen Altersklassen sowie des Endenergiebedarfs der dezentralen Wärmeversorgung werden jeweils ein EFH und MFH der Baualtersklasse 1959-1968 (BAK E) als Typgebäude gewählt. Die Parametrisierung der beiden Typgebäude in Form energetischer Kennwerte und bauphysikalischer Gebäudemerkmale (U-Werte) erfolgt anhand der Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU, 2015). Für jedes der beiden Wohngebäude werden zwei energetische Zustände betrachtet, zum einen der energetisch unsanierte Zustand, zum anderen ein energetisch modernisierter Zustand, der den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) entspricht. Die energetische Sanierung des EFH umfasst folgende Elemente:

- Dämmung der Außenwände mit 12 cm Wärmedämmverbundsystem (WLG 035)
- Volldämmung der Sparrenzwischenräume des Dachs (WLG 035)
- Dämmung der Kellerdecke mit 8 cm Dämmplatten (WLG 035)
- Ersatz der Fenster zu Gunsten neuer Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung

Das MFH wird durch folgende Maßnahmen saniert:

- Dämmung der Außenwände mit 12 cm Wärmedämmverbundsystem (WLG 035)
- Dämmung der obersten Geschossdecke von oben mit 12 cm Dämmplatten (WLG 035)
- Dämmung der Kellerdecke mit 8 cm Dämmplatten (WLG 035)
- Ersatz der Fenster zu Gunsten neuer Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung

Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 zeigen die bauphysikalischen Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte der beiden Typ-Wohngebäude.

Tabelle 3-1: Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typgebäudes EFH, BAK E

Typgebäude EFH, BAK E			
Geometrie			
Beheizte Wohnfläche	m^2	110,2	
Nutzfläche (gemäß GEG)	m^2	160,9	
Beheiztes Gebäudevolumen	m^3	502,9	
Anzahl der Vollgeschosse		1	
Dominierende Versorgung		Erdgas	
U-Werte (W/m^2*K)		**Ist-Zustand**	**Saniert (GEG)**
Dach		0,80	0,41
Außenwand		1,20	0,23
Fußboden		1,60	0,34
Fenster		2,80	1,30
Hülle (HT')		1,07	0,44
Energetische Kennwerte (verbrauchskorrigierte Werte in Klammern)		**Ist-Zustand**	**Saniert (GEG)**
Nutzwärme	(kWh/m^2a)	314 (186)	157 (139)
Endenergiebedarf	(kWh/m^2a)	448 (266)	190 (168)
Primärenergiebedarf (nicht-erneuerbar)	(kWh/m^2a)	522 (309)	231 (204)
CO_2-Emissionen	(kg/m^2a)	113 (67)	50 (45)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis IWU (2015)

Tabelle 3-2: Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typgebäudes MFH, BAK E

Typgebäude MFH, BAK E			
Geometrie			
Beheizte Wohnfläche	m^2	2.844,6	
Nutzfläche (gemäß GEG)	m^2	3.327	
Beheiztes Gebäudevolumen	m^3	10.397	
Anzahl der Vollgeschosse		4	
Dominierende Versorgung		Erdgas	
U-Werte (W/m^2*K)		**Ist-Zustand**	**Saniert (GEG)**
Dach		0,60	0,20
Außenwand		1,20	0,23
Fußboden		1,60	0,34
Fenster		3,00	1,30
Hülle (HT')		1,21	0,43
Energetische Kennwerte (verbrauchskorrigierte Werte in Klammern)		**Ist-Zustand**	**Saniert (GEG)**
Nutzwärme	(kWh/m^2a)	177 (140)	91 (90)
Endenergiebedarf	(kWh/m^2a)	258 (204)	111 (111)
Primärenergiebedarf (nicht-erneuerbar)	(kWh/m^2a)	297 (235)	132 (131)
CO_2-Emissionen	(kg/m^2a)	64 (51)	29 (29)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis IWU (2015)

3.2.2. Nichtwohngebäude

Anhand der Flächenverteilung auf die verschiedenen Nutzungsarten werden als Typgebäude ein Büro-/Verwaltungsgebäude sowie ein Verkaufs-/Ladengebäude (Nutzungstyp Gebäude für Handel und Dienstleistungen) gewählt. Das Ladengebäude wird unter der Annahme ausgewählt, dass die flächenmäßig stärker vertretenen Nutzungstypen Lagerhallen (Gebäude für Vorratshaltung) sowie Produktionsgebäude von der Nutzungspflicht – analog zu der Regelung in Baden-Württemberg[4] – ausgenommen werden.

Die gebäudegeometrischen Daten der beiden Typgebäude werden der Modellgebäudedatenbank aus Klauß (2010) entnommen. Die durchschnittliche Nutzfläche der Verwaltungsgebäude in Hamburg liegt bei rund 2.750 m^2, die der Verkaufsgebäude bei rund 3.120 m^2. Die Modellgebäude aus Klauß (2010) verfügen über Bruttogrundflächen von 1.972 m^2 (Büro klein) bzw. 2.520 m^2 (Verbrauchermärkte – Lebensmittel mittel). Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeitsberechnungen haben diese Abweichungen keine Relevanz. Analog den Wohngebäuden wird für beide Typgebäude ein unsanierter und ein sanierter Zustand betrachtet. Für die beiden Sanierungszustände, die damit verbundenen Gebäudeparameter (v. a. U-Werte) sowie energetischen Kennwerte gibt es keine den Wohngebäuden vergleichbare Typologie.[5] Aus diesem Grund mussten eigene Annahmen und Berechnungen vorgenommen werden. Die U-Werte der beiden energetischen Zustände basieren auf der „Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland“ des BMVBS/BBSR (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), 2011). Die energetischen Kennwerte wurden über die Energieberatungssoftware ZUB Helena berechnet. Grundlage dafür ist das Berechnungsverfahren der DIN V 18599.[6]

Tabelle 3-3 und Tabelle 3-4 zeigen die bauphysikalischen Gebäudemerkmale und energetischen Kennwerte der beiden Typ-Verwaltungsgebäude.

[4] Zum Zweck eines Gleichlaufs der unterschiedlichen Rechtsvorschriften und einer Vereinfachung für den Verpflichteten, wurden im EWärmeG des Landes Baden-Württemberg die Ausnahmen vom Anwendungsbereich wortgleich aus EnEV/EEWärmeG übernommen und um eine Sonderausnahme für Industrie- und Produktionshallen erweitert, da diese Hallen oftmals nur auf ein geringeres Temperaturniveau beheizt werden.

[5] Leider standen zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens die Daten aus der neuen Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude noch nicht zur Verfügung (https://www.datanwg.de).

[6] DIN V 18599 Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung

Tabelle 3-3: Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typ-Verwaltungsgebäudes

Verwaltungsgebäude			
Geometrie			
Nettovolumen V	m^3	5.867	
Nutz-/Nettogrundfläche	m^2	1.676	
Thermische Hüllfläche	m^2	2.585	
U-Werte (W/m^2*K)		**Ist-Zustand**	**saniert**
Dach		0,45	0,45
Außenwand		1,20	0,24
Fußboden		0,85	0,85
Fenster		2,90	1,30
Energetische Kennwerte		**Ist-Zustand**	**saniert**
Endenergie RW	(kWh/a)	479.491	243.633
Endenergie WW	(kWh/a)	3.788	3.788
Endenergiebedarf RW+WW	(kWh/m^2a)	288	148
Primärenergiebedarf RW+WW	(kWh/m^2a)	292	152
CO_2-Emissionen RW+WW	(kg/m^2a)	59	31

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Klauß (2010) und Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2011)

Tabelle 3-4: Bauphysikalische Gebäudemerkmale und energetische Kennwerte des Typ-Verkaufsgebäudes

Verkaufsgebäude			
Geometrie			
Nettovolumen V	m^3	12.096	
Nutz-/Nettogrundfläche	m^2	2.243	
Thermische Hüllfläche	m^2	6.058	
U-Werte (W/m^2*K)		**Ist-Zustand**	**saniert**
Dach		0,45	0,45
Außenwand		1,20	0,24
Fußboden		0,85	0,85
Fenster		2,90	1,30
Energetische Kennwerte		**Ist-Zustand**	**saniert**
Endenergie RW	(kWh/a)	596.728	465.009
Endenergie WW	(kWh/a)	1.874	1.880
Endenergiebedarf RW+WW	(kWh/m^2a)	267	208
Primärenergiebedarf RW+WW	(kWh/m^2a)	268	210
CO_2-Emissionen RW+WW	(kg/m^2a)	54	42

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis Klauß (2010) und Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (2011)

3.3. Ökologische Einordnung und Auswahl von Versorgungsvarianten für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Typgebäude

Für die vier Typgebäude werden im nachfolgenden Kapitel für verschiedene Erfüllungsoptionen der Nutzungspflicht Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt. Dafür werden in einem ersten Schritt für jedes Typgebäude und die beiden Sanierungszustände sechs Erfüllungsvarianten identifiziert. Es wird qualitativ bewertet, ob bzw. in welcher Form sich die sechs ausgewählten EE-Wärmeversorgungssysteme in den Typgebäuden zur Pflichterfüllung eignen. Darauf aufbauend werden in einem zweiten Schritt pro Typgebäude und Sanierungszustand jeweils drei Varianten ausgewählt, für die in Kapitel 4 dann die Wirtschaftlichkeitsberechnungen angestellt werden.

Aufgrund der verhältnismäßig langen Lebensdauer von Heizungsanlagen, ist darauf zu achten, dass die Nutzungspflicht mögliche Lock-In-Effekte vermeidet. Dabei geht es insbesondere um die Frage, ob ein heute neu eingebautes Heizungssystem jetzt schon kompatibel mit den Klimaschutzzielen in 2050 ist bzw. ob und in welcher Form ein Heizungssystem später zu Gunsten einer vollständig CO_2-freien Wärmeerzeugung umgerüstet werden kann. So wird sich die Klimaschutzwirkung elektrischer Wärmepumpe sukzessive verbessern, wenn in den kommenden Jahren der EE-Anteil an der Stromerzeugung weiter steigt. Bei den biogenen flüssigen oder gasförmigen Energieträgern ist die Frage nach einer sinnvollen Allokation der begrenzten Ressource zwischen den Sektoren zu diskutieren. So geht eine Vielzahl von Klimaschutzszenarien davon aus, dass langfristig ein nur sehr begrenzter Anteil der Biomasse für die Erzeugung von Niedertemperaturwärme zur Verfügung steht.

Die Bewertung der verschiedenen Erfüllungsoptionen sowohl im Hinblick auf ihre ökologische Einordnung sowie Eignung für verschiedene Gebäudetypen orientiert sich an den in den nachfolgenden Abschnitten dargestellten Erwägungen.

3.3.1. Solarthermie

Bei der Solarthermie werden in der Regel Flach- oder Vakuum-Röhrenkollektoren eingebaut. Die Anlagen dienen entweder als reine Brauchwasseranlagen oder werden zur kombinierten Trinkwarmwasserbereitung und Heizungsunterstützung eingesetzt. Solarthermische Anlagen zur dezentralen Wärmeversorgung benötigen im Regelfall und insbesondere bei bestehenden Gebäuden ein weiteres Heizsystem, welches den Hauptteil der Wärmeversorgung übernimmt (Hybridlösungen). Das Hauptsystem ist oftmals ein Gas- oder Heizölkessel. Langfristig muss natürlich auch das Hauptsystem zu Gunsten eines klimaneutralen Heizsystems ausgetauscht werden.

3.3.2. Wärmepumpen

Wärmepumpen werden in Form von Luft/Wasser-, Sole/Wasser- oder Wasser/Wasser-Systemen eingesetzt. Der Markt wird von elektrischen Wärmepumpen dominiert. Sole/Wasser und Wasser/Wasser-Wärmepumpen sind darauf angewiesen, einen Zugang zu den entsprechenden Wärmequellen (z.B. Boden, Grundwasser, fließendes oder stehendes Gewässer) zu haben. Gerade im verdichteten innerstädtischen Bereich ist dies oftmals nicht gegeben. Zudem sind die Anschaffungskosten für diese Systeme deutlich höher als für die in der Regel weniger effizienten Luft/Wasser-Wärmepumpen.

Der ökologische Nutzen einer Wärmepumpe in Form eingesparter CO_2-Emissionen wird vor allem durch die Effizienz des Aggregats (COP), den Emissionsfaktor des Antriebsstroms sowie die jeweilige „Einbausituation“ bestimmt (die Einbausituation hat wiederum einen maßgeblichen Einfluss auf

die Jahresarbeitszahl). Der Emissionsfaktor des Antriebsstroms hängt im Wesentlichen von den Dekarbonisierungserfolgen im Stromsektor ab (Zubau EE-Stromerzeugung, Netzausbau, Kohleausstieg usw.). Bei der Einbausituation geht es insbesondere um das Temperaturniveau des Heizverteilsystems innerhalb des zu beheizenden Gebäudes: Je höher das Temperaturniveau (und damit der durch die Wärmepumpe zu leistende Temperaturhub), desto niedriger die Jahresarbeitszahl. Aus diesem Grund eignen sich Wärmepumpen im Gebäudebestand v. a. in sanierten Gebäuden. Feldtests, im Rahmen derer die Effizienz von Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden untersucht wird, zeigen aber, dass Wärmepumpen auch in Bestandsgebäuden effizient betrieben werden können (Fraunhofer ISE, 2020). Wärmepumpen lassen sich zudem in Form von Hybridlösungen (z. B. Wärmepumpe + Spitzenlastkessel) effizient betreiben. Hybridlösungen bieten sich insbesondere bei unsanierten Gebäuden an. In besonders kalten Perioden übernimmt die Wärmeerzeugung der Spitzenlastkessel, so dass in diesen Phasen ein sehr ineffizienter Betrieb der Wärmepumpe vermieden werden kann.

Bei einer Wärmepumpe ist nur der Anteil der erzeugten Wärme erneuerbare Energie, der der Umwelt (z. B. Luft, Boden, Grundwasser usw.) entnommen wurde. Aus der Perspektive der CO_2-Einsparung muss bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen die der Umwelt entzogene Wärmemenge ins Verhältnis zu den CO_2-Emissionen gesetzt werden, die mit der Erzeugung des Antriebsstroms einhergehen.

3.3.3. Holzzentral- und Holzeinzelheizungen

Holzzentralheizungen gibt es in verschiedenen Ausführungen unter Verwendung verschiedener Holzprodukte (z. B. Scheitholz-/Pellet-/Hackschnitzelkessel). In EFH dominieren Pellet- und Scheitholzkessel. Gerade im verdichteten innerstädtischen Raum muss auf einen besonders schadstoffarmen Betrieb der Anlagen geachtet werden. Zur Vermeidung einer zu häufigen Taktung der Anlagen im Sommer bietet sich eine Kombination mit einem Brauchwasserkollektor an.

Zu diskutieren ist, ob bzw. unter welchen Anforderungen auch Einzelraumfeuerungsanlagen pflichterfüllend anerkannt werden. Dabei sind sowohl die in der Regel geringere Effizienz sowie die Schadstoffbelastungen von Einzelfeuerungen zu berücksichtigen. So werden in Baden-Württemberg Einzelraumfeuerungsanlagen in Wohngebäuden nur dann als Pflichterfüller anerkannt, wenn die Anlage mindestens 30 % der Wohnfläche überwiegend beheizt oder mit einem Wasserwärmeübertrager ausgestattet ist und

- *ein Kamineinsatz oder ein Heizeinsatz für Kachel- oder Putzöfen mit einem Mindestwirkungsgrad von 80 %, in dem ausschließlich naturbelassenes stückiges Holz eingesetzt wird, oder*
- *ein Grundofen, in dem ausschließlich naturbelassenes stückiges Holz eingesetzt wird, oder*
- *ein Ofen entsprechend DIN EN 14785: 2006-09, einschließlich Berichtigung 1: 2007-10, zur Verfeuerung* von Holzpellets mit einem Mindestwirkungsgrad von 90 % zum Einsatz kommt.

Im Hinblick auf die Klimawirksamkeit ist bei der Verwendung von Holz zu bedenken, dass sich die CO_2-Bilanz verschlechtert, wenn der verstärkte Einschlag von Holz mit einer Absenkung der Kohlenstoffvorräte im Wald einhergeht (SRU, 2020).

3.3.4. Biogas/Biomethan

Im städtischen Raum geht es dabei vor allem um den Einsatz von Biomethan (auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas) in konventionellen Gaskesseln. Die Belieferung des Kunden erfolgt über den Gasanbieter, der ein „Beimischungsprodukt“ anbietet, welches den geforderten Mindestanteil an Biomethan enthält. Die Zuordnung der Biomethaneinspeisung und Kundenversorgung erfolgt dabei virtuell/bilanziell. Zur ökologischen Bewertung des Einsatzes von Biomethan in konventionellen Gaskesseln sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Eine steigende Nachfrage nach Biomethan setzt Anreize, Flächen verstärkt für den Anbau von Energiepflanzen zu nutzen („Tank/Teller-Diskussion“).
- Im Vergleich zu anderen Nutzungspfaden ist die Klimaschutzwirkung bei der Verwendung von Biomethan in konventionellen Gaskesseln beschränkt (z. B. ifeu et al., 2017). Das CO_2-Minderungspotenzial ist beispielsweise deutlich höher, wenn Biomethan in einer neuen KWK-Anlage eingesetzt wird.
- Das Potenzial an nachhaltiger heimischer Biomasse ist beschränkt (Umweltbundesamt, 2014). Zahlreiche Klimaschutzszenarien zeigen, dass Biomasse zur Dekarbonisierung anderer Sektoren stärker benötigt wird als in der Wärmeversorgung (z. B. Gerbert et al., 2018; Öko-Institut & Fraunhofer ISI, 2015). Steigt also die Nachfrage aus dem Wärmesektor, besteht das Risiko, Potenziale aus anderen Sektoren abzuziehen, in denen weniger EE-Alternativen zur Verfügung stehen und die deswegen stärker auf den Biomasseeinsatz angewiesen sind (v. a. Schwerlast- und Flugverkehr, Hochtemperatur-Prozesswärme in der Industrie).
- Ein Stromsystem mit hohen fluktuierenden EE-Anteilen ist auf ein Mindestmaß an steuerbaren Erzeugungseinheiten angewiesen. Biomethan lässt sich in stromgeführten KWK-Anlagen systemdienlich einsetzen und kann damit einen wertvollen Beitrag zur Grundlastfähigkeit leisten.
- Die Beimischungsoption zementiert die heute von fossil befeuerten Heizkesseln dominierte Heizungsstruktur. Dabei ist es mittel- bis langfristig notwendig, im Wärmesektor einen Technologie- und Strukturwechsel einzuleiten, im Rahmen dessen fossile Wärmeerzeugungstechnologien sukzessive verdrängt werden. Denn es ist aus heutiger Sicht unwahrscheinlich, dass 2050 genügend Biomethan oder synthetische Brennstoffe vorhanden sein werden, um einen Heizkessel überwiegend/vollständig mit klimaneutralen Brennstoffen zu betreiben (s. vorangegangene Punkte).

Die aufgeführten Gründe münden in die Empfehlung, den Einsatz von Biomethan zur Erzeugung von Niedertemperaturwärme möglichst zu beschränken und gleichzeitig Anreize zu setzen, Biomethan in der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung einzusetzen.

3.3.5. Bioöl

Vergleichbar der Biomethanbeimischung lässt sich auch Heizöl anteilig Bioöl beimischen (Bioölbeimischung). Die Verwendung erfolgt dann in einem konventionellen Heizölkessel, was heute bis zu einem Beimischungsgrad von 20 % möglich ist. Für die ökologische Einordnung gelten sinngemäß die bei der Bewertung der Biomethanbeimischung aufgeführten Argumente.

3.3.6. Weitere Erwägungen zur ökologischen Bewertung

Bei Hybridanwendungen mit Beteiligung von Heizölkesseln (z. B. Heizölkessel + Solarkollektor oder die Beimischung von Bioöl in einem Heizöl-Brennwertkessel) ist das Verhältnis zu dem im Gebäudeenergiegesetz (GEG) geregelten Betriebsverbot für Ölheizungen zu beachten. Ab dem 01.01.2026 dürfen Heizölkessel nur noch eingebaut oder aufgestellt werden, wenn gleichzeitig ein Teil des Wärme- und Kältebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt wird. Allerdings legt das GEG für den EE-Anteil keinen Mindestanteil fest. Ferner ist zu berücksichtigen, dass die Freie und Hansestadt Hamburg ursprünglich geplant hatte, über das Klimaschutzgesetz den Austausch und Ersatz von Heizkesseln, die mit flüssigen fossilen Brennstoffen betrieben werden, ab dem 01.01.2026 generell zu verbieten. Dies hätte den Betrieb eines Heizölkessels mit einem Bioölanteil < 100 % ausgeschlossen.

Bei den brennstoffbasierten Erfüllungsoptionen (Biogas/Biomethan und Bioöl) sind insbesondere die Auswirkungen im Mietgebäudesektor zu berücksichtigen. Da bei diesen Optionen kein Technologiewechsel stattfindet, entstehen dem Vermieter im Zuge des Heizungstauschs keine höheren Investitionskosten, da im Prinzip der gleiche Heizkessel installiert wird, wie ohne Nutzungspflicht. Die Kosten der Pflichterfüllung stecken vielmehr in den Brennstoffkosten (z. B. höhere Kosten für ein Biomethan-Beimischungsprodukt) und treffen damit unmittelbar den Mieter (in Form höherer Energiekosten). Da die Pflichterfüllung über den Brennstoffbezug erfolgt, ist ferner zu berücksichtigen, dass der Nachweis der Pflichterfüllung „nur“ über die Brennstoffrechnung erbracht werden kann. Hier stellt sich die Frage, wie im Rahmen des Vollzugs sichergestellt werden kann, dass der verpflichtete Gebäudeeigentümer dauerhaft anteilig Biomethan oder Bioöl einsetzt (und z. B. im Falle eines Eigentümerwechsels gewährleistet ist, dass der neue Eigentümer die Pflicht weiterhin erfüllt).

Abbildung 3-5 zeigt eine qualitative Bewertung der verschiedenen EE-Erfüllungsoptionen für die vier Typgebäude. Unter bestimmten Bedingungen/Auslegungen sind die meisten Erfüllungsoptionen in allen vier Typgebäuden prinzipiell umsetzbar. Grün markiert sind die Erfüllungsoptionen, für die im nachfolgenden Arbeitsschritt Wirtschaftlichkeitsberechnungen angestellt werden. Die Auswahl dieser Optionen erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber auf Basis der Kriterien „Höhe der Klimaschutzwirkung“, „Eignung für ein Typgebäude“, „einfache Realisierung“. Einige der Optionen sind dabei besonders hervorgehoben (dunkelgrüne Hinterlegung). Hierbei handelt es sich um Erfüllungsoptionen, bei denen deutlich mehr als 15 % des Wärmeenergiebedarfs über erneuerbare Energien abgedeckt und im Vergleich zum Referenzfall (Gaskessel) entsprechend mehr CO_2 eingespart wird. Wird die Nutzungspflicht über einen Solarkollektor gem. Mindestflächen nach § 17 Abs. 2 erfüllt (Aperturfläche von 0,04 m² je m² Nutzfläche bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohnungen oder mit einer Aperturfläche von 0,03 m² je m² Nutzfläche bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohnungen), wird hingegen der gesetzlich vorgegebene Mindestanteil von 15 % unterschritten (vgl. Tabelle 4-1).

Abbildung 3-5: Qualitative Bewertung der verschiedenen Erfüllungsoptionen im Bereich der erneuerbaren Wärmeenergien

	EFH		MFH		Verwaltungsgebäude		Geschäfts- und/oder DL-Gebäude	
	unsaniert	saniert	unsaniert	saniert	unsaniert	saniert	unsaniert	saniert
Solar-thermie	Flachkollektor (Deckung von 15% des Wärmeenergie-bedarfs)	Flachkollektor (Deckung von 15% des Wärmeenergie-bedarfs)	oftmals zu kleine Dachfläche für 15% Deckung des Wärmeenergie-bedarfs); mit Flächenanteil 0,03 m² Aperturfläche je m² Nutzfläche i.d.R. umsetzbar	oftmals zu kleine Dachfläche für 15% Deckung des Wärmeenergie-bedarfs); mit Flächenanteil 0,03 m² Aperturfläche je m² Nutzfläche i.d.R. umsetzbar	oftmals zu geringer WW-Bedarf	oftmals zu geringer WW-Bedarf	oftmals zu geringer WW-Bedarf	oftmals zu geringer WW-Bedarf
	Flachkollektor (0,04 m² Aperturfläche je m² Nutzfläche)	Flachkollektor (0,04 m² Aperturfläche je m² Nutzfläche)						
Wärme-pumpen	in vielen Fällen ungeeignet wegen zu hohem Temperaturniveau im Heizsystem; ggf. als Hybrid-WP umsetzbar	Luft/Wasser-WP (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)	in vielen Fällen ungeeignet wegen zu hohem Temperaturniveau im Heizsystem; ggf. als Hybrid-WP umsetzbar	Luft/Wasser-WP (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)	Hybrid-WP: Luft/Wasser-WP + Spitzenlastkessel (Erdgas)	Luft/Wasser-WP (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)	Hybrid-WP: Sole/Wasser-WP + Spitzenlastkessel (Erdgas)	Luft/Wasser-WP (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)
				Luft-Absorber-WP mit Eisspeicher		Sole/Wasser-WP (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)		Sole/Wasser-WP (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs) mit Erdwärmesonden (Möglichkeiten zur freien Kühlung)
Holzzentral-heizung	Pelletskessel + Flachkollektor (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)	Pelletskessel prinzipiell umsetzbar (mit/ohne Solarthermie)	Pelletskessel + Flachkollektor (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)	Pelletskessel prinzipiell umsetzbar (mit/ohne Solarthermie)	Pelletskessel (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)	Pelletskessel prinzipiell umsetzbar	Pelletskessel (Deckung von 100% des Wärmeenergie-bedarfs)	Pelletskessel prinzipiell umsetzbar
Biomethan	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar
			Erdgas-BHKW + Spitzenlastkessel mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BHKW + Spitzenlastkessel prinzipiell umsetzbar	Erdgas-BHKW + Spitzenlastkessel mit 15% Beimischungsanteil	Erdgas-BHKW + Spitzenlastkessel prinzipiell umsetzbar	Erdgas-BHKW + Spitzenlastkessel prinzipiell umsetzbar	Erdgas-BHKW + Spitzenlastkessel mit 15% Beimischungsanteil
Biöl	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar	Heizöl-BWK mit 15% Beimischungsanteil umsetzbar

Quelle: Eigene Darstellung

4. Wirtschaftlichkeitsberechnungen für ausgewählte Versorgungsvarianten

4.1. Dimensionierung ausgewählter EE-Wärmetechniken

Die Dimensionierung der Wärmeversorgungstechnologien erfolgt anhand der Norm-Heizlast der jeweiligen Referenzgebäude. Diese erfolgt in der Energiebedarfsmodellierung mit dem Modell ZuB-Helena nach der DIN 12831[7] für Wohngebäude und nach der maximalen Heizlast entsprechend der DIN V 18599 für die Nichtwohngebäude. Die EE-Wärmetechnologien werden so ausgelegt, dass mindestens eine Deckung von 15 % am Wärmeenergiebedarf erreicht wird, wobei die Dimensionierung nach technischen-ökonomischen Gesichtspunkten erfolgt.

Tabelle 4-1: Dimensionierung der Wärmeversorgungssysteme in den Wohngebäuden

Auslegung/ Anteil EE-Wärme	**EFH**		**MFH**	
	unsaniert	saniert	unsaniert	saniert
Solarthermie 0,04	6,4 m² (EE-Anteil 6%)	6,4 m² (EE-Anteil 11%)		
Solarthermie 15%	24,8 m² (EE-Anteil 15%)	11,1 m² (EE-Anteil 15%)		
Pelletkessel + Solarthermie	Pelletkessel 18,7 kW (Deckungsanteil 94%) Kollektor 6,4 m² (Deckungsanteil 6%) EE-Anteil gesamt: 100%		Pelletkessel 224 kW (Deckungsanteil 92%) Kollektor 110 m² (Deckungsanteil 8%) EE-Anteil gesamt: 100%	
Luft/Wasser WP		10,1 kW (EE-Anteil 72%)		127 kW (EE-Anteil 72%)
Sole/Wasser WP/ Eisspeicher				127 kW (EE-Anteil 78%)
Erdgas-BWK - Bio 15%	18,7 KW (EE-Anteil 15%)	8,4 kW (EE-Anteil 15%)	224 kW (EE-Anteil 15%)	127 kW (EE-Anteil 15%)
Erdgas-BHKW - Bio 15% + Erdgas-BWK Bio 15%			BHKW 50 kW BWK 174 kW (EE-Anteil 15%)	

Quelle: Eigene Darstellung

Primäre EE-Wärmeerzeuger (Wärmepumpen, Pelletkessel) werden in Wohngebäuden so ausgelegt, dass sie die gesamte Heizlast decken können (vgl. Tabelle 4-1). Bei Wärmepumpen wird bei der Dimensionierung ein Zuschlag für die bei Wärmepumpentarifen möglichen Sperrzeiten durch den Energieversorger berücksichtigt. Die Dimensionierung entsprechend des Mindestanteils ist hingegen für die Auslegung der Solarthermie und des Beimischungsanteils von Biomethan relevant. Für die Systemvarianten, bei denen die Solarthermie als sekundäres Wärmeerzeugungssystem eingesetzt wird, werden jeweils zwei Varianten gerechnet. In der ersten Variante erfolgt die Auslegung des Kollektors entsprechend der Flächenanforderung aus § 17 Abs. 2 HmbKliSchG (0,04/0,03 m² Aperturfläche pro m² Nutzfläche). In der zweiten Variante wird die Größe der Solarthermieanlage so ausgelegt, dass diese 15 % des Wärmeenergiebedarfs deckt. Bei der Variante Erdgas-BHKW mit Erdgas-Brennwertkessel im MFH unsaniert wird 55 % des Wärmebedarfs vom BHKW gedeckt und

[7] DIN EN 12831 Energetische Bewertung von Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast

45 % durch den Brennwertkessel. Der in Tabelle 4-1 angegebene EE-Anteil stellt den Anteil erneuerbarer Energien an der Deckung der Erzeugernutzwärmeabgabe dar.[8]

Tabelle 4-2 zeigt die Dimensionierung der Wärmeversorgungssysteme in den Nichtwohngebäuden. Im Gegensatz zu den Wohngebäuden werden hier auch Hybridvarianten mit Wärmepumpen und Erdgas-Brennwertkessel als Systeme definiert, für die die Dimensionierung und der jeweilige Deckungsanteil relevant sind. Die Deckung des Wärmeenergiebedarfs erfolgt bei der Hybridvariante mit Luft/Wasser-Wärmepumpe zu 50 %, bei der Sole/Wasser-Wärmepumpe zu 60 % über das jeweilige Wärmepumpensystem. Bei den Wärmeversorgungsystemen mit BHKW werden 55 % des Wärmeenergiebedarfs über das BHKW gedeckt.

Tabelle 4-2: Dimensionierung der Wärmeversorgungssysteme in den Nichtwohngebäuden

Auslegung/ Anteil EE-Wärme	Verwaltungsgebäude		Verkaufsgebäude	
	unsaniert	saniert	unsaniert	saniert
Pelletkessel groß	186 kW (EE-Anteil 100%)		182 kW (EE-Anteil 100%)	
Hybrid Luft/Wasser WP + Erdgas BWK	WP: 96 KW (Deckungsanteil 50%) BWK: 90 kW (Deckungsanteil 50%) EE-Anteil gesamt: 36%			
Luft/Wasser WP		137 kW (EE-Anteil 72%)		152 kW (EE-Anteil 72%)
Sole/Wasser WP		137 kW (EE-Anteil 76%)		152 kW (EE-Anteil 76%)
Hybrid Sole/Wasser WP + Erdgas BWK			WP: 82 kW (Deckungsanteil 60%) BWK: 100 kW (Deckungsanteil 40%) EE-Anteil gesamt: 46%	
Erdgas BWK - Bio 15%		137 kW (EE-Anteil: 15%)	182 kW (EE-Anteil 15%)	
Erdgas BHKW - Bio 15% + Erdgas BWK - Bio 15%	BHKW: 37 KW (Deckungsanteil: 55%) BWK: 149 kW (Deckungsanteil: 45%) (EE-Anteil gesamt 15%)			BHKW: 31 kW (Deckungsanteil: 55%) BWK: 121 kW (Deckungsanteil: 45%) (EE-Anteil gesamt: 15%)

Quelle: Eigene Darstellung

4.2. Investitionskostenberechnung

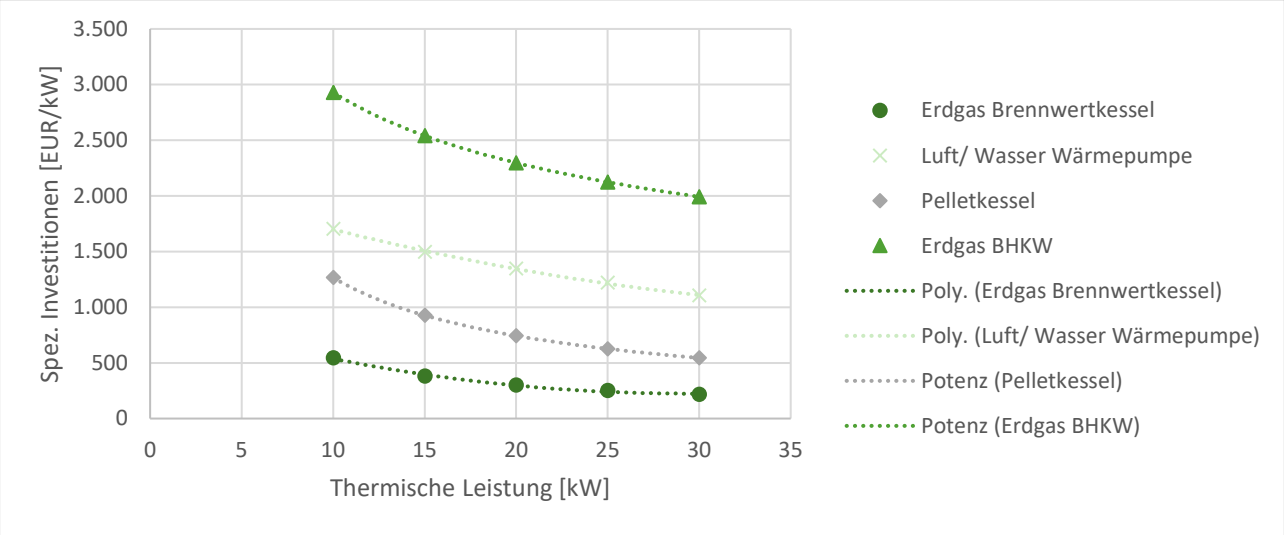
4.2.1. Spezifische Investitionskosten der untersuchten Versorgungsvarianten

Für die Berechnung der Investitionskosten werden Kostenkurven in Abhängigkeit von der Leistung der jeweiligen Techniken angesetzt. Die Kostenkurven basieren auf der Auswertung der im Rahmen

[8] Bei Wärmepumpen ermittelt sich der EE-Anteil (Umgebungs-/ Erdwärme) folgendermaßen: (Erzeugernutzwärmeabgabe – Endenergie Strombedarf WP) / Erzeugernutzwärmeabgabe

des Marktanreizprogramms (MAP) geförderten EE-Wärmeerzeugungsanlagen (Fichtner et al., 2019) sowie den Kostenkurven aus dem vorbereitenden Gutachten zur letzten Novellierung der Energieeinsparverordnung (Maas und Schlitzberger 2017). Dabei sind insbesondere auch Kostenkurven für fossile Wärmeerzeuger sowie Blockheizkraftwerke enthalten. Die Investitionskosten erfassen neben den Anlagenkosten auch die Kosten für Peripherie und Einbindung der jeweiligen Anlagen in das Heizsystem eines Gebäudes sowie notwendige Wärmespeicher (insbesondere bei den EE-Wärmesystemen). Installationskosten sind ebenfalls enthalten. Abbildung 4-1 zeigt die spezifischen Investitionskostenkurven für die Wärmeerzeuger (Leistungsklasse bis 30 kW), deren Wirtschaftlichkeit für die EFH-Referenzgebäude analysiert wird. Die Investitionskosten für Solarthermie-Flachkollektoren bis 20 m² Aperturfläche werden mit 648 EUR/m² angesetzt (Fichtner et al. 2019). Die Auswertungen aus dem Marktanreizprogramm zeigen allerdings eine erhebliche Streuung der Kostendaten, die nicht nur auf die unterschiedliche Einbausituation, sondern auch auf unterschiedliche Kalkulationen seitens der involvierten Fachinstallateure zurückzuführen sind. Für die größeren Anlagen sinken die spezifischen System-Investitionen bis auf 350 EUR/m² bei einer Anlagengröße von 100 m².

Abbildung 4-1: Spezifische Systeminvestitionskosten Wärmeerzeuger bis 30 kW inkl. Peripherie und Installationskosten (o. MwSt.)

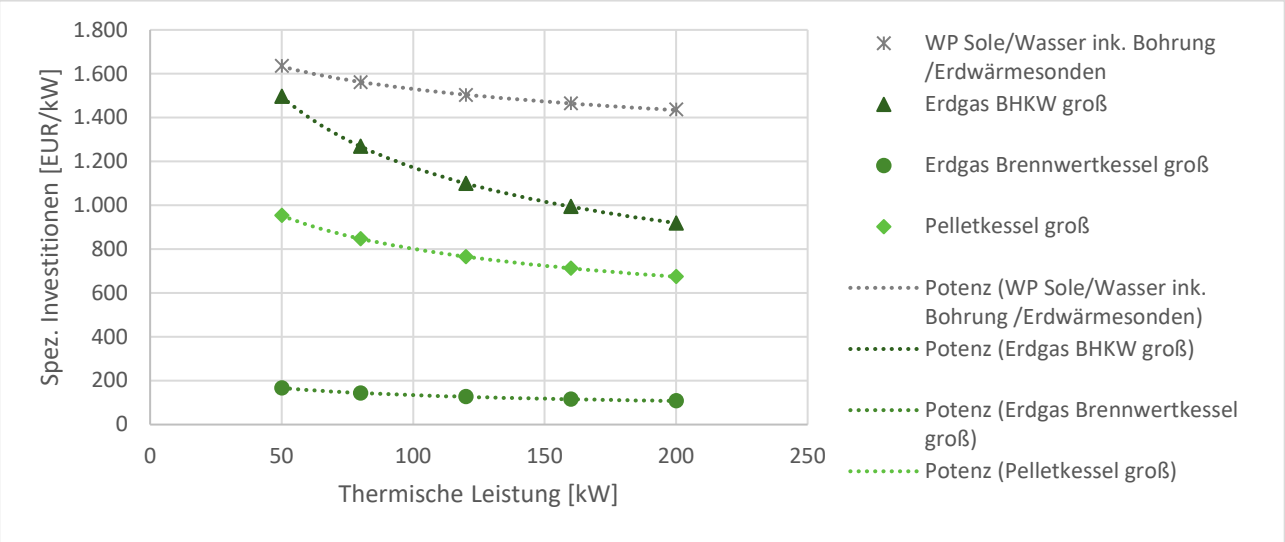


Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Fichtner et al. (2019) und Maas und Schlitzberger (2017)

Abbildung 4-2 zeigt die spezifischen Investitionskostenkurven für die Wärmeerzeuger größer 30 kW, die für die Wirtschaftlichkeitsanalyse in den Mehrfamilienhäusern und den Nichtwohngebäuden relevant sind. Die Kostenkurve für die Sole/Wasser-Wärmepumpe enthält bereits die Kosten für die Wärmequellenerschließung mittels Bohrung und Einbringung von Erdwärmesonden. Im Gegensatz zu den Investitionen in die Wärmepumpe zeigt sich bei den Bohrungsarbeiten mit zunehmender Leistung keine Degression der spezifischen Investitionskosten (vgl. Fichtner et al. 2019; Maas und Schlitzberger 2017). Bei dem untersuchten System mit Wärmepumpe, Eisspeicher und Solarabsorber im MFH-Typgebäude werden die Anlageninvestitionen für die Wärmepumpe ohne Bohrung berücksichtigt. Die Investitionskostenansätze für Eisspeicher und Solarabsorber sowie die damit verbunden Erdbauarbeiten basieren auf Kostendaten eines in Hamburg geförderten Projekts (Wärme-

versorgung mehrerer MFH unter Einbindung eines Eisspeichers) sowie den Angaben eines Anlagenplaners.[9] Für Luft/Wasser-Wärmepumpen liegen für größere Leistungen keine Kostendegressionsfunktionen vor. Für die untersuchten Referenzfälle mit höheren Heizlasten wird für die Luft/Wasser-Wärmepumpe ein Kaskadenaufbau mit mehreren Anlagen angesetzt, so dass sich die spezifischen Investitionen jeweils nur bis 30 kW reduzieren.[10]

Abbildung 4-2: Spezifische Systeminvestitionskosten Wärmeerzeuger größer 30 kW inkl. Peripherie, Speicher und Installationskosten (o. MwSt.)



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Fichtner et al. (2019) und Maas und Schlitzberger (2017)

4.2.2. Förderung über Investitionszuschüsse MAP

Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Systeme wird jeweils mit und ohne Berücksichtigung der Förderung aus staatlichen Förderprogrammen analysiert. Bei der Förderung werden die im Zuge des Klimaschutzprogramms 2030 beschlossenen und seit 01.01.2020 geltenden Fördersätze des Marktanreizprogramms (MAP) unterstellt.[11] Die Anforderungen des MAP gehen über die Anforderung des Gebäudeenergiegesetzes und des Hamburger Klimaschutzgesetzes hinaus, so dass die Technologien grundsätzlich förderfähig sind.

Der Regelfördersatz für EE-Wärmeerzeuger beträgt 35 % der Investitionskosten. Für eine Gas-Hybridheizung in Kombination mit erneuerbaren Energien werden 30 % Förderung gewährt, sofern der EE-Wärmeerzeuger mindestens 25 % der Heizlast deckt.[12] Wird beim Heizungstausch ein Heizölkessel ersetzt, werden zusätzliche 10 % Förderung gewährt. Eine zusätzliche Förderung durch die Freie und Hansestadt Hamburg wird in der Wirtschaftlichkeitsanalyse nicht berücksichtigt, da zum

9 Die Informationen zu Investitionen im Rahmen des geförderten Projektes in Hamburg und die Abschätzung des Planers wurden durch den Auftraggeber bereitgestellt.

10 Beispielsweise erfolgt bei einer Dimensionierung mit 90 kW thermischer Leistung die Berechnung mit drei Luft/Wasser-Wärmepumpensystemen mit jeweils 30 kW.

11 Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt vom 30. Dezember 2019 (https://www.bundesanzeiger.de/ebanzwww/wexsservlet?page.navid=official_starttoofficial_view_publication&session.sessionid=32885218d558c35cd1d590b3012dc793&fts_search_list.selected=14fce60d15ecfa70&&fts_search_list.destHistoryId=58471&fundstelle=BAnz_AT_31.12.2019_B3)

12 Für Solarthermie können bei der Heizlastberechnung pauschal 635 W/m² angesetzt werden.

Zeitpunkt der Gutachtenerstellung nicht abschließend geklärt ist, ab welcher Überschreitung der Nutzungspflicht eine zusätzliche Landesförderung anfallen wird.

4.2.3. Investitionskosten der untersuchten Versorgungsvarianten

Im Folgenden werden die erforderlichen Investitionen der untersuchten Wärmeversorgungssysteme für die Auslegung der unterschiedlichen Gebäude-Referenzfälle dargestellt. Die erforderlichen Investitionen lassen für sich noch keine Bewertung der Wirtschaftlichkeit zu, sondern gehen als kapitalgebundene Kosten mittels Kapitalwert- bzw. Annuitätenrechnung in den Vergleich der Wärmebereitstellungskosten ein. Aus Sicht der Investoren bzw. Gebäudeeigentümer ist allerdings oftmals auch der Vergleich der reinen Investitionskosten und damit des erforderlichen Kapitalbedarfs relevant, so dass nicht zwangsläufig das nach ökonomischer Kalkulation wirtschaftlichste System gewählt wird (vgl. Braun 2010; Michelsen und Madlener 2012; Stieß et al. 2010).

EFH unsaniert

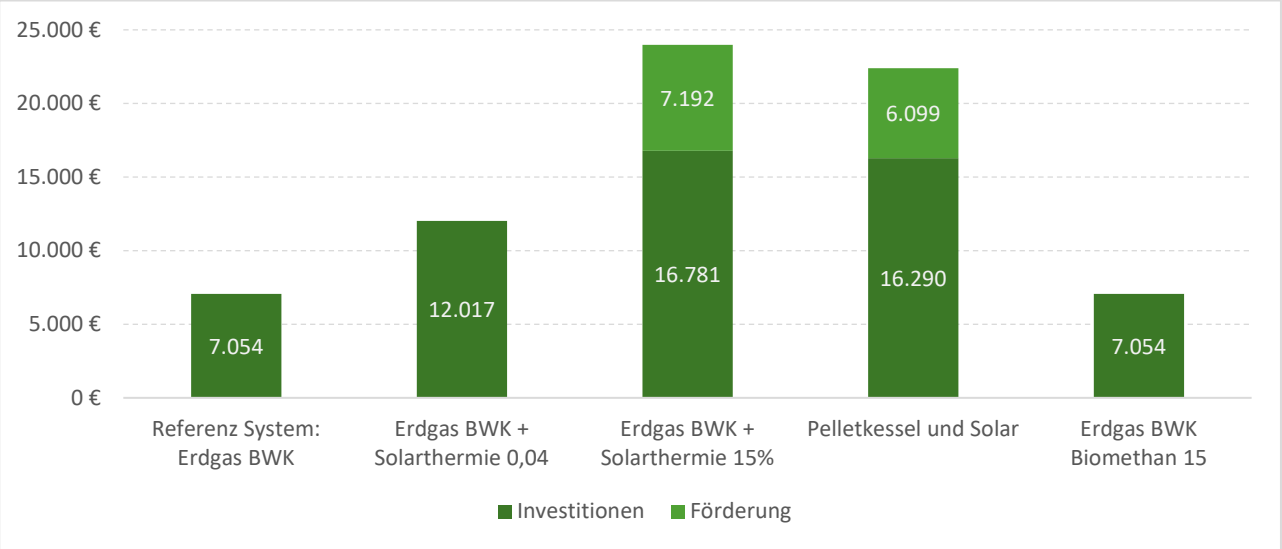
Abbildung 4-3 zeigt für die untersuchten Wärmeversorgungssysteme des Typgebäudes „EFH unsaniert“ die erforderlichen Gesamtinvestitionen sowie die Investitionen nach Abzug der Förderung über das Marktanreizprogramm. In allen Typgebäuden wird ein Erdgas-Brennwertkessel (ohne Kombination mit erneuerbaren Energien) als Referenzsystem dargestellt.[13] Im Vergleich der verschiedenen Varianten weist das Referenzsystem die niedrigsten Investitionskosten auf. Damit stellt aus Sicht der reinen Investitionskosten die Erfüllungsoption „Biomethan-Beimischung“ die günstigste der untersuchten Varianten dar, da hierbei keine weitere Investition notwendig ist.

Die höchsten Investitionen entstehen bei der Variante mit Solarthermieanlage, die 15 % des Wärmeenergiebedarfs deckt. Nach Abzug der Förderung liegen die Investitionen für das Hybridsystem aus Erdgas-Brennwertkessel und Solarthermieanlage mehr als doppelt so hoch wie die Investitionskosten des Referenzsystems ohne Kollektor. Grund hierfür ist, dass aufgrund des sehr hohen Wärmebedarfs des unsanierten Zustands eine große Solarthermieanlage mit 24,8 m² erforderlich ist, um den Deckungsgrad von 15 % zu erreichen. Die Anlage ist dabei so groß, dass in den Sommermonaten ein Teil des Kollektorertrags nicht verwendet werden kann. Wird hingegen der Kollektor entsprechend der Flächenanforderung von 0,04 m² Aperturfläche pro m² Nutzfläche ausgelegt, ist eine Anlage von „lediglich“ 6,4 m² erforderlich, die mit entsprechend niedrigeren Investitionen einhergeht. Beim „EFH unsaniert“ werden mit dieser Anlagenkonfiguration jedoch nicht die Mindestanforderungen des MAP[14] erfüllt, so dass für das Hybridsystem „Erdgas BWK + Solarthermie 0,04“ keine Förderung gewährt wird, genauso wie für den Solarkollektor als singuläres System. Für den Pelletkessel mit einer kleinen Solarthermieanlage resultieren nach Abzug der Förderung Investitionen in ähnlicher Größenordnung wie bei der großen Solarthermieanlage.

[13] Die Förderung ist hier deswegen ohne den Heizölkesselaustauschbonus angesetzt.

[14] Bei Hybridsystemen muss die Leistung der EE-Wärmeerzeuger mindestens 25 % der Heizlast betragen. Die Leistung der Solarkollektoren wird nach Auslegung des BAFA pauschal mit 635 W/m² ermittelt. Werden Solarthermieanlagen „singulär“ gefördert (also nicht als Hybridsystem), ist ein Mindestgröße von 9 m² (Flachkollektoren) bzw. 7 m² (Vakuumröhrenkollektoren) erforderlich. Darüber hinaus muss der rechnerische Kollektorertrag nach Solar Keymark 525 kWh/m² betragen.

Abbildung 4-3: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „EFH unsaniert“

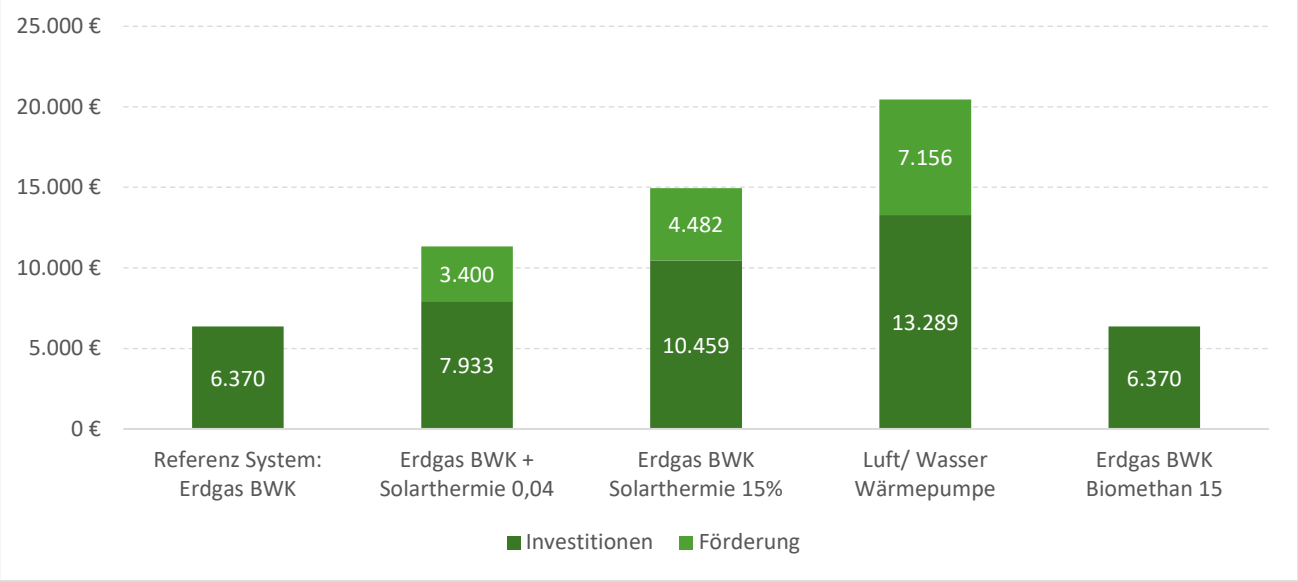


Quelle: Eigene Berechnungen

EFH saniert

Für das Typgebäude „EFH saniert“ liegen die beiden Varianten mit Solarthermie mit Bezug auf die Investitionskosten näher beieinander. Dies liegt an dem geringeren Wärmeenergiebedarf des sanierten Typgebäudes. Mit der kleinen Solarthermieanlage werden auch die EE-Wärme-Mindestanforderungen des MAP für Erdgas-Hybridsysteme erreicht, so dass für das System eine Förderung aus dem MAP berücksichtigt werden kann. Die höchsten Investitionskosten fallen für die Luft/Wasser-Wärmepumpe an.

Abbildung 4-4: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „EFH saniert“

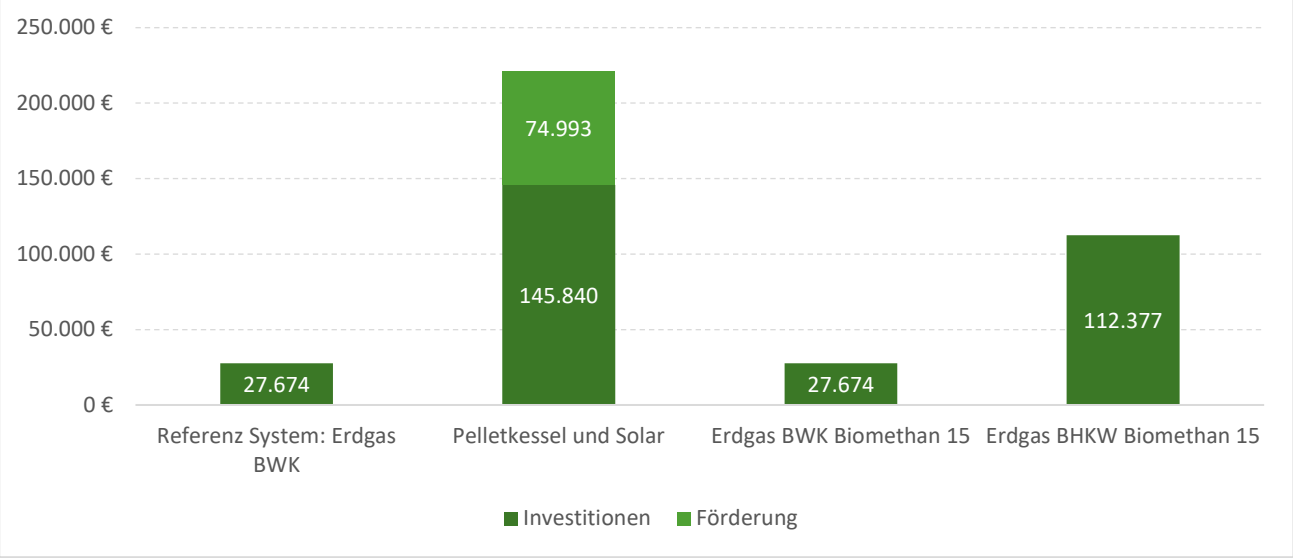


Quelle: Eigene Berechnungen

MFH unsaniert

In beiden Ausführungen des MFH ergeben sich für die verschiedene EE-Versorgungsvarianten deutlich höhere Gesamtinvestitionskosten im Vergleich zum Erdgas-Brennwertkessel, der in höheren Leistungsbereichen stärkere Kostendegressionen aufweist. Beim „MFH unsaniert“ fallen für die Variante mit Pelletkessel und Solarthermieanlage nach Abzug der Förderung rund das Fünffache der Investitionen an, für das Erdgas-BHKW-System mit Spitzenlastkessel sind rund das Vierfache der Investitionen notwendig (Abbildung 4-5). Bei der Variante mit BHKW wird keine Förderung einberechnet, da die Anlage aufgrund der Größe keine Förderung über das Mini-KWK-Zuschussprogramm mehr erhält.[15]

Abbildung 4-5: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „MFH unsaniert“



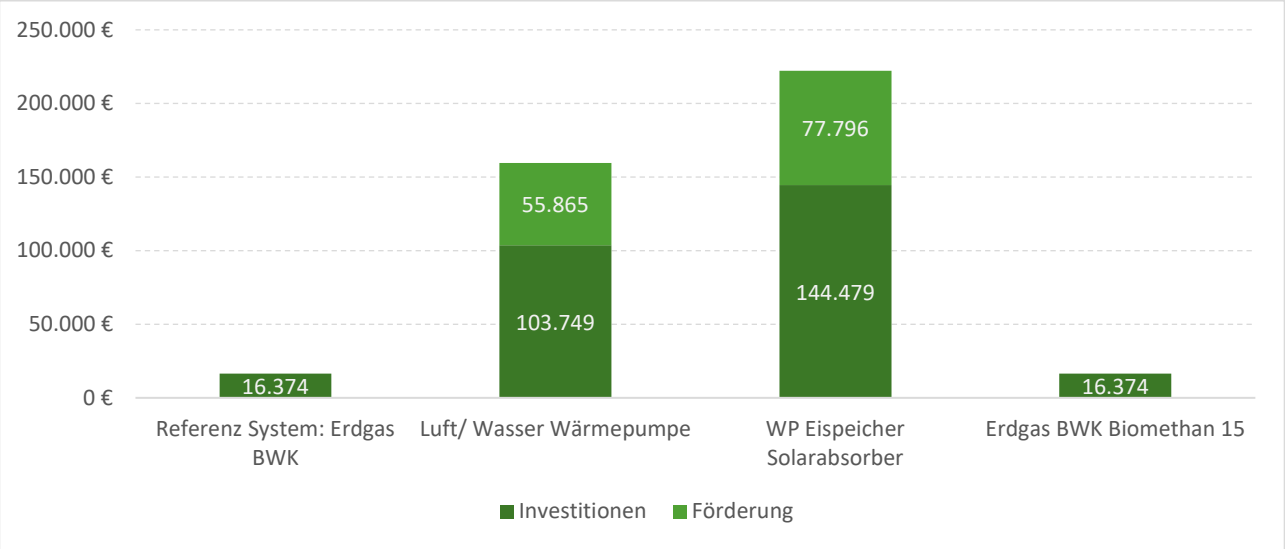
Quelle: Eigene Berechnungen

MFH saniert

Abbildung 4-6 zeigt die Gesamtsysteminvestitionen und anteilige Förderung für das Typgebäude „MFH saniert“. Die geringere Heizlast bedingt geringere Leistungen für die Wärmeerzeuger, was sich in der Höhe der erforderlichen Investitionen bemerkbar macht. Die höchsten Investitionen sind für das innovative System einer Wärmepumpe mit Eisspeicher und Solarabsorbern erforderlich.

[15] Vgl. Mini-KWK-Zuschuss bis 20 kWel: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Mini_KWK/mini_kwk_node.html

Abbildung 4-6: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „MFH saniert“



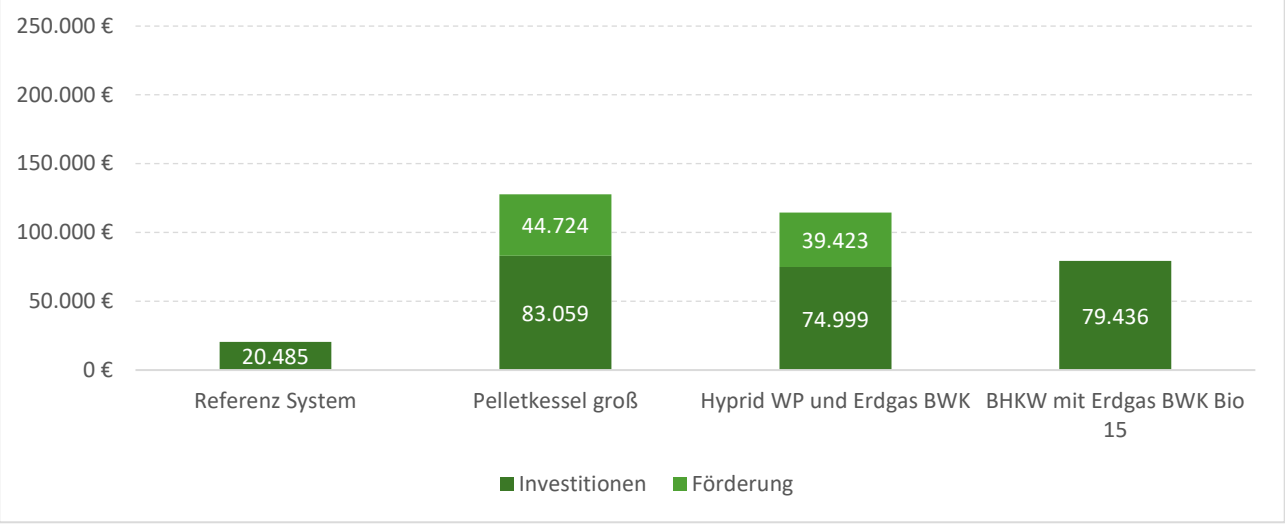
Quelle: Eigene Berechnungen

Verwaltungsgebäude unsaniert

Für die untersuchten Typ-Nichtwohngebäude wird aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs und der hohen Verluste einer zentralen Warmwasserbereitstellung eine dezentrale Warmwasserbereitung über elektrische Durchlauferhitzer unterstellt. Der resultierende Stromverbrauch wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung über die Hilfsenergie berücksichtigt.

Abbildung 4-7 zeigt die Investitionskosten für das „Verwaltungsgebäude unsaniert“. Die Investitionen der untersuchten EE-Wärme-Varianten liegen nach Abzug der Förderung in der Größenordnung von 75.000 EUR bis 83.000 EUR. Dies entspricht rund dem Vierfachen des fossilen Referenzsystems.

Abbildung 4-7: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verwaltungsgebäude unsaniert“

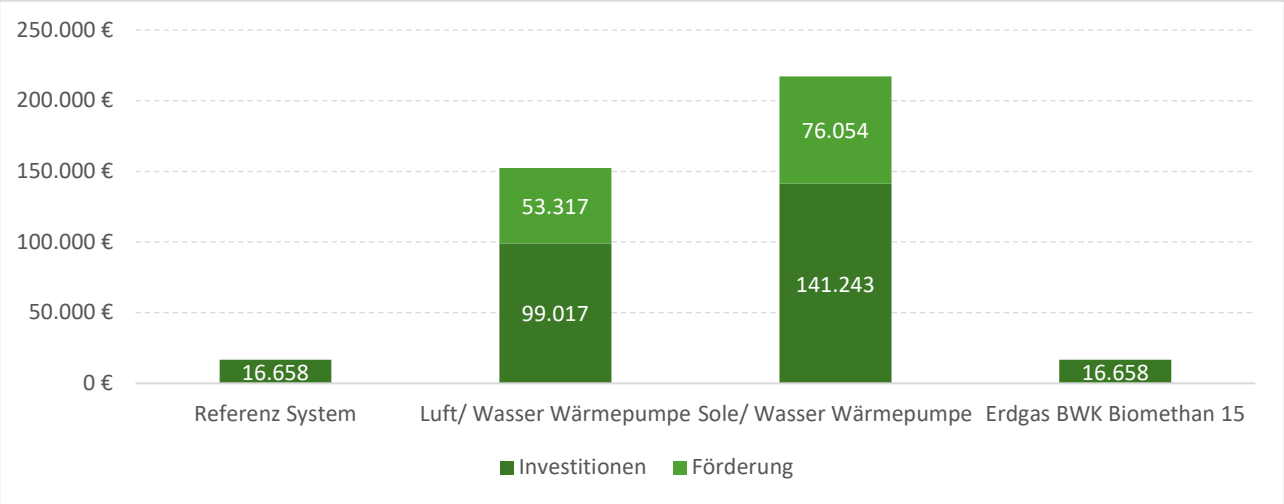


Quelle: Eigene Berechnungen

Verwaltungsgebäude saniert

Für das „Verwaltungsgebäude saniert“ wird neben den technologischen Erfüllungsoptionen durch Luft/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen auch die Variante der brennstoffbasierten Erfüllung mit Biomethan im Erdgas-Brennwertkessel untersucht (Abbildung 4-8). Für Letztere ergeben sich die gleichen Investitionskosten wie für das fossile Referenzsystem. Unter Berücksichtigung der Förderung liegen die Investitionen für die Luft/Wasser-Wärmepumpe um rund das Sechsfache, für die Sole/Wasser-Wärmepumpe um rund das Achtfache höher.

Abbildung 4-8: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verwaltungsgebäude saniert“

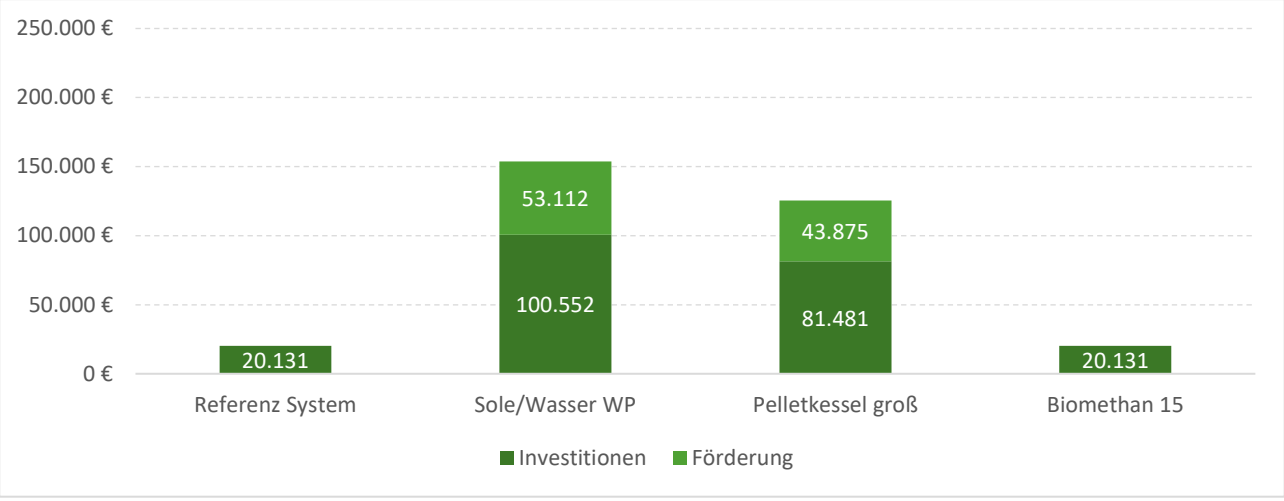


Quelle: Eigene Berechnungen

Verkaufsgebäude unsaniert

Für das unsanierte Verkaufsgebäude ergeben sich für die untersuchten Versorgungsvarianten ähnliche Verhältnisse der Investitionskosten wie für das Verwaltungsgebäude bzw. das MFH (Abbildung 4-9). Aufgrund der kleineren zu beheizenden Nutzfläche sowie anderer Nutzungsanforderungen der Zonierung können die Wärmeerzeuger allerdings mit kleinerer Leistung ausgelegt werden.

Abbildung 4-9: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verkaufsgebäude unsaniert“

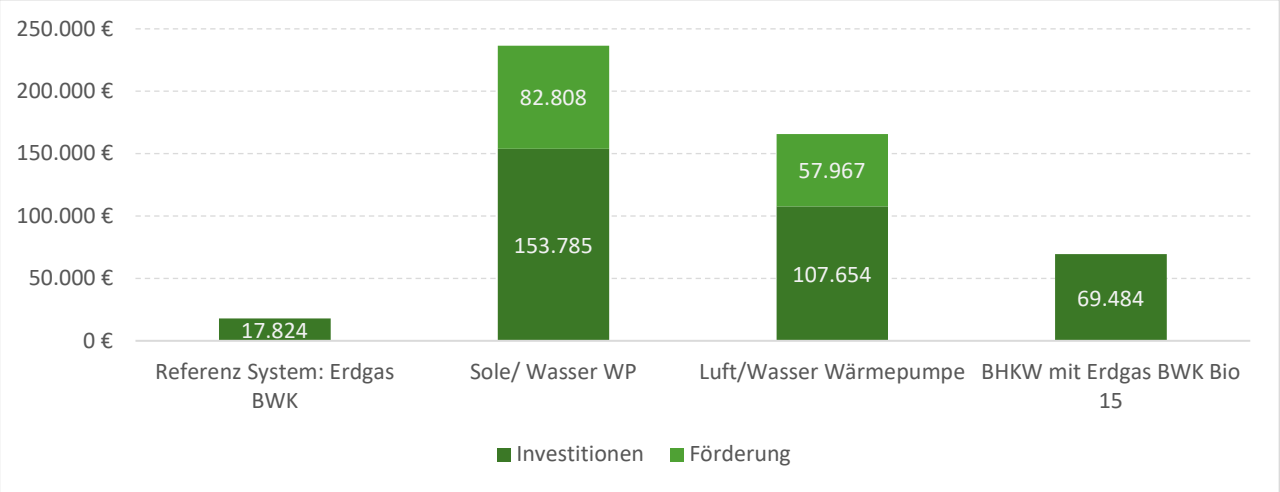


Quelle: Eigene Berechnungen

Verkaufsgebäude saniert

Sowohl für das unsanierte als auch das sanierte Verkaufsgebäude (Abbildung 4-10) wird nur die Wärmeversorgung zur Deckung des Nutzwärmebedarfs für Raumwärme und Warmwasser analysiert, da die Nutzungspflicht nur den Wärmeenergiebedarf adressiert. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird angenommen, dass der Kältebedarf durch Klimatisierung bereits durch andere Kälteerzeugungsanlagen gedeckt wird. Die Variante mit Luft/Wasser-Wärmepumpe wäre prinzipiell auch geeignet, neben der Wärme eine effiziente Kälteversorgung sicherzustellen, z. B. in einer Anlagenkonfiguration als VRF-System.[16]

Abbildung 4-10: Gesamtinvestitionen und Förderung der untersuchten Versorgungsvarianten für das Typgebäude „Verkaufsgebäude saniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

4.3. Wirtschaftlichkeitsbewertung

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt entsprechend der VDI 2067[17]. Die Bewertung der Versorgungsvarianten erfolgt auf Basis der Annuitätenmethode, die betriebs-, bedarfs-, kapitalbedingte und sonstige Kosten berücksichtigt. Die Annuität der Versorgungsalternativen wird in diesem Kontext auch als Annuität der Jahresgesamtzahlungen (VDI 2067-1 2012) bezeichnet, die im Folgenden als Jahreskosten dargestellt werden. Werden die Jahreskosten durch die jeweils bereitgestellte Erzeugernutzwärmeabgabe – dies entspricht dem Wärmeenergiebedarf – dividiert, ergeben sich für die verschiedenen Versorgungsvarianten die spezifischen Wärmebereitstellungskosten. Diese werden ebenfalls für alle Typgebäude und Versorgungsvarianten dargestellt. In beiden Darstellungsarten erfolgt die Bewertung der Wirtschaftlichkeit immer im Vergleich zum fossilen Referenzsystem (Erdgas-Brennwertkessel).

[16] VRF = Variable Refrigerant Flow (Variabler Kältemittelstrom). Die dafür erforderlichen Anlagenkomponenten sowie die wirtschaftlichen Einsparungen der integrierten Wärme- und Kältebereitstellung werden hier nicht untersucht, da der Vergleich in der Wirtschaftlichkeitsbewertung zu den „reinen“ Wärmebereitstellungstechnologien schwierig ist.

[17] VDI 2067 Blatt 1: 2012-09. Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung

4.3.1. Ökonomische Rahmenbedingungen

Neben den technologiespezifischen Daten (spezifische Investitionskosten, Wirkungsgrad, Förderung etc.) sind für die Ergebnisse insbesondere die Entwicklung der Energiepreise, der unterstellte kalkulatorische Zinssatz sowie die technologiespezifischen Abschreibungsdauern relevant.

Kalkulatorische Zinssätze und Abschreibungsdauern

Bei den kalkulatorischen Zinssätzen wird zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden unterschieden (Tabelle 4-3). Zudem wird bei den Nichtwohngebäuden unterstellt, dass es sich um gewerbliche Gebäudeeigentümer handelt, die vorsteuerabzugsberechtigt sind, so dass in der Berechnung keine Umsatz- bzw. Vorsteuer berücksichtigt werden muss. Kalkulatorische Zinssätze (Diskontraten) spiegeln die Kapitalkosten und die erwartete Rendite von Investitionen wider und sind daher von größter Bedeutung für die Bewertung der Kosten und des langfristigen Nutzens einer Investition. Aus einzelwirtschaftlicher Perspektive sind daher für gewerbliche Akteure höhere Zinssätze zu erwarten. Die Höhe der kalkulatorischen Zinssätze reflektiert den Marktpreis für Kapital, die individuelle Risikoeinschätzung für die jeweilige Investitionen, die individuellen Zeitpräferenz der Investoren sowie die Opportunitätskosten bzw. zu erwartende Rendite einer alternativen Investition (Steinbach und Staniaszek 2015). Während in der Vergangenheit in Wirtschaftlichkeitsrechnungen für private Haushalte Zinssätze im Bereich von 3 % bis 6 % und für gewerbliche Akteure zwischen 6 % und 15 % angesetzt wurden, sind für Deutschland aufgrund des niedrigen Zinsniveaus mittlerweile Diskontraten von 2 % bis 4 % realistisch (Öko-Institut et al. 2017).

Die Abschreibungsdauer wird technologiespezifisch angesetzt (Tabelle 4-4). Grundlage sind die typischen Nutzungsdauern, die in der VDI 2067 angesetzt werden. Für die Investitionen in die Wärmequellenerschließung bei Wärmepumpen und die Investition in Erdarbeiten und den Eisspeicher inkl. Solarabsorbern wird eine Abschreibungsdauer von 25 Jahren angenommen.

Entwicklung der Energiepreise

Es wird eine Entwicklung der Energiepreise unterstellt, in die die Entwicklung der Brennstoffpreise, der CO_2-Bepreisung sowie der im Zuge der Einführung des nationalen Emissionshandelssystems (BEHG) angekündigten Absenkung der EEG-Umlage einfließen. Die Energiepreisentwicklung wird aus Öko-Institut et al. (2020) übernommen und entspricht damit dem Preispfad, der bei der aktuellen Bewertung des Klimaschutzprogramms 2030 unterstellt wurde. Dabei wird angenommen, dass der CO_2-Preis von dem gesetzlich festgelegten Einstiegspreis in Höhe von 25 EUR/t im Jahr 2021 bis zum Jahr 2030 auf nominal 125 EUR/t steigt.

Abbildung 4-11 zeigt die anlegbaren Energiepreise unter Berücksichtigung der Energiepreissteigerung über 20 Jahre. Bei den Versorgungsvarianten mit BHKW wird die Stromgutschriftenmethode angewendet. Zur Ermittlung der Stromerlöse wird dabei eine Mischkalkulation aus Eigenstromverdrängung und Einspeisung unter Berücksichtigung der Einspeisevergütung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) angesetzt.[18] Der KWK-Bonus für Anlagen bis 50 kW_{el} beträgt bei Eigenstromnutzung 5 ct/kWh, die Einspeisevergütung 8 ct/kWh (Bafa 2020; KWGK 2015). Für einen wirtschaftlichen Betrieb ist somit die Erhöhung des Eigenstromanteils relevant.

[18] Eine detaillierte Modellierung auf stündlicher Basis von Stromerzeugung und Stromnachfrage wird an dieser Stelle nicht vorgenommen. Es wird angenommen, dass zwischen 56 % und 58 % des erzeugten Stroms eingespeist werden und der Rest selbst genutzt werden kann. In Mehrfamilienhäusern setzt das ein entsprechendes Betreibermodell mit Mieterstrom voraus.

Tabelle 4-3: Kalkulatorischer Zinssatz und Umsatzsteuer

Gebäudetyp	Zinssatz
Wohngebäude Zinssatz	2 %
Nichtwohngebäude Zinssatz	4 %
Wohngebäude Umsatzsteuer	19 %
Nichtwohngebäude Umsatzsteuer	keine Berücksichtigung

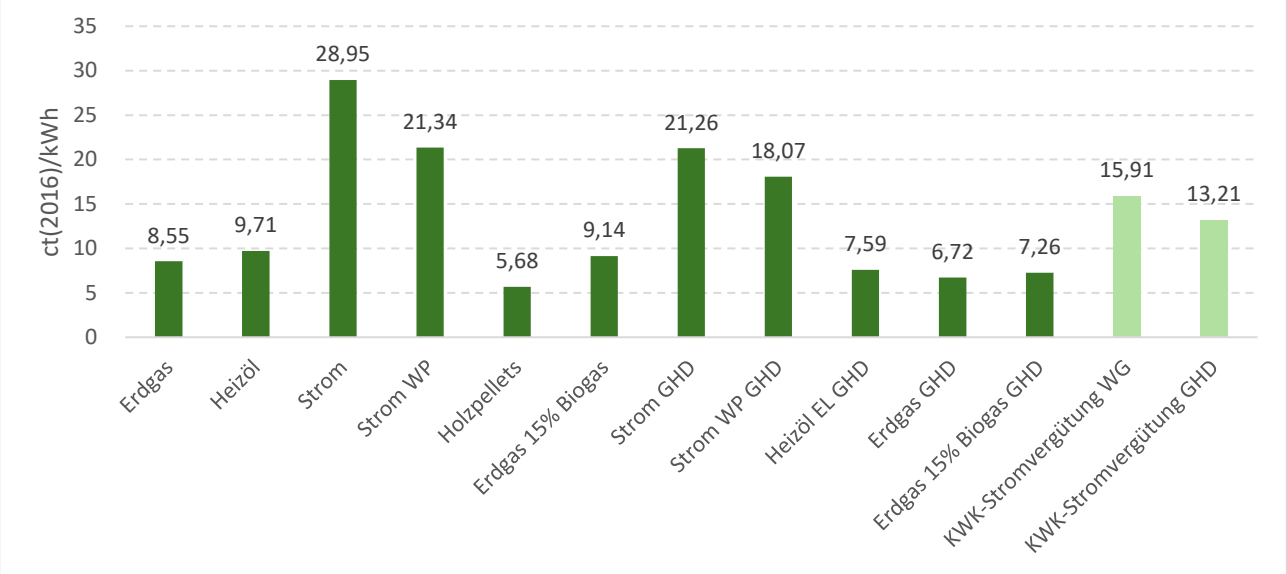
Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 4-4: Technologiespezifische Abschreibungsdauern

Technologie	Abschreibungsdauer (Jahre)
Erdgas-Brennwertkessel	18
Solarthermie	20
Sole/Wasser-Wärmepumpe	20
Luft/Wasser-Wärmepumpe	18
Pelletkessel	20
WP Sole/Wasser groß	20
Erdgas BHKW	15
Erdgas BHKW groß	15
Erdgas-Brennwertkessel groß	20
Pelletkessel groß	20
Wärmequellenerschließung Erdwärme bis 50 kW	25
Eisspeicher und Solarabsorber	25
Wärmequellenerschließung Erdwärme > 50 kW	25
Große Solarthermie	20

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis VDI 2067 Blatt 1:2012-09

Abbildung 4-11: Anlegbare Energiepreise unter Berücksichtigung der Energiepreissteigerung, der CO_2-Bepreisung sowie der Absenkung der EEG-Umlage



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis von Öko-Institut et al. (2020)

4.3.2. Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung

Typ-Wohngebäude

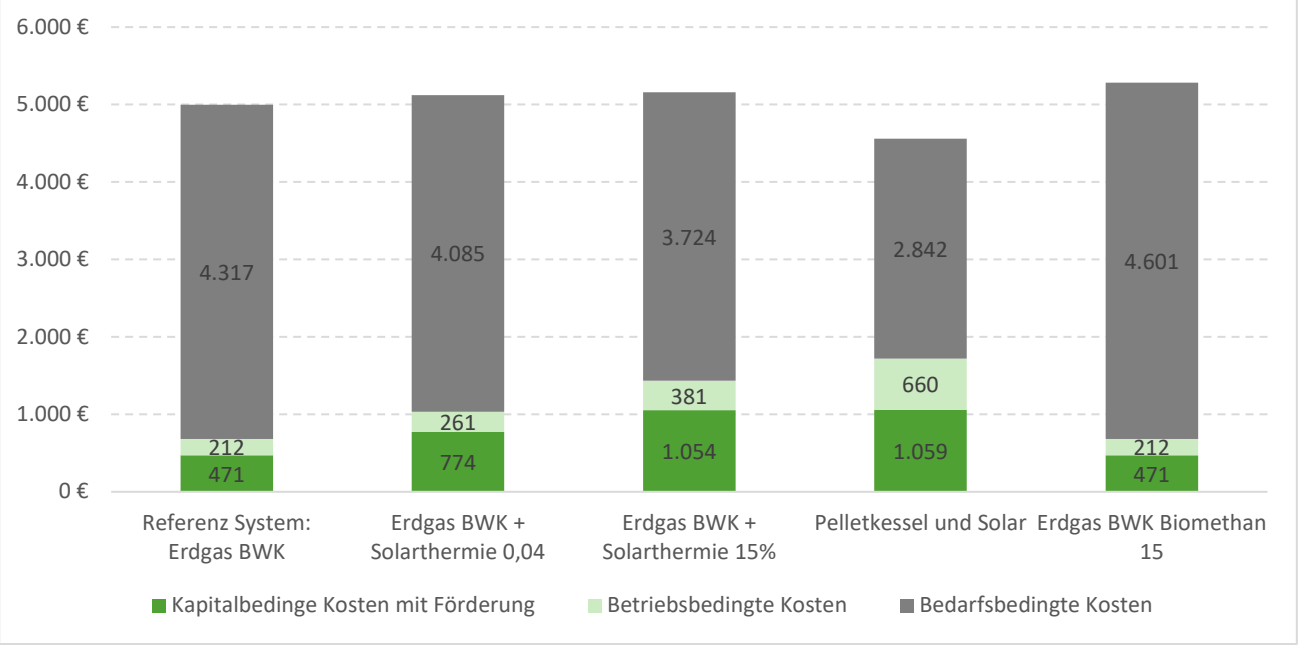
Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Typ-Wohngebäude zeigen, dass die analysierten EE-Wärmesysteme unter Berücksichtigung der Förderung im Vergleich zum fossilen Referenzsystem in den meisten Fällen wirtschaftlich sind. Die EE-Wärmesysteme liegen mit Bezug auf die Wärmebereitstellungskosten entweder in ähnlicher Größenordnung oder unter den Kosten des Erdgas-Brennwertkessels. Ohne die bestehende MAP-Förderung ist die Wirtschaftlichkeit unter den angenommenen Rahmenbedingungen allerdings nur bedingt gegeben. Trotz der niedrigen Investitionskosten verzeichnen in vielen Typ-Wohngebäuden die Versorgungsvarianten mit Biomethan-Beimischung die höchsten Wärmegestehungskosten.

EFH unsaniert

Abbildung 4-12 stellt die Jahreskosten für das „EFH unsaniert“ unter Berücksichtigung der Förderung dar. Hierbei weist die Variante Erdgas-Brennwertkessel mit 15 % Biomethan die höchsten Jahreskosten auf, während die beiden Systeme mit Solarthermie ähnliche Jahreskosten haben wie das fossile Referenzsystem. Die niedrigsten Jahreskosten weist die Variante Pelletkessel mit kleiner Solarthermieanlage auf.

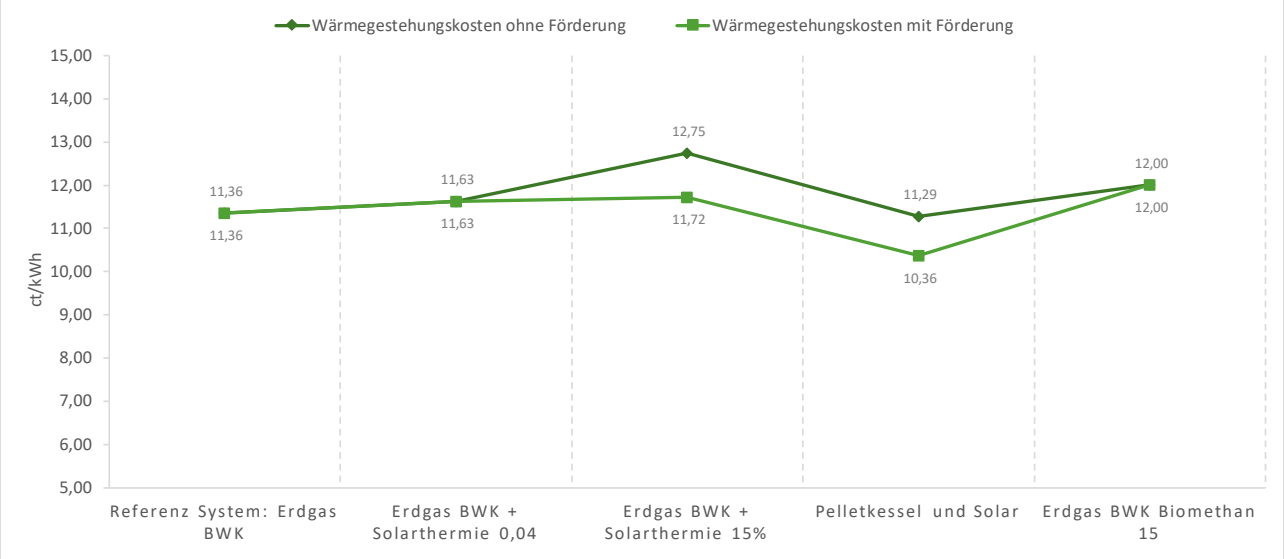
Abbildung 4-13 zeigt die gleichen Ergebnisse, allerdings in Form der spezifischen Wärmebereitstellungskosten. Dargestellt werden die spezifischen Wärmebereitstellungskosten mit und ohne Berücksichtigung der Förderung. Die Darstellung zeigt, dass sich die Wirtschaftlichkeit durch die Förderung insbesondere bei den Varianten mit Pelletkessel und Solarthermie ändert, deren Wärmebereitstellungskosten bei Berücksichtigung der Förderung unter denen des Erdgas-Brennwertkessels liegen.

Abbildung 4-12: Annuitätische Jahreskosten für das „EFH unsaniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 4-13: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „EFH unsaniert“



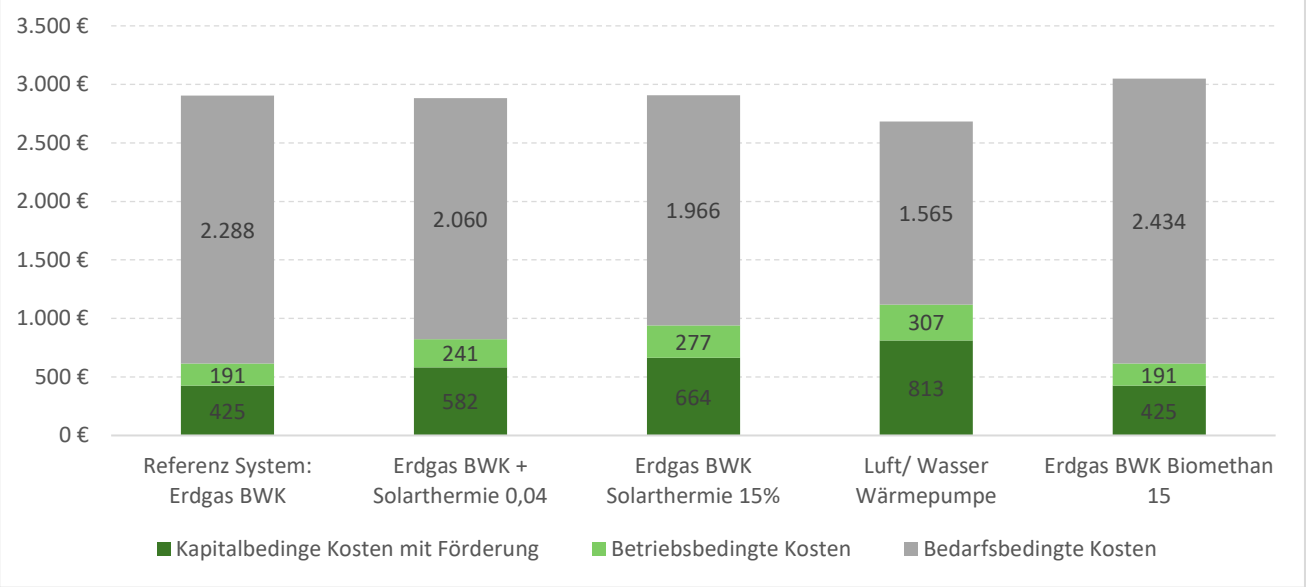
Quelle: Eigene Berechnungen

EFH saniert

Im Typgebäude „EFH saniert“ liegen alle untersuchten Wärmeversorgungsvarianten bei den annuitätischen Jahreskosten noch näher zusammen (Abbildung 4-14). Unter Berücksichtigung der Förderung stellt die Luft/Wasser-Wärmepumpe das wirtschaftlichste System dar.

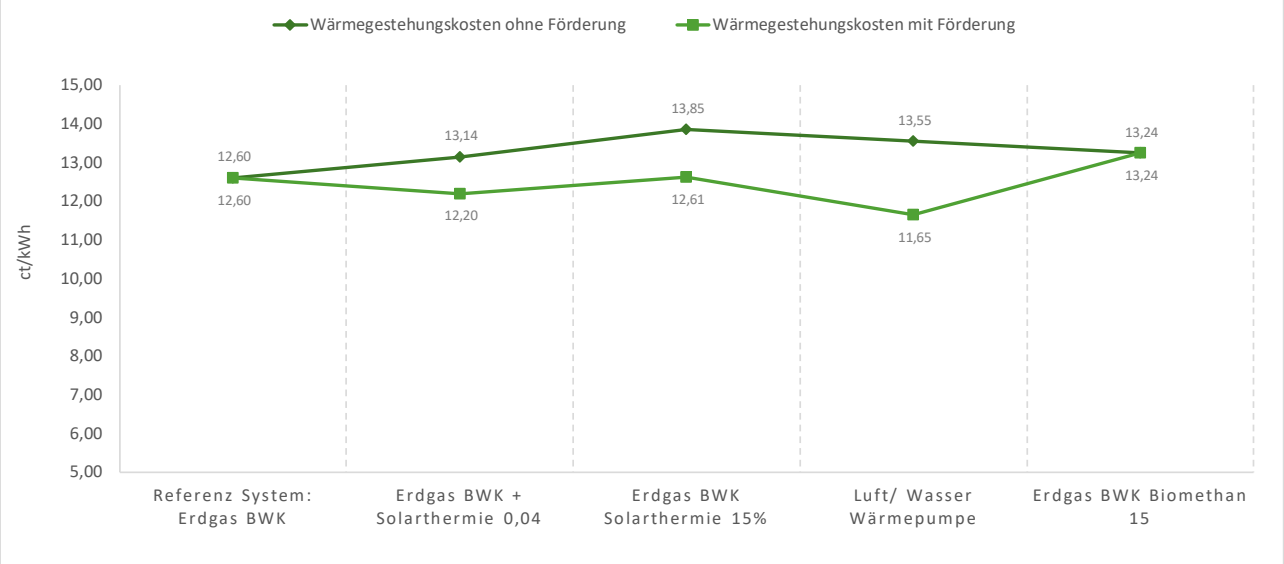
Der Vergleich der Wärmebereitstellungskosten mit und ohne Förderung zeigt, dass die Wirtschaftlichkeit bei allen EE-Technikvarianten gegeben ist, wenn die Förderung berücksichtigt wird (Abbildung 4-15). Die Erfüllungsoption Biomethan-Beimischung weist hingegen die höchsten Wärmebereitstellungskosten auf.

Abbildung 4-14: Annuitätische Jahreskosten für das „EFH saniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 4-15: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „EFH saniert“

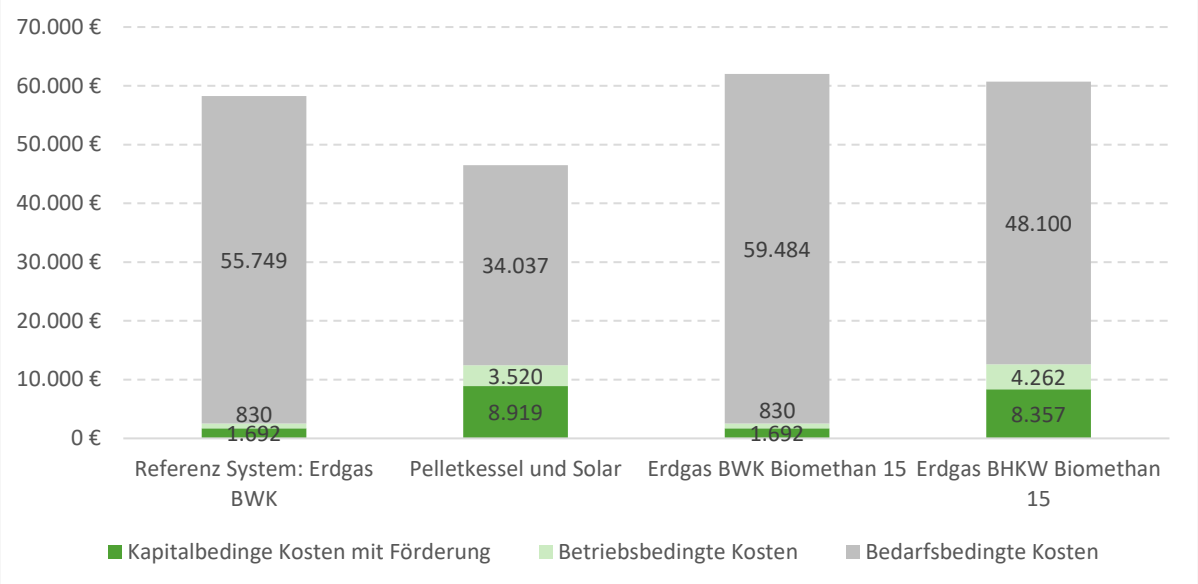


Quelle: Eigene Berechnungen

MFH unsaniert

Für das Typgebäude „MFH unsaniert“ weist die Variante mit Pelletkessel und Solarthermie die niedrigsten Jahreskosten auf (Abbildung 4-16). Im Vergleich der beiden Varianten mit Biomethan-Beimischung ist die Variante mit BHKW aufgrund der Stromerlöse etwas wirtschaftlicher (Abbildung 4-17).[19] Dies zeigt sich jedoch nur unter der Annahme, dass der erzeugte Strom nicht vollständig eingespeist wird, sondern zum Teil auch zu Eigenstromverdrängung eingesetzt wird, was im vermieteten Bestand ein entsprechendes Betreibermodell voraussetzt (Mieterstrom).

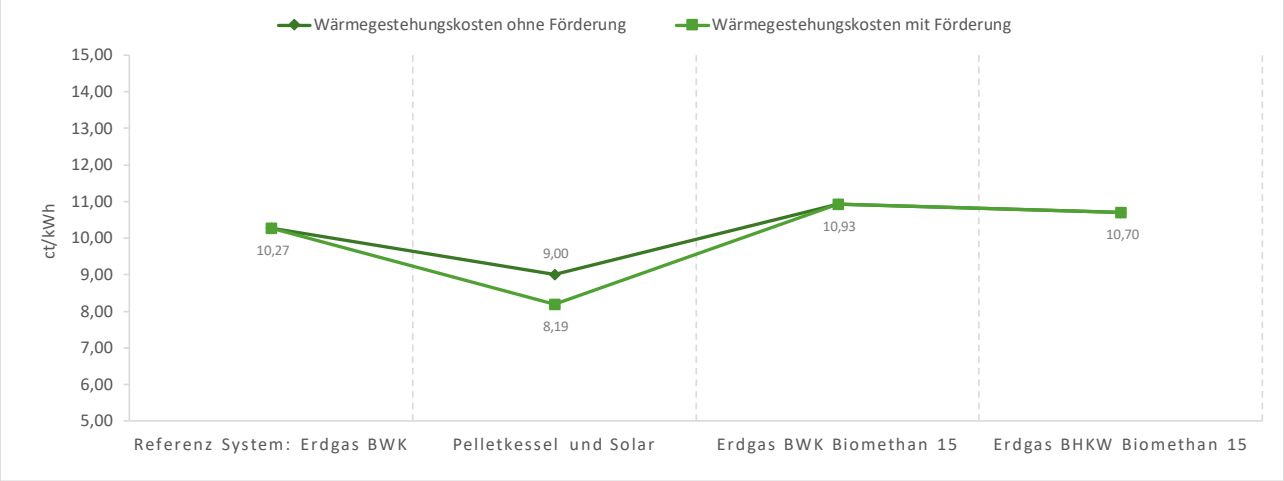
Abbildung 4-16: Annuitätische Jahreskosten für das „MFH unsaniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

[19] Die Stromerlöse werden in den bedarfsgebundenen Kosten abgezogen.

Abbildung 4-17: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „MFH unsaniert“

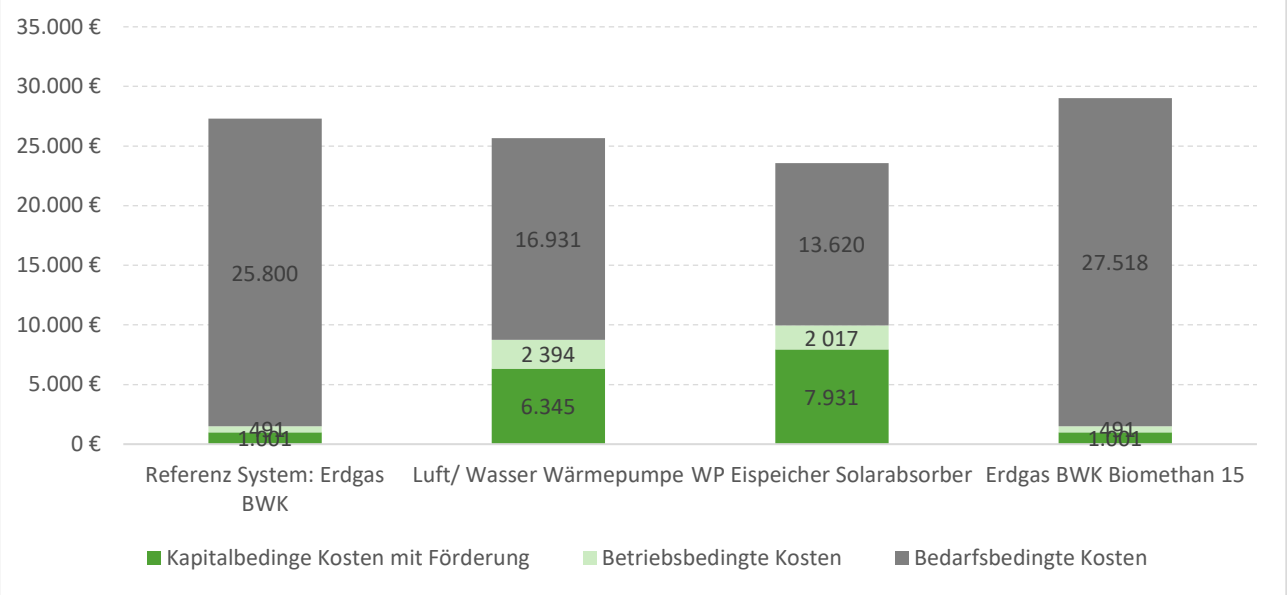


Quelle: Eigene Berechnungen

MFH saniert

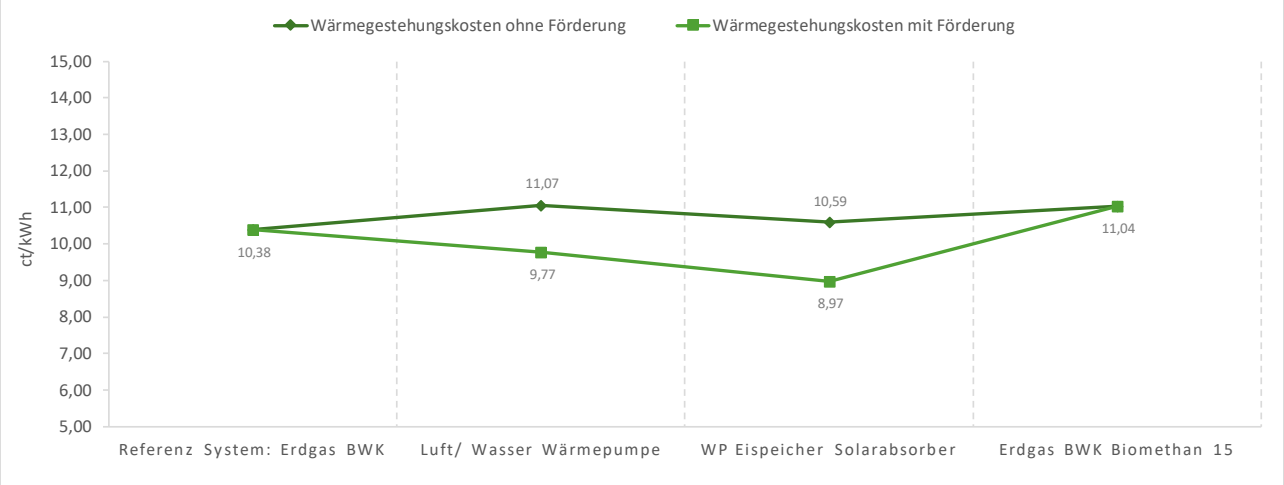
Die beiden untersuchten Wärmepumpensysteme sind im sanierten MFH wirtschaftlich darstellbar und führen unter Berücksichtigung der Förderung zu niedrigeren annuitätischen Jahreskosten als das fossile Referenzsystem (Abbildung 4-18). Die Wärmbereitstellungskosten des Wärmepumpensystems mit Eisspeicher und Solarabsorber liegen selbst ohne Förderung nur knapp über denen des Erdgas-Brennwertkessels (Abbildung 4-19). Dabei ist jedoch anzumerken, dass es sich hierbei um ein innovatives System handelt. Insbesondere im Hinblick auf die Investitionskosten besteht dabei eine hohe Unsicherheit.

Abbildung 4-18: Annuitätische Jahreskosten für das „MFH saniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 4-19: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „MFH saniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

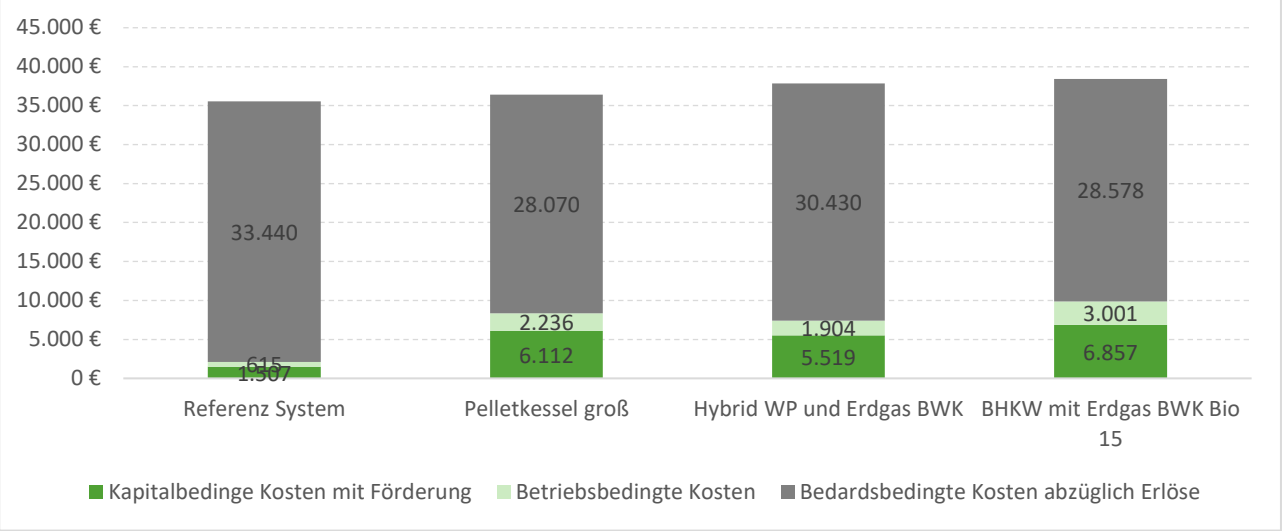
Typ-Nichtwohngebäude

Für den Bereich der Nichtwohngebäude zeigt sich mit Bezug auf die Wirtschaftlichkeit ein ähnliches Bild wie für die Wohngebäude. Unter Berücksichtigung der Förderung ist bei den Typgebäuden mindestens eines der analysierten EE-Wärmeversorgungssysteme wirtschaftlich im Vergleich zu dem fossilen Referenzsystem.

Verwaltungsgebäude unsaniert

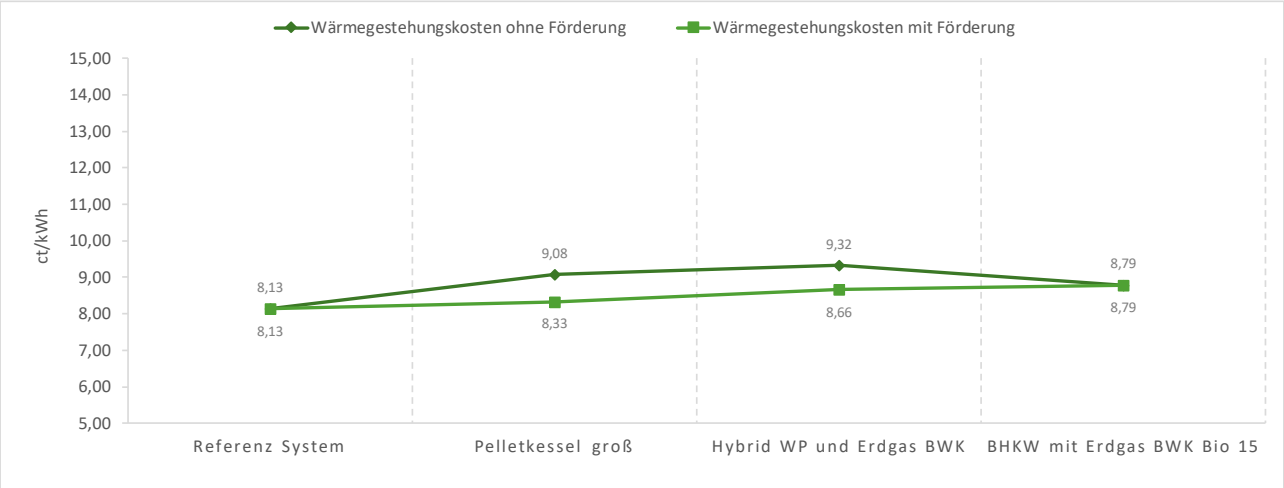
Im Typgebäude „Verwaltungsgebäude“ unsaniert weisen die EE-Wärmeversorgungssysteme zwar alle höhere Jahreskosten auf, der Abstand zum fossilen Referenzsystem ist jedoch sehr gering (Abbildung 4-20). Die höchsten Jahreskosten verzeichnet die Variante mit Biomethan-Beimischung. Das gleiche Bild zeigen die Wärmebereitstellungskosten (Abbildung 4-21). Auch ohne Berücksichtigung der Förderung für die EE-Wärmesysteme liegt der Abstand zum fossilen Referenzsystem bei unter 1,5 ct/kWh.

Abbildung 4-20: Annuitätische Jahreskosten für das „Verwaltungsgebäude unsaniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 4-21: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das Verwaltungsgebäude unsaniert

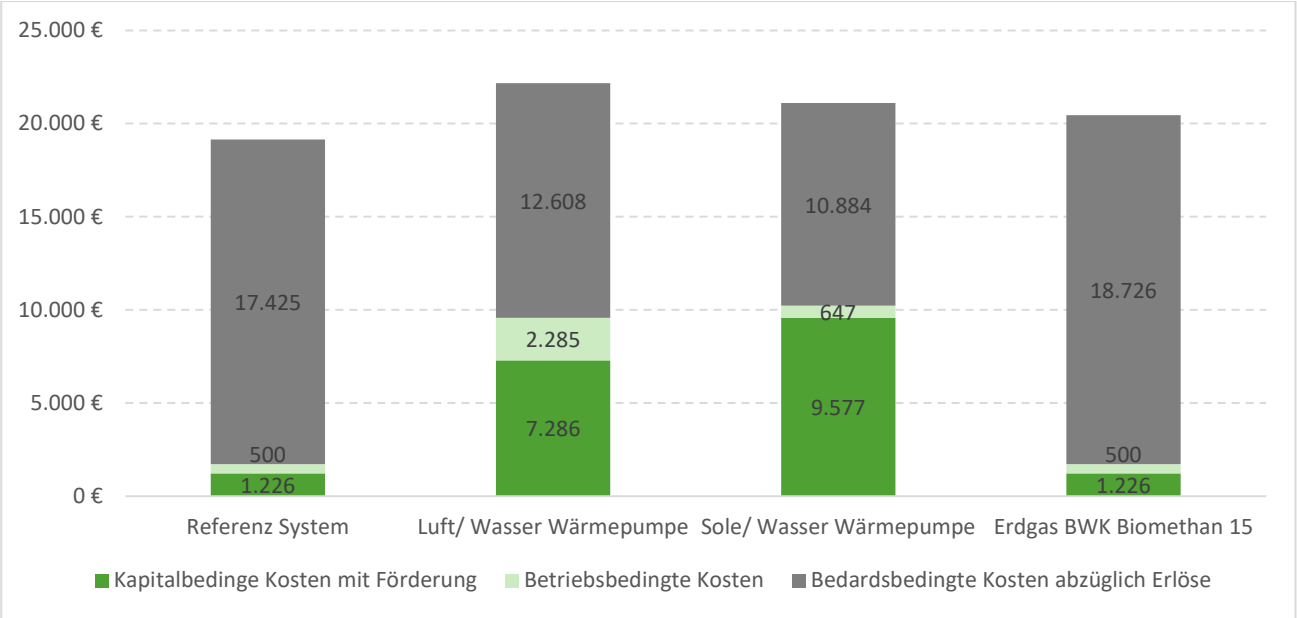


Quelle: Eigene Berechnungen

Verwaltungsgebäude saniert

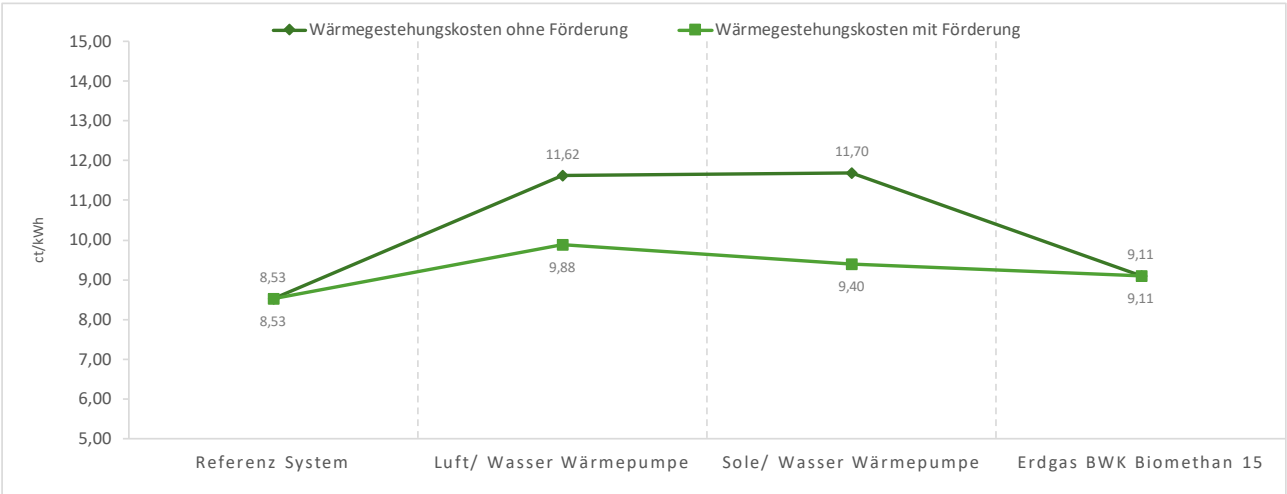
Im Typgebäude „Verwaltungsgebäude saniert“ zeigen sich deutlichere Unterschiede zwischen den Varianten (Abbildung 4-22). Die Luft/Wasser-Wärmepumpe weist die höchsten annuitätischen Jahresvollkosten auf. Dabei ist zu beachten, dass bei der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung für die Technologie bei den spezifischen Investitionen eine Degression nur bis zu einer Leistung von 32 KW angesetzt wird (vgl. Kapitel 4.2.1). Für die hier benötigte größere Leistung wird unterstellt, dass das Wärmepumpensystem in Form einer Kaskadenlösung mit mehreren Wärmepumpen realisiert wird. Eine mögliche Reduktion der Anlagenkosten bzw. die Gewährung eines Abschlags aufgrund der Abnahme und Installation mehrerer gleicher Systeme wird nicht berücksichtigt. Der Vergleich der Wärmebereitstellungskosten zeigt, dass die Wärmebereitstellungskosten für beide Wärmepumpensysteme ohne Förderung deutlich über den Wärmbereitstellungskosten des fossilen Referenzsystems liegen. Der Erdgas-Brennwertkessel mit Biomethan 15 % ist hier die wirtschaftlichste Erfüllungsoption (Abbildung 4-23).

Abbildung 4-22: Annuitätische Jahreskosten für das „Verwaltungsgebäude saniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 4-23: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „Verwaltungsgebäude saniert“

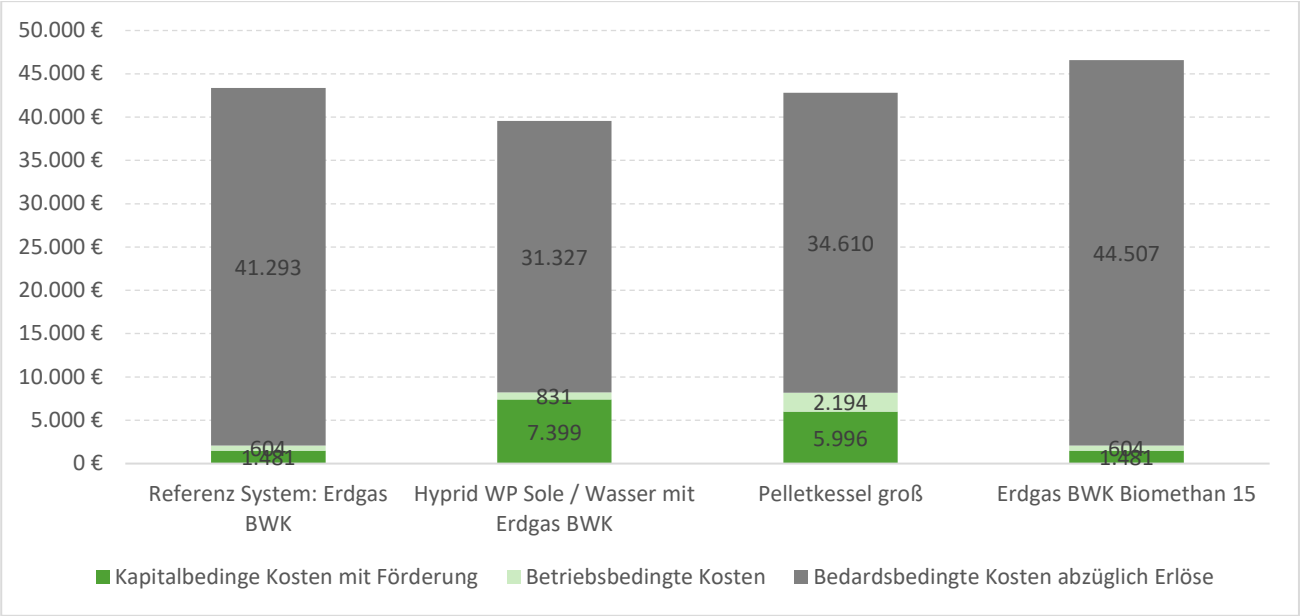


Quelle: Eigene Berechnungen

Verkaufsgebäude unsaniert

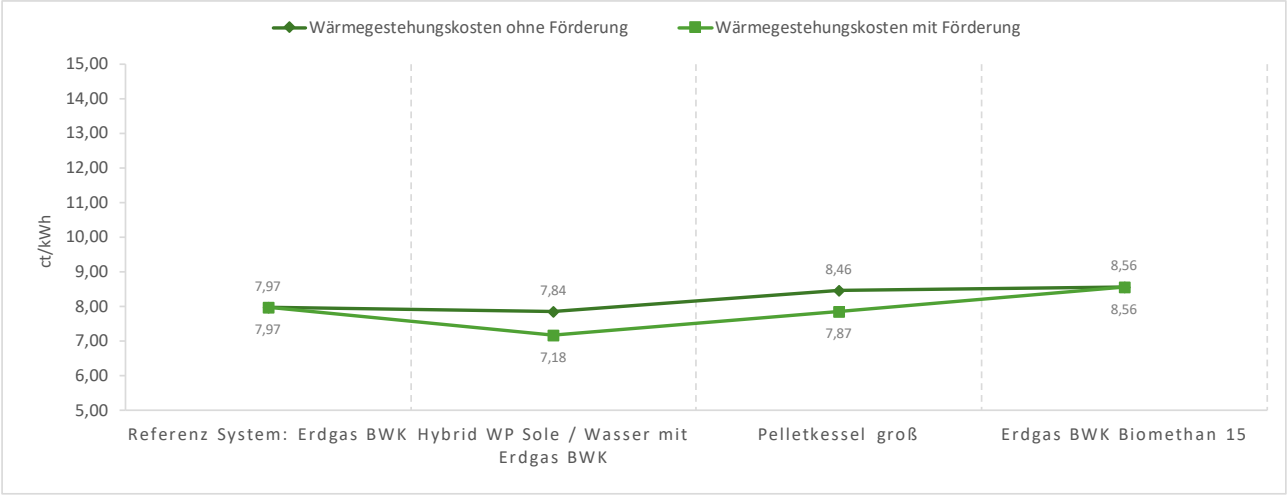
Im Typgebäude „Verkaufsgebäude unsaniert“ stellt das Hybridwärmeversorgungssystem aus Sole/Wasser-Wärmepumpe und Erdgas-Brennwertkessel die wirtschaftlichste Option dar (Abbildung 4-24). Auch der Pelletkessel weist unter Berücksichtigung der Förderung geringere annuitätische Jahreskosten auf als das Referenzsystem (Erdgas-Brennwertkessel). Der Vergleich der Wärmebereitstellungskosten mit und ohne Förderung zeigt, dass auch ohne Berücksichtigung der Förderung die Wärmeversorgungsvarianten hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit relativ nahe beieinander liegen (Abbildung 4-25).

Abbildung 4-24: Annuitätische Jahreskosten für das „Verkaufsgebäude unsaniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 4-25: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „Verkaufsgebäude unsaniert“

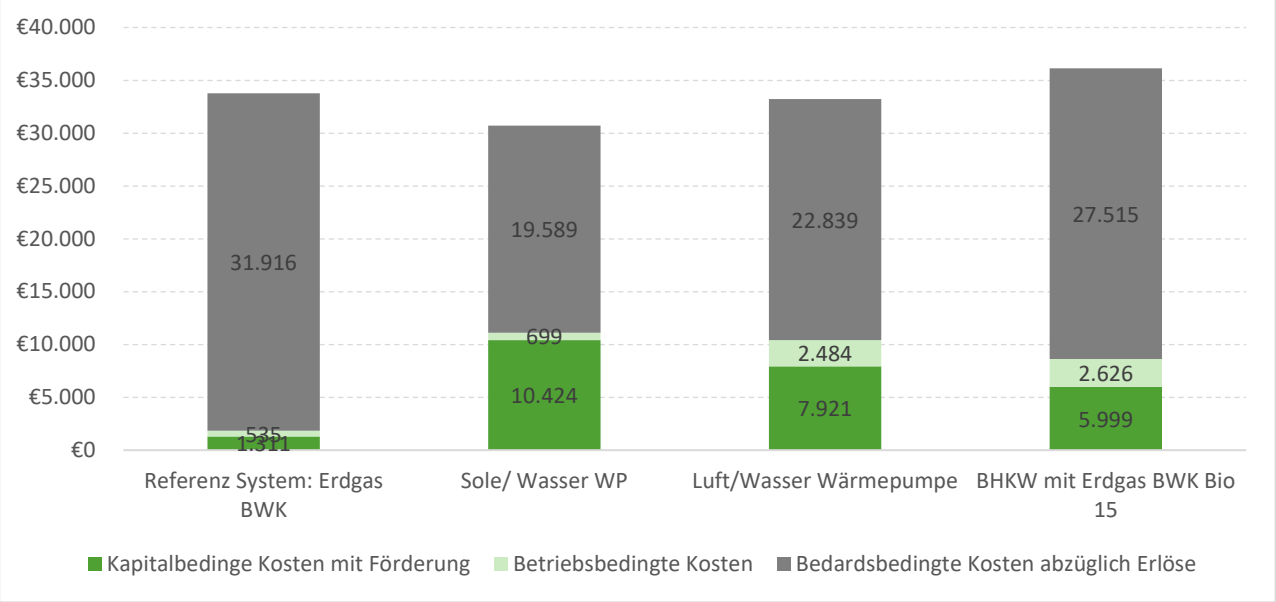


Quelle: Eigene Berechnungen

Verkaufsgebäude saniert

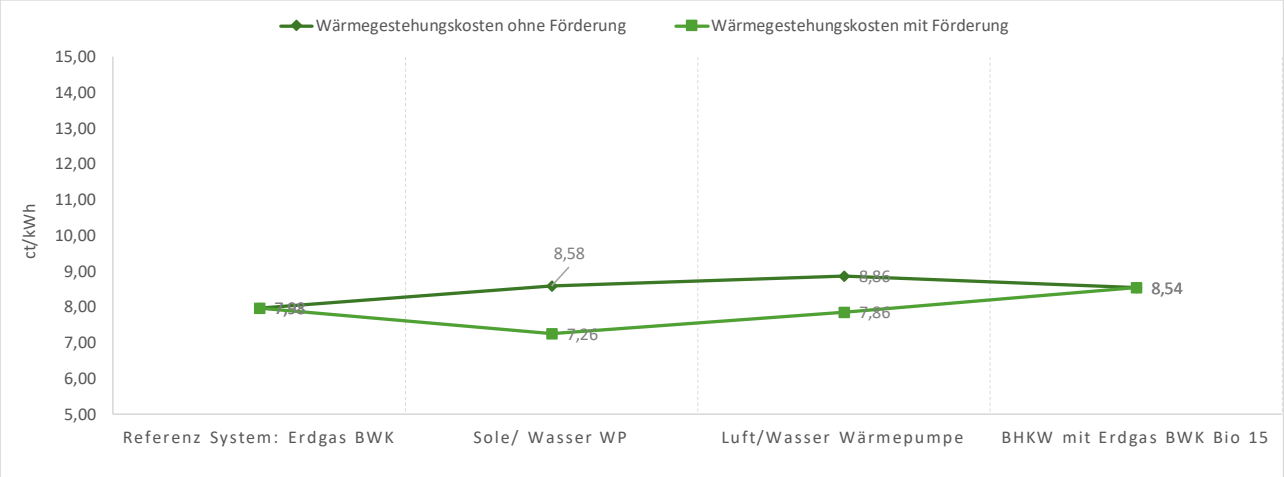
Auch für das Typgebäude „Verkaufsgebäude saniert“ stellt die Sole/Wasser-Wärmepumpe – hier als monovalentes System – die wirtschaftlichste Option dar (Abbildung 4-26). Das Wärmeversorgungssystem mit BHKW hat trotz der Berücksichtigung von Stromerlösen die höchsten Jahreskosten. Bei den Wärmebereitstellungskosten zeigt sich wiederum deutlich, wie stark die Wirtschaftlichkeit durch die Förderung beeinflusst wird (Abbildung 4-27).

Abbildung 4-26: Annuitätische Jahreskosten für das „Verkaufsgebäude saniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 4-27: Spezifische Wärmebereitstellungskosten für das „Verkaufsgebäude saniert“



Quelle: Eigene Berechnungen

Fazit

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Typ-Wohngebäude und Typ-Nichtwohngebäude zeigt, dass mindestens zwei EE-Wärmesysteme wirtschaftlich sind. Insgesamt liegt die Wirtschaftlichkeit der untersuchten Systeme sehr nahe beieinander.

5. Ersatzmaßnahmen und Kombinationsmöglichkeiten

5.1. Ersatzmaßnahmen

Die Nutzungspflicht kann auch durch eine Ersatzmaßnahme erfüllt werden. Zulässige Ersatzmaßnahmen umfassen

- den Anschluss an ein Wärmenetz,
- Energieeinsparungen durch baulichen Wärmeschutz,
- Sanierungsfahrpläne,
- Quartierslösungen.

Wird die Nutzungspflicht durch einen Anschluss an ein Wärmenetz erfüllt, gelten die Anforderungen aus § 18 Abs. 2 (vgl. Kapitel 2). Eine weitere Konkretisierung der Anforderungen in Form der Durchführungsverordnung ist nicht vorgesehen. Für die drei anderen Ersatzmaßnahmen werden nachfolgend Kriterien für das Anforderungsniveau sowie verschiedene Ausgestaltungsoptionen diskutiert. Quantitative Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen werden dabei nicht vorgenommen.

5.1.1. Kriterien für das Anforderungsniveau der Ersatzmaßnahmen

Für die Ausgestaltung des Anforderungsniveaus der Ersatzmaßnahmen werden folgende Kriterien berücksichtigt:

- CO_2-Einsparungen: Die durch die Ersatzmaßnahme zu erreichenden jährlichen CO_2-Einsparungen sollen mindestens dem Niveau der primärpflichterfüllenden Maßnahmen (EE-Wärmeversorgungssysteme) entsprechen.
- Vermeidung von Lock-In-Effekten: Angesichts des politischen Ziels, bis 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, müssen Maßnahmen, deren Wirkung sich aufgrund ihrer Lebensdauer über diesen Zeitraum hinaus erstreckt (z. B. Dämmmaßnahmen an der Gebäudefassade), heute schon möglichst zielkompatibel ausgestaltet werden (vgl. Energieeffizienzstrategie Gebäude der Bundesregierung (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015).

5.1.2. Energieeinsparungen durch baulichen Wärmeschutz

Die EE-Nutzungspflicht bezweckt primär die maßgebliche Steigerung des Anteils EE an der Wärmeversorgung und sekundär die Energieeffizienz der Hamburger Bestandsgebäude. Bei der Festlegung des Anforderungsniveaus ist insbesondere die Länge der Investitionszyklen der verschiedenen Erfüllungsoptionen zu berücksichtigen. Die technikbezogenen Erfüllungsoptionen (Einsatz erneuerbarer Wärmeenergien) haben einen Investitionszyklus zwischen 20 und 25 Jahren.[20] Ein Großteil der heute ausgetauschten Heizungsanlagen wird deswegen bis zum Zieljahr 2050 noch einmal ausgetauscht. Spätestens bei diesem erneuten Austausch muss dann eine (nahezu) vollständige CO_2-freie Wärmeversorgung vorliegen, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Bei diesem erneuten Austausch ist dann ein EE-Mindestanteil in Höhe der heutigen 15 % nicht mehr ausreichend.

[20] Vgl. z. B. Richtlinie VDI 2067 Blatt 1 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung“

Bei der Ersatzmaßnahme „baulicher Wärmeschutz“ sind die relevanten Investitionszyklen deutlich länger. Die technische Lebensdauer von Wärmeschutzmaßnahmen an den opaken Bauteilen (Außenwand, Dach, Fußboden/Kellerdecke) liegt bei 40-50 Jahren, die der Fenster bei rund 30 Jahren (BBSR, 2010; BTE, 2008). Wird also eines dieser Bauteile (energetisch) saniert, sollte es mit dieser Sanierung ein energetisches Niveau erreichen, das mit dem Ziel eines dekarbonisierten Gebäudebestands im Zieljahr 2050 kompatibel ist. Dieses Zielniveau liegt im Durchschnitt für den gesamten Gebäudebestand bei etwa dem Niveau KfW-Effizienzhaus 55 (vgl. hierzu z. B. BMWI, 2015; Öko-Institut e.V. & Fraunhofer ISE, 2017). Heutige Sanierungsmaßnahmen müssen sich also an diesem Zielniveau orientieren. Dies gilt sowohl für Einzelmaßnahmen als auch für Vollsanierungen. Wird das Zielniveau verfehlt, wäre zu einem späteren Zeitpunkt eine erneute Sanierung des Bauteils oder des gesamten Gebäudes notwendig, die dann außerhalb des Investitionszyklus anfällt und entsprechend unwirtschaftlich ist.

Um sicherzustellen, dass die Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“ zu zielkonformen Sanierungsmaßnahmen führt (und damit zur Vermeidung von Lock-In-Effekten), wird also empfohlen, sich bei den Anforderungen an die Ersatzmaßnahme an den Anforderungen der KfW-Förderung für den Standard KfW-Effizienzhaus 55 bzw. die Anforderungen an Einzelmaßnahmen (Ausnahme Fenster) zu orientieren.[21] Die Anforderungen an die KfW-Einzelmaßnahmen entsprechen in etwa einer Unterschreitung der Anforderungen (U-Werte) des GEG Referenzgebäudes um 30 %. Bei den Fenstern wird eine Unterschreitung der Anforderungen (U-Werte) des GEG Referenzgebäudes um 35 % vorgeschlagen. In diesem Sinne wird folgendes Anforderungsniveau empfohlen:

Tabelle 5-1: Empfehlung für das Anforderungsniveau für die Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“

Anforderung/Bauteil	U-Wert / H’T (W/m²*K)
Dämmung Außenwand	0,20
Dämmung Dach/oberste Geschossdecke	0,14
Dämmung von Bauteilen, die beheizte Räume nach unten begrenzen	0,25
Austausch Fenster	0,85
Wohngebäude: Dämmung gesamt	0,7*H’T des Referenzgebäudes
Nicht-Wohngebäude Dämmung gesamt	0,7*$\bar{U}$ aus Anlage 3 GEG

Quelle: Eigene Darstellung

Mit dem in Tabelle 5-1 dargestellten Anforderungsniveau verbinden sich verschieden hohe CO_2-Einsparungen. Tabelle 5-2 zeigt für die beiden Typ-Wohngebäude (EFH und MFH) für den unsanierten Zustand das Verhältnis der CO_2-Einsparungen aus den verschiedenen Dämmmaßnahmen zu den CO_2-Einsparungen, die aus einem EE-Einsatz in Höhe von 15 % des Wärmeenergiebedarfs resultieren. Die CO_2-Einsparungen hängen natürlich stark von der Geometrie des jeweiligen Gebäudes und den Flächenanteilen der jeweiligen Bauteile ab. Die dargestellten Werte können also nur einen Hinweis auf die Größenordnung der Einsparung geben und sind nicht pauschal verallgemeinerbar.[22]

[21] https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003612_M_151_152_430_Anlage_TMA_2018_04.pdf

[22] Die Einsparwirkung wurde mit Hilfe eines vereinfachten Rechenverfahren ermittelt. Aufgrund der wesentlich größeren Komplexität wurde auf vergleichbare Abschätzungen für die Typ-NWG verzichtet.

Tabelle 5-2: CO_2-Einsparwirkung der Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“ für die ausgewählten Typ-Wohngebäude

	EFH unsaniert	MFH unsaniert
Dämmung AW	81 %	134 %
Dämmung Dach	62 %	26 %
Dämmung Kellerdecke	43 %	39 %
Austausch Fenster	43 %	67 %
Dämmung gesamt (H‘T)	384 %	345 %

Quelle: Eigene Berechnungen

Beispielsweise führt beim EFH die Dämmung der Außenwand mit 30 % Unterschreitung der Referenzausführung des GEG Referenzgebäudes zu einer CO_2-Einsparung, die bei etwa 81 % der CO_2-Einsparung liegt, die sich mit einem Solarkollektor verbindet, der 15 % des Wärmebedarfs des gleichen Gebäudes deckt. Wird das gleiche Gebäude so saniert, dass ein Transmissionswärmeverlust H’T erreicht wird, der 30% unter dem H’T des Referenzgebäudes liegt, führt dies zu einer CO_2-Einsparung, die 3,8 mal so groß ist wie die Einsparung, die sich mit dem Solarkollektor verbindet, der 15 % des Wärmeenergiebedarfs abdeckt.

Die Anrechenbarkeit, also der Anteil, mit dem eine Sanierungsmaßnahme zur Pflichterfüllung beitragen kann, könnte sich hinsichtlich der grundlegenden Systematik an den Regelungen im EWärmeG Baden-Württemberg orientieren, allerdings mit etwas schärferen Anforderungen, um Lock-In-Effekte zu vermeiden:

- Dämmung Außenwand: Anrechenbarer Anteil entsprechend dem Verhältnis der gedämmten Außenwandfläche zur gesamten Außenwandfläche; wird also die Hälfte der Außenwandfläche gemäß dem oben vorgeschlagenen Dämmstandard saniert, wird die Nutzungspflicht damit zur Hälfte erfüllt (gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude).
- Dämmung Dach/oberste Geschossdecke: Anrechenbarer Anteil in Abhängigkeit von der Größe des Gebäudes (Hintergrund: je größer das Gebäude, desto kleiner ist in der Regel der Anteil der Dachfläche an der gesamten Hüllfläche); bei Gebäuden mit maximal zwei Vollgeschossen Erfüllung der Nutzungspflicht zu 2/3 und bei Gebäuden mit drei und vier Vollgeschossen Erfüllung der Nutzungspflicht zu 1/3 (gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude).
- Dämmung von Bauteilen, die beheizte Räume nach unten begrenzen: Anrechenbarer Anteil in Abhängigkeit von der Größe des Gebäudes(Hintergrund: je größer das Gebäude, desto kleiner ist in der Regel der Anteil der Bodenfläche an der gesamten Hüllfläche); bei Gebäuden mit maximal zwei Vollgeschossen Erfüllung der Nutzungspflicht zu 2/3 und bei Gebäuden mit drei oder vier Vollgeschossen Erfüllung der Nutzungspflicht zu 1/3 (gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude).
- Austausch Fenster: Anrechenbarer Anteil begrenzt auf Erfüllung der Nutzungspflicht zu 1/3 (gilt für Wohn- und Nichtwohngebäude).
- Dämmung gesamt (bzw. gleichzeitige Sanierung mehrerer Bauteile) bei Erfüllung über H’T-Anforderung (Wohngebäude) bzw. $\bar{U}$-Anforderung (Nicht-Wohngebäude): Maßnahme erfüllt die Nutzungspflicht immer vollständig.

Sanierungsmaßnahmen, die die Anforderungen aus Tabelle 5-1 erfüllen und in der Vergangenheit getätigt wurden, werden dann anerkannt, wenn sie innerhalb der letzten fünf Jahre vor Inkrafttreten der Nutzungspflicht durchgeführt wurden.

Es könnte zudem erwogen werden, die Ersatzmaßnahme um die Verpflichtung zu ergänzen, einen aktuellen Sanierungsfahrplan (vgl. Kapitel 5.1.3) vorzulegen, aus dem hervorgeht, dass die Sanierungsmaßnahme konform mit dem vorgeschlagen Maßnahmentableau ist.

5.1.3. Sanierungsfahrplan

Beim gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplan (iSFP) handelt es sich um ein Beratungsinstrument. Der SFP verfolgt das Ziel, für ein einzelnes Gebäude eine auf die individuelle Situation des Gebäudes zugeschnittene Sanierungsstrategie zu entwickeln und zu vermitteln. Die Bundesregierung fördert die Erstellung eines iSFP in Form der Vor-Ort-Beratung (individueller Sanierungsfahrplan). Die Förderhöhe liegt bei 80 % des förderfähigen Beratungshonorars, maximal jedoch bei 1.300 EUR bei Ein- und Zweifamilienhäusern sowie 1.700 EUR bei Mehrfamilienhäusern.[23] In Hamburg wird zudem die Erstellung des Hamburger Energiepasses (HEP) mit maximal 800 EUR gefördert.[24]

Im Wirkungsbereich des EWärmeG in Baden-Württemberg kann der gebäudeindividuelle Sanierungsfahrplan anteilig als Ersatzmaßnahme angerechnet werden. Die Evaluation des Förderprogramms „Energieberatung für Wohngebäude“ zeigt, dass die Antragszahlen für Beratungen in Baden-Württemberg deutlich höher liegen als in den anderen Bundesländern (PwC, 2019). Dies lässt darauf schließen, dass das EWärmeG über die Erfüllungsoption Sanierungsfahrplan zu einer zusätzlichen Inanspruchnahme von Beratungen führt. Die Erfahrung aus dem EWärmeG sowie der Evaluation des Förderprogramms “Energieberatung für Wohngebäude“ zeigen aber auch, dass teilweise erhebliche Mitnahmeeffekte vorliegen und/oder die vorgeschlagenen Maßnahmen nur teilweise umgesetzt werden.

Da es sich bei dem Sanierungsfahrplan um ein reines Beratungsinstrument handelt, mit dem sich nicht automatisch eine Sanierungsmaßnahme verbindet, die zu einer materiellen CO_2-Einsparung führt, sollte er nur anteilig zur Pflichterfüllung anrechenbar sein. Dies gilt sowohl für Wohn- als auch Nichtwohngebäude. Damit kann der iSFP nur in Kombination mit einer anderen, deutlich überwiegenden Maßnahme, die Nutzungspflicht erfüllen.

Vor dem Hintergrund der genannten Chancen und Herausforderungen stellt Tabelle 5-3 die Empfehlungen für die Anrechenbarkeit dar. Im Vergleich zu Baden-Württemberg sollte der iSFP mit einer niedrigeren prozentualen Anrechenbarkeit in Höhe von 2,5 % anerkannt werden (Wohngebäude und Nichtwohngebäude). Für den maximalen Zeitraum zwischen Ausstellung des iSFP und Anrechnung als Erfüllungsoption sollte analog zum EWärmeG eine Frist von fünf Jahren vorgesehen werden. Um eine Kontinuität mit den derzeitig durchgeführten Beratungen zu gewährleisten und eine Dopplung von Beratungsinstrumenten an Einzelgebäuden zu vermeiden, sollten auch ein Hamburger Energiepasses, der nicht älter als fünf Jahre ist, angerechnet werden.

[23] Richtlinie über die Förderung der Energieberatung für Wohngebäude (Vor-Ort-Beratung, individueller Sanierungsfahrplan) vom 28. Januar 2020 (https://www.bundesanzeiger.de/ebanzwww/wexsservlet?page.navid=to_bookmark_officialsite&genericsearch_param.edition=BAnz+AT+04.02.2020&global_data.language=de)

[24] Förderrichtlinie für die Gewährung von Zuschüssen zur Energieberatung im Rahmen der Ausstellung eines Hamburger Energiepasses (https://www.ifbhh.de/api/services/document/819)

Tabelle 5-3: Empfehlung für Anrechenbarkeit der Ersatzmaßnahme Sanierungsfahrplan

Ausgestaltungsoption	Empfehlung
Prozentuale Anrechenbarkeit	Erfüllung der NP zu 1/6
Maximale Zeitdauer zwischen Erstellung und Zeitpunkt des Austauschs der Heizungsanlage	5 Jahre
Art des Sanierungsfahrplans	iSFP und (vorhandene) HEP

Quelle: Eigene Darstellung

5.1.4. Quartierslösungen

§ 3 Abs. 1 Nr. 17 HmbKliSchG definiert Quartierslösungen als *schriftliche zwischen den Eigentümerinnen und Eigentümern vereinbarte Konzepte zur gemeinsamen energetischen Versorgung mehrerer Gebäude, die in räumlichem Zusammenhang stehen.* Im Gegensatz zur Ersatzmaßnahme „Anschluss an ein Wärmenetz[25]“ bestehen Quartierslösungen aus einer Kombination aus Sanierungsmaßnahmen und einer gemeinsamen Wärmeversorgung. Die Nutzungspflicht wird also aus einer Kombination zwischen EE-Anteilen im Wärmenetz und Endenergieeinsparungen durch Wärmeschutzmaßnahmen erfüllt. Mit der Ersatzmaßnahme verbindet sich die Idee, in einem Quartier ansässigen Wohnungsunternehmen zu ermöglichen, die Pflichterfüllung flexibel durch Maßnahmen zur Gebäudesanierung und den Aufbau einer Quartiersversorgung mit Einsatz EE erreichen zu können.

Für die Ersatzmaßnahme „Quartierslösungen“ werden folgende Anforderungen vorgeschlagen:

- Ein Quartier besteht aus einer Ansammlung von Gebäuden, die im räumlichen Zusammenhang stehen.
- Ein Quartierskonzept besteht aus einer Kombination aus energetischen Sanierungsmaßnahmen und einer gemeinsamen Wärmeversorgung in Form eines auf das Quartier begrenzten Wärmenetzes, welches die Gebäude des Quartiers vollständig mit Raumwärme und Trinkwarmwasser versorgt. Bei Nicht-Wohngebäuden mit einem geringen Warmwasserbedarf kann die Warmwassererzeugung auch dezentral erfolgen.
- Für das Wärmenetz gilt analog §17 Abs. 1 HmbKliSchG ein EE-Mindestanteil von 15% bezogen auf den Wärmeenergiebedarf der angeschlossenen Gebäude. Davon dürfen maximal zwei Drittel durch Sanierungsmaßnahmen erbracht werden (als ersatzweise Erfüllung), d.h. der EE-Anteil im Wärmenetz muss materiell bei mindestens 5% liegen. Vom jeweiligen EE-Anteil müssen wiederum zwei Drittel aus erneuerbaren Energien oder Abwärmequellen kommen, die im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem seitens des Konzepts erfassten Quartiers erzeugt werden.[26]
- Energetische Sanierungsmaßnahmen können demnach maximal zu zwei Dritteln zur Pflichterfüllung beitragen. Zur Wahrung der Zielkonformität sind nur Wärmeschutzmaßnahmen im

[25] § 3 Abs. 1 Nr. 5 HmbKliSchG definiert ein Wärmenetz als *Einrichtungen zur leitungsgebundenen Versorgung mit Wärme, die eine horizontale Ausdehnung über die Grenze eines Grundstücks hinaus haben; Einrichtungen, die ausschließlich und direkt Industriestandorte mit Wärme versorgen, gelten nicht als Wärmenetz*.

[26] Der Begriff „unmittelbarer räumlicher Zusammenhang“ gibt den Vollzugsbehörden einen gewissen Interpretationsspielraum. In Form eines Leitfadens für die Vollzugsbehörden könnte die Fachaufsicht anhand von Beispielen zeigen, welche Versorgungskonzepte die Anforderungen erfüllen. Die rechtliche Zulässigkeit einer solch uneindeutigen Regelung müsste geprüft werden.

Sinne der Anforderungen an die Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“ (vgl. Kapitel 5.1.2) zulässig (also nur Maßnahmen, die kompatibel mit dem KfW-55 Standard sind). Dabei muss nicht jedes durch das Quartierskonzept erfasste Gebäude saniert werden. Vielmehr berechnet sich der anrechenbare Beitrag über die Reduktion des Endenergiebedarfs, der durch die baulichen Wärmeschutzmaßnahmen erreicht wird (jeweils unter Einbezug aller durch das Quartierskonzept erfassten Gebäude). Eine Reduktion des rechnerischen Endenergiebedarfs von z.B. 10 % entspricht dabei einem Anrechnungsäquivalent von 10 %. Angerechnet werden nur Wärmeschutzmaßnahmen an Gebäuden, die auch an das Wärmenetz angeschlossen sind.

- Umsetzungsfrist: Für die Umsetzung der vereinbarten Konzepte wird eine Frist von fünf Jahren gesetzt. Die Frist beginnt zu dem Zeitpunkt, zu dem beim ersten des durch das Quartierskonzept erfassten Gebäudes die Heizungsanlage ausgetauscht oder nachträglich eingebaut wird.
- Der Nachweis für das Quartierskonzept besteht aus drei Elementen
    - Quartierskonzept: Ausgehend von einer Beschreibung des Ausgangszustands des Quartiers werden detailliert die Maßnahmen ausgearbeitet, mit denen die Nutzungspflicht erfüllt werden sollen. Dazu gehören die Planungen für das Wärmenetz (Konfiguration Erzeugungsanlagen, Auslegung Wärmenetz, Trassenführung usw.) sowie die geplanten Wärmeschutzmaßnahmen an den Gebäuden. Das Konzept umfasst insbesondere einen detaillierten Zeitplan für die Realisierung der Quartierslösung.
    - Vereinbarung der Eigentümer: Die am Quartierskonzept involvierten Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer treffen eine schriftliche Vereinbarung zur Umsetzung des gemeinsamen Quartierskonzepts innerhalb der festgesetzten Umsetzungsfrist von fünf Jahren (inkl. der gemeinsamen energetischen Versorgung der betroffenen Gebäude). Dabei können auch schon Unterlagen eingereicht werden, aus denen die Beauftragung der Sanierungsmaßnahmen hervorgehen.
    - Wärmeliefervertrag: Für alle betroffenen Gebäude wird ein Wärmeliefervertrag mit dem Wärmeversorgungsunternehmen vorgelegt. Im Rahmen des Wärmelieferver-trags muss geregelt werden, dass die gelieferte Wärme (insbesondere deren Erzeugung) die Qualitäten aufweist, die dem Quartierskonzept zu Grunde gelegt wurden.

5.2. Kombinationsmöglichkeiten und Berechnungsverfahren

Die Nutzungspflicht kann auch durch eine Kombination aus primärpflichterfüllenden Maßnahmen (Einsatz eines EE-Wärmeversorgungssystems) und einer oder mehrerer Ersatzmaßnahmen erfüllt werden. Einige Erfüllungsoptionen können ohnehin nur anteilig die Nutzungspflicht erfüllen und müssen entsprechend mit anderen Maßnahmen kombiniert werden. Hierzu gehören z. B. einige der Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle sowie der Sanierungsfahrplan.

Werden zwei oder mehr Maßnahmen kombiniert, sollte im Hinblick auf ihre Anrechnung der Grundsatz gelten, dass EE-Maßnahmen und Ersatzmaßnahmen entsprechend ihres jeweiligen Anteils am Wärmeenergiebedarf bzw. des jeweiligen Anteils an der Pflichterfüllung angerechnet werden.

Bei den Kombinationslösungen sind einige Sonderfälle zu beachten, die in den nachfolgenden Abschnitten diskutiert werden.

5.2.1. Wärmepumpen

Bei Wärmepumpen muss aus der Perspektive der CO_2-Einsparung die der Umwelt entzogene Wärmemenge ins Verhältnis zu den CO_2-Emissionen gesetzt werden, die mit der Antriebsenergie einhergehen. Bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen ist dies der Antriebsstrom. Legt man den Emissionsfaktor des deutschen Strommixes zu Grunde (ca. 500 g/kWh, UBA, 2019), erfolgt ein positiver CO_2-Minderungseffekt (gegenüber einer Erdgas-Brennwertheizung mit einem Emissionsfaktor von rund 210 g/kWh[27], Juhrich, 2016) ab einer Jahresarbeitszahl von etwa 2,4. Um sicherzustellen, dass nur effiziente Wärmepumpen auf die Nutzungspflicht angerechnet werden können, sollten nur solche Aggregate anerkannt werden, die eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,5 (elektrisch angetriebene Wärmepumpen) bzw. eine Jahresheizzahl vom mindestens 1,2 (gas-betriebene Wärmepumpen) aufweisen. Setzt man bei einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe die vorgeschlagene Mindest-Jahresarbeitszahl von 3,5 an und deckt die Wärmepumpe den gesamten Wärmeenergiebedarf des Gebäudes, liegt die CO_2-Einsparung gegenüber einer Erdgas-Brennwertheizung bei ca. 32%. Dies entspricht also einem EE-Äquivalent von rund 32 %.

Das EE-Äquivalent[28] einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe in Abhängigkeit von ihrer Jahresarbeitszahl lässt sich damit über folgende Formel ermitteln:

$$EE - Äquivalent = \left[1 - \frac{0{,}5}{JAZ \times 0{,}21}\right]$$

Wird nur ein Teil des Wärmeenergiebedarfs durch eine Wärmepumpe gedeckt (z.B. im Falle einer Hybrid-Wärmepumpe), lässt sich das EE-Äquivalent der gesamten Wärmeversorgung ermitteln, in dem man das EE-Äquivalent der Wärmepumpe (s.o.) multipliziert mit dem Verhältnis aus der Wärmelieferung der Wärmepumpe und der Wärmelieferung des gesamten Hybridsystems (z.B. Wärmepumpe + Gaskessel). Bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen lautet die entsprechende Formel:

$$EE - Anteil = \frac{Wärmeerzeugung\ der\ Wärmepumpe}{Wärmeerzeung\ des\ gesamten\ Heizsystems} \times \left[1 - \frac{0{,}5}{JAZ \times 0{,}21}\right]$$

5.2.2. Biomasse

In größeren Gebäuden werden oftmals mehrere Heizkessel parallel betrieben. Wenn bei einer solchen Mehrkesselanlage nicht jeder Kessel mit Biomasse betrieben wird, bedarf es eines Verfahrens zur Ermittlung des EE-Anteils. Normalerweise wird der Biomassekessel zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Deswegen bietet es sich an, auf die aufwändige Berechnung des jeweiligen EE-Anteils zu verzichten und den Deckungsanteil über das Verhältnis der Nennwärmeleistung des Biomassekessels zur gesamten installierten Nennwärmeleistung aller involvierten Kessel zu ermitteln. Aufgrund des Grundlasteinsatzes des Biomassekessels wird der EE-Anteil am gesamten Wärmeenergiebedarf deutlich über 15 % liegen.

[27] Unterstellung eines Nutzungsgrades des Gaskessels von 95%.

[28] Der EE-Äquivalent ist nicht zu verwechseln mit der auf Ebene der Endenergie berechneten Umweltenergiemenge, wie sie z.B. im Rahmen der EU Erneuerbaren Energien Richtlinie (2018/2001) berechnet wird.

5.2.3. Solarthermie

Bei der Kombination von Solarthermie als Erfüllungsoption mit weiteren Erfüllungsoptionen kann die Berechnung des durch die Solarthermieanlage abzudeckenden Anteils prinzipiell auf zwei Arten erfolgen:

1. Reduktion des geforderten Anteils von Solarthermie am jährlichen Wärmeenergiebedarf: Der zur Pflichterfüllung geforderte Anteil reduziert sich um den Anteil, der durch die weitere(n) Erfüllungsoption(en) abgedeckt wird. Bei einer Kombination von Solarthermie mit einem Sanierungsfahrplan (vorgeschlagene Anrechenbarkeit 1/6 der geforderten 15 %) reduziert sich beispielsweise der erforderliche Anteil der Solarthermie am Wärmeenergiebedarf auf 12,5 %.

2. Reduzierung der geforderten Aperturfläche beim pauschalierten Nachweis für Solarthermie gem. § 17 Abs. 2 HmbKliSchG: Die geforderte Aperturfläche reduziert sich um den Anteil, der durch die weitere(n) Erfüllungsoptione(n) abgedeckt wird.

Da die Kollektoranlagen beim pauschalierten Flächennachweis gem. § 17 Abs. 2 HmbKliSchG ohnehin schon sehr klein sind, wird empfohlen, keine weitere Verringerung der Kollektorflächen in Form einer Kombinationslösung zuzulassen.

Kombination Solarthermie + Sanierungsfahrplan

Die Erfahrung aus dem EWärmeG in Baden-Württemberg zeigt, dass die Erfüllungsoption Solarthermie häufig in Kombination mit einem Sanierungsfahrplan gewählt wird (ifeu et al., 2018). Dies ist darauf zurückzuführen, dass zahlreiche Verpflichtete mit reinen Brauchwasseranlagen den geforderten 15 % Pflichtanteil bzw. die geforderte Mindest-Aperturfläche nicht erreichen. Sie müssen deswegen entweder in eine (deutlich teurere) Kollektoranlage mit Heizungsunterstützung investieren oder die Brauchwasseranlage mit einer anderen Maßnahme kombinieren. Dies ist oftmals der (verhältnismäßig günstige) Sanierungsfahrplan.

§ 17 Abs. 2 HmbKliSchG legt beim pauschalisierten Flächennachweis mit 0,04/0,03 m^2 Aperturfläche pro m^2 Mindestflächen fest, die zu kleineren Kollektoren führen als im Flächennachweis in Baden-Württemberg. Die kleineren Kollektoren dürften im Regelfall als reine Brauchwasseranlagen realisierbar sein.

Tabelle 5-4 vergleicht den Deckungsanteil von Solarthermieanlagen für die vier Typ-Wohngebäude für die jeweils zur Pflichterfüllung erforderlichen Mindest-Aperturflächen in Baden-Württemberg und Hamburg. Verglichen wird der Solarertrag im ertragreichsten Monat Juli mit dem durchschnittlichen monatlichen Energiebedarf für den Warmwasserverbrauch. Der Vergleich zeigt, dass für die dargestellten Typgebäude bei den in Baden-Württemberg geforderten Mindest-Aperturflächen oftmals der Solarertrag den Energiebedarf für die Warmwassererzeugung übersteigt, die Anlage im Sommer also mehr Wärme erzeugt, als im Gebäude an Warmwasser benötigt wird. Mit den kleineren Mindest-Aperturflächen des HmbKliSchG sowie dem geringeren spezifischen Solarertrag in Hamburg tritt diese Situation hingegen nicht oder seltener auf. Aus diesem Grund ist zu erwarten, dass die Kombination aus Solarthermie und anderen Erfüllungsoptionen in Hamburg deutlich seltener gewählt wird als in Baden-Württemberg. Auch dies spricht dafür, im Hinblick auf den pauschalierten Flächennachweis gem. § 17 Abs. 2 HmbKliSchG keine weitere Verringerung der Kollektorflächen in Form einer Kombinationslösung zuzulassen.

Tabelle 5-4: Deckungsanteile und Solarerträge durch Solarthermie für verschiedene Mindest-Aperturflächen und Typ-Wohngebäude

		HH: Mindest-Aperturfläche (0,04/0,03 m^2 pro m^2 Nutzfläche)		BW: Mindest-Aperturfläche (0,07/0,06 m^2 pro m^2 Wohnfläche)	
Typgebäude	**Durchschn. Energiebedarf WW (kWh/Monat)**	**Solarertrag Juli (kWh)**	**Deckungsanteil durch Solarthermie gesamt pro Jahr**	**Solarertrag Juli (kWh)**	**Deckungsanteil durch Solarthermie gesamt pro Jahr**
EFH unsaniert	659	523	6 %	625	7 %
EFH saniert	511	523	11 %	625	13 %
MFH unsaniert	12.110	8.107	7 %	13.863	12 %
MFH saniert	7.018	8.107	15 %	13.863	25 %

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Berechnungen in Kapitel 4.

5.2.4. Ersatzmaßnahme „Anschluss an ein Wärmenetz“

Der Anschluss an ein Wärmenetz sollte nicht mit anderen Maßnahmen kombinierbar sein. Allerdings ist eine Kombination der netzgestützten Wärmeversorgung mit Maßnahmen des baulichen Wärmeschutzes im Rahmen der Ersatzmaßnahme „Quartierslösung“ möglich.

5.2.5. Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“

Zur Vermeidung von Lock-In-Effekten bei der energetischen Sanierung der Gebäudehülle müssen (Teil-)Sanierungsmaßnahmen auch dann die in Kapitel 5.1.2 vorgeschlagenen zielkonformen Mindeststandards aufweisen (und somit eine hohe Sanierungsqualität (Sanierungstiefe) aufweisen), wenn sie im Rahmen einer Maßnahmenkombination eingebracht werden.

5.3. Erfüllungsmatrix

Tabelle 5-5 zeigt eine schematische Übersicht zu den verschiedenen Erfüllungsoptionen und Kombinationsmöglichkeiten für Wohn- und Nichtwohngebäude.

Tabelle 5-5: Erfüllungsoptionen der Nutzungspflicht für erneuerbare Wärmeenergien (Erfüllungsmatrix)

	2,5%	5%	10%	15%	Anrechenbarkeit
Erfüllung über erneuerbare Energien					
Solarthermie					
EZFH		✓	✓	✓	0 bis 15%
Flächenpauschalwert		-	-	0,04 m2/m2	15%
MFH		✓	✓	✓	0 bis 15%
Flächenpauschalwert		-	-	0,03 m2/m2	15%
NWG		✓	✓	✓	0 bis 15%
Wärmepumpe (JAZ ≥ 3,5 (elektr.), JHZ ≥ 1,2 (Brennstoff))		✓	✓	✓	0 bis 15%
Feste Biomasse					
Holzzentralheizung (Kombination mit Brauchwasserkollektor notwendig)		✓	✓	✓	0 bis 15%
Einzelraumfeuerung		-	-	✓	15%
Biomethan (≥ 50% KWK)		✓	✓	✓	0 bis 15%
Bioöl (≥ 50% KWK)		✓	✓	✓	0 bis 15%
Ersatzmaßnahmen					
Baulicher Wärmeschutz					
Außenwände		✓	✓	✓	0 bis 15%
Dachflächen sowie Decken und Wände gegen unbeheizte Dachräume		3-4 VG	≤ 2VG	-	0 bis 10%
Bauteile nach unten gegen unbeheizte Räume, Außenluft oder Erdreich		3-4 VG	≤ 2VG	-	0 bis 10%
Fenster		✓	-	-	0 bis 5%
Transmissionswärmeverlust H'T		✓	✓	✓	0 bis 15%
Sanierungsfahrplan	✓	-	-	-	2,5%
Quartierslösung		-	-	✓	15%

Quelle: Eigene Darstellung

6. Konklusion - Formulierung konkreter Anforderungen an die Nutzung EE sowie an die Ersatzmaßnahmen und Kombinationsmöglichkeiten

Kapitel 6 führt die Ergebnisse der voranstehenden Arbeitsschritte in Form konkreter Empfehlungen für die Ausgestaltung der Nutzungspflicht zusammen. Die Empfehlungen beziehen sich dabei auf die fachinhaltlichen Aspekte für die Rechtsverordnung, die der Senat nach § 17 Abs. 3 HmbKliSchG bis Ende des Jahres erlassen muss.

6.1. Allgemeiner Teil

6.1.1. Anwendungsbereich

(1) Unter den Anwendungsbereich dieser Verordnung fallen alle Gebäude im Gebiet der Freien und Hansestadt Hamburg, soweit sie unter Einsatz von Energie beheizt werden.

(2) Dieses Gesetz gilt nicht für

1. Wohngebäude mit einer Wohnfläche von weniger als 50 Quadratmetern,
2. Nichtwohngebäude mit weniger als 50 Quadratmetern Nettogrundfläche,
3. Betriebsgebäude, die überwiegend zur Aufzucht oder zur Haltung von Tieren genutzt werden,
4. Betriebsgebäude, soweit sie nach ihrem Verwendungszweck großflächig und lang anhaltend offen gehalten werden müssen,
5. unterirdische Bauten,
6. Unterglasanlagen und Kulturräume für Aufzucht, Vermehrung und Verkauf von Pflanzen,
7. Traglufthallen und Zelte,
8. Gebäude, die dazu bestimmt sind, wiederholt aufgestellt und zerlegt zu werden, und provisorische Gebäude mit einer geplanten Nutzungsdauer von bis zu zwei Jahren,
9. Gebäude, die dem Gottesdienst gewidmet sind oder zeitweise für andere religiöse Zwecke genutzt werden, für deren Nutzung der Wärmeenergieverbrauch weniger als 25 Prozent des zu erwartenden Wärmeenergieverbrauchs bei ganzjähriger Nutzung beträgt,
10. Wohngebäude, die
    a) für eine Nutzungsdauer von weniger als vier Monaten jährlich bestimmt sind, oder
    b) für eine begrenzte jährliche Nutzungsdauer bestimmt sind, wenn der zu erwartende Energieverbrauch der Wohngebäude weniger als 25 Prozent des zu erwartenden Energieverbrauchs bei ganzjähriger Nutzung beträgt,
11. sonstige Betriebsgebäude, die nach ihrer Zweckbestimmung auf eine Innentemperatur von weniger als 12 Grad Celsius oder jährlich weniger als vier Monate beheizt werden,
12. Gebäude, die Teil oder Nebeneinrichtung einer Anlage sind, die vom Anwendungsbereich des Treibhausgas-Emissionshandelsgesetzes vom 21. Juli 2011 (BGBl. I S. 1475) in der jeweils geltenden Fassung erfasst ist,

13. gewerbliche und industrielle Hallen, bei denen der überwiegende Teil der Nettogrundfläche der Fertigung, Produktion, Montage und Lagerung dient, und

14. öffentliche Gebäude des Bundes, die grundlegend renoviert werden und durch §52 GEG erfasst werden.

6.1.2. Ergänzende Begriffsbestimmungen zu § 3 HmbKliSchG

(1) Ein nachträglicher Einbau einer Heizungsanlage liegt vor, wenn in ein bisher nicht zentral beheiztes Gebäude eine Heizungsanlage eingebaut wird.

(2) Die Aperturfläche ist die Lichteintrittsfläche einer solarthermischen Anlage.

(3) Biomasse im Sinne dieses Gesetzes ist

a) Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066, 1126) in der jeweils geltenden Fassung,

b) biologisch abbaubare Anteile von Abfällen aus Haushalten und Industrie,

c) Deponiegas,

d) Klärgas,

e) Klärschlamm im Sinne der Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. I S. 912), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 12 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212, 249) in der jeweils geltenden Fassung und

f) Pflanzenölmethylester.

(4) Sachkundige sind

a) die nach Bundes- oder Landesrecht zur Ausstellung von Energieausweisen Berechtigten,

b) Personen, die für ein zulassungspflichtiges Bau-, Ausbau- oder anlagentechnisches Gewerbe oder für das Schornsteinfegerwesen die Voraussetzungen zur Eintragung in die Handwerksrolle erfüllen, sowie Handwerksmeister der zulassungsfreien Handwerke dieser Bereiche und Personen, die aufgrund ihrer Ausbildung oder ihres beruflichen Werdegangs berechtigt sind, ein solches Handwerk ohne Meistertitel selbstständig auszuüben.

(5) Ein Quartier besteht aus einer Ansammlung von Gebäuden, die im räumlichen Zusammenhang stehen.

6.2. Anerkennung und Berechnung

(1) Die anteilige Nutzung erneuerbarer Energien nach Kapitel 6.3 kann im Einzelfall berechnet oder bei Solarthermie in Wohngebäuden auch nach § 17 Abs. 2 HmbKliSchG pauschaliert werden.

(2) Die Nutzungspflicht kann ersatzweise auch durch den Anschluss an ein Wärmenetz, Energieeinsparungen durch baulichen Wärmeschutz, das Erstellen eines gebäudeindividuellen energetischen Sanierungsfahrplans gemäß § 3 Nr. 13 HmbKliSchG sowie Quartierslösungen nach § 3 Nr. 17 HmbKliSchG anteilig erfüllt werden. Beim Anschluss an ein Wärmenetz müssen die An-

forderungen nach § 18 Abs. 2 HmbKliSchG erfüllt sein. Die Erfüllung durch Energieeinsparmaßnahmen durch baulichen Wärmeschutz, Sanierungsfahrpläne und Quartierslösungen ist nur nach Maßgabe von Kapitel 6.4 möglich.

(3) Die Kombination verschiedener Erfüllungsoptionen untereinander und mit Energieeinsparmaßnahmen durch baulichen Wärmeschutz ist nur gemäß Kapitel 6.5 möglich.

6.3. Zur Erfüllung der Nutzungspflicht nach § 17 Absatz 1 HmbKliSchG anerkannte erneuerbare Energien

(1) Als erneuerbare Energien werden anerkannt solare Strahlungsenergie, aus der Luft entnommene und technisch nutzbar gemachte Umweltwärme, Geothermie, aus dem Boden oder dem Wasser entnommene und technisch nutzbar gemachte Wärme, feste, flüssige und gasförmige Biomasse, welche ohne vorangegangene Umwandlung in elektrische Energie für Zwecke der Wärmenutzung verwendet werden.

(2) Die Nutzung einer solarthermischen Anlage muss, sofern Flüssigkeiten als Wärmeträger genutzt werden, für die darin enthaltenen Kollektoren oder für das System mit dem europäischen Prüfzeichen „Solar Keymark“ zertifiziert sein, solange und soweit die Verwendung einer CE-Kennzeichnung nach Maßgabe eines Durchführungsrechtsaktes auf der Grundlage der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (ABl. L 285 vom 31.10.2009, S. 10), die zuletzt durch die Richtlinie 2012/27/EU (ABl. L 315 vom 14.11.2012, S. 1) geändert worden ist, nicht zwingend vorgeschrieben ist. Die Zertifizierung muss nach den anerkannten Regeln der Technik erfolgen.

(3) Die Nutzung von Umweltwärme einschließlich Abwärme durch Wärmepumpen wird als Nutzung erneuerbarer Energien anerkannt, wenn

a) bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,50,

b) bei mit Brennstoffen betriebenen Wärmepumpen eine Jahresheizzahl von mindestens 1,20

erreicht wird, wobei in die Wärmepumpe integrierte Ergänzungsheizungen mit in die Jahresarbeits- oder Jahresheizzahl einzuberechnen sind.

Wird bei einem Gebäude der Wärmeenergiebedarf mit einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpen nach Satz 1 zu mindestens 50% gedeckt, gilt dies als vollständige Erfüllung der Nutzungspflicht. Wird bei einem Gebäude der Wärmeenergiebedarf mit einer mit Brennstoffen betriebenen Wärmepumpen nach Satz 1 komplett gedeckt, gilt dies als vollständige Erfüllung der Nutzungspflicht.

Die Ermittlung der Jahresarbeitszahl und Jahresheizzahl richtet sich nach den Vorschriften der VDI 4650 oder gleichwertigen anerkannten Regeln der Technik.

(4) Der Einsatz von fester Biomasse wird als Erfüllung der Nutzungspflicht anerkannt, wenn für den Betrieb einer Feuerungsanlage im Sinne der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 13. Juni 2019 (BGBl. I S. 804) geändert worden ist, in der jeweils geltenden Fassung, folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- die Biomasse muss genutzt werden in einem a) Biomassekessel oder b) automatisch beschickten Biomasseofen mit Wasser als Wärmeträger,

- es darf ausschließlich Biomasse nach § 3 Absatz 1 Nummer 4, 5, 5a, 8 oder Nummer 13 der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV) eingesetzt werden.

Zur Reduktion von Feinstaubemissionen muss der Warmwasserbedarf durch eine solarthermische Anlage gemäß Absatz 2 gedeckt werden.

(5) Die Nutzung von Einzelraumfeuerungsanlagen wird in Wohngebäuden nur dann als Nutzung erneuerbarer Energien anerkannt, wenn

a) ein Kamineinsatz oder ein Heizeinsatz für Kachel- oder Putzöfen mit einem Mindestwirkungsgrad von 80%, in dem ausschließlich naturbelassenes stückiges Holz eingesetzt wird, oder

b) ein Grundofen, in dem ausschließlich naturbelassenes stückiges Holz eingesetzt wird, oder

c) ein Ofen entsprechend DIN EN 14785: 2006-09, einschließlich Berichtigung 1: 2007-10, zur Verfeuerung von Holzpellets mit einem Mindestwirkungsgrad von 90 %

zum Einsatz kommt. Die Einzelraumfeuerungsanlage muss mindestens 30 % der Wohnfläche überwiegend beheizen oder mit einem Wasserwärmeübertrager ausgestattet sein.

(6) Der Einsatz von gasförmiger Biomasse, die auf Erdgasqualität aufbereitet und eingespeist worden ist (Biomethan), wird als Erfüllung der Nutzungspflicht anerkannt, wenn Erdgas zu einem anrechenbaren Biomethananteil von 15 % zur vollständigen Deckung des Wärmenergiebedarfs verwendet wird und dabei mindestens die Hälfte des Wärmeenergiebedarfs über eine hocheffiziente KWK-Anlage im Sinne des § 2 Nummer 8 a des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 21. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2498), das zuletzt durch Artikel 266 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist, in der jeweils gültigen Fassung, erzeugt wird.

Aus einem Gasnetz entnommenes Gas gilt als Biomethan, soweit die Menge des entnommenen Biomethans im Wärmeäquivalent der Menge von Gas aus Biomasse über einen Bilanzzeitraum von einem Jahr entspricht, das an anderer Stelle in das Gasnetz eingespeist worden ist und wenn für den gesamten Transport und Vertrieb des Biomethans von seiner Herstellung, seiner Einspeisung in das Erdgasnetz und seinem Transport im Erdgasnetz bis zu seiner Entnahme aus dem Erdgasnetz Massenbilanzsysteme verwendet worden sind. Bei der Aufbereitung und Einspeisung des Biomethans müssen die Voraussetzungen nach Nummer 1 Buchstabe a bis c der Anlage 1 zum Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 25. Oktober 2008 (BGBl. I S.2074) in der am 31. Juli 2014 geltenden Fassung eingehalten werden.

(7) Der Einsatz flüssiger Biomasse wird als Erfüllung der Nutzungspflicht anerkannt, wenn Heizöl zu einem anrechenbaren Anteil flüssiger Biomasse von 15 % zur vollständigen Deckung des Wärmenergiebedarfs verwendet wird und dabei mindestens die Hälfte des Wärmeenergiebedarfs über eine hocheffizienten KWK-Anlage im Sinne des § 2 Nummer 8 a des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 21. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2498), das zuletzt durch Artikel 266 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist, in der jeweils gültigen Fassung, erzeugt wird.

Die zur Wärmeerzeugung eingesetzte Biomasse muss den Anforderungen an einen nachhaltigen Anbau und eine nachhaltige Herstellung, die die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung vom 23. Juli 2009 (BGBl. I S. 2174), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 26. Juni 2018 (BGBl. I S. 872) geändert worden ist, in der jeweils geltenden Fassung stellt, genügen. § 10 der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung ist nicht anzuwenden.

6.4. Ersatzmaßnahmen

6.4.1. Energieeinsparmaßnahmen durch baulichen Wärmeschutz

(1) Die Nutzungspflicht nach § 17 Absatz 1 HmbKliSchG kann durch folgende Maßnahmen erfüllt werden:

a) Die Außenwände werden so gedämmt, dass bei Wohngebäuden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 1 bei Nicht-Wohngebäuden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 2 des Gebäudeenergiegesetzes, im Durchschnitt um mindestens 30 % unterschritten werden.

b) Die Nutzungspflicht kann bei Gebäuden mit maximal zwei Vollgeschossen zu zwei Dritteln erfüllt werden, wenn Dachflächen sowie Decken und Wände gegen unbeheizte Dachräume von Gebäuden mit maximal zwei Vollgeschossen so gedämmt werden, dass bei Wohngebäuden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 1 und bei Nicht-Wohngebäuden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 2 des Gebäudeenergiegesetzes im Durchschnitt um mindestens 30 % unterschritten werden. Bei Gebäuden von drei und vier Vollgeschossen kann diese Maßnahme zu einem Dritteln angerechnet werden.

c) Die Nutzungspflicht kann bei Gebäuden mit maximal zwei Vollgeschossen zu zwei Dritteln erfüllt werden, wenn die Bauteile, die die beheizten Räume nach unten gegen unbeheizte Räume, Außenluft oder Erdreich begrenzen, so gedämmt werden, dass bei Wohngebäuden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 1 und bei Nicht-Wohngebäuden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 2 des Gebäudeenergiegesetzes im Durchschnitt um mindestens 30 % unterschritten werden. Bei Gebäuden mit drei oder vier Vollgeschossen kann die Nutzungspflicht dadurch zu einem Drittel erfüllt werden.

d) Die Nutzungspflicht kann zu einem Drittel erfüllt werden, wenn alle Fenster durch Fenster ersetzt werden, die bei Wohngebäuden den Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 1 und bei Nicht-Wohngebäuden die Wärmedurchgangskoeffizienten der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 2 des Gebäudeenergiegesetzes im Durchschnitt um mindestens 35 % unterschreiten.

e) Der Transmissionswärmeverlust des Wohngebäudes wird durch eine geeignete Kombination von Maßnahmen so reduziert, dass der Transmissionswärmeverlust H‘T der Referenzausführung des Referenzgebäudes nach Anlage 1 des Gebäudeenergiegesetzes um mindestens 30 % unterschritten wird.

f) Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Nicht-Wohngebäudes wird durch eine geeignete Kombination von Maßnahmen so reduziert, dass die Anforderungen an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizient der wärmeübertragenden Umfassungsfläche $\bar{U}$ nach Anlage 3 des Gebäudeenergiegesetzes um mindestens 30 % unterschritten wird.

g) Sanierungsmaßnahmen, die die Anforderungen aus den Punkten a) - f) erfüllen und in der Vergangenheit getätigt wurden, werden anerkannt, wenn sie innerhalb der letzten fünf Jahre vor Inkrafttreten der Nutzungspflicht durchgeführt wurden.

6.4.2. Gebäudeindividueller energetischer Sanierungsfahrplan

(1) Die Nutzungspflicht nach § 17 Absatz 1 HmbKliSchG kann zu einem Sechstel dadurch erfüllt werden, dass die Verpflichteten einen gebäudeindividuellen energetischen Sanierungsfahrplan (Sanierungsfahrplan) vorlegen.

(2) Ein Sanierungsfahrplan enthält ausgehend vom Ist-Zustand des Gebäudes Empfehlungen für Maßnahmen am Gebäude, die sich am langfristigen Ziel eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands im Jahr 2050 orientieren und schrittweise oder in einem Zug durchgeführt werden können. Die Maßnahmenempfehlungen berücksichtigen die gebäudeindividuellen Gegebenheiten, insbesondere die geschätzten zu erwartenden Kosten der Maßnahmen und Energiekosteneinsparungen, die öffentlichen Fördermöglichkeiten, bautechnische, bauphysikalische und anlagentechnische Aspekte sowie baukulturelle und städtebauliche Vorgaben.

(3) Bei Nichtwohngebäuden hat der Sanierungsfahrplan auch Lüftung, Kühlung, Klimatisierung und Beleuchtung zu umfassen.

(4) Ein bereits vor Entstehen der Nutzungspflicht erstellter Sanierungsfahrplan wird entsprechend Absatz 1 anerkannt, wenn zwischen dem Erstellungsdatum und dem Zeitpunkt des Austauschs der Heizanlage nicht mehr als 5 Jahre liegen.

(5) Ein bereits vor Entstehen der Nutzungspflicht erstellter Hamburger Energiepass wird entsprechend Absatz 1 anerkannt, wenn zwischen dem Erstellungsdatum und dem Zeitpunkt des Austauschs der Heizanlage nicht mehr als 5 Jahre liegen.

6.4.3. Quartierslösungen

(1) Ein Quartierskonzept besteht aus einer Kombination aus energetischen Sanierungsmaßnahmen und einer gemeinsamen Wärmeversorgung in Form eines auf das Quartier begrenzten Wärmenetzes, welches die Gebäude des Quartiers vollständig mit Raumwärme und Trinkwarmwasser versorgt. Bei Nicht-Wohngebäuden mit einem geringen Warmwasserbedarf kann die Warmwassererzeugung auch dezentral erfolgen.

(2) Für das Wärmenetz gilt analog §17 Abs. 1 HmbKliSchG ein EE-Mindestanteil von 15% bezogen auf den Wärmeenergiebedarf der angeschlossenen Gebäude. Mindestens zwei Drittel des über das Wärmenetz gelieferten EE-Anteils müssen aus erneuerbaren Energien oder Abwärmequellen kommen, die im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Quartier erzeugt werden, das durch das Konzept erfasst wird.

(3) Energetische Sanierungsmaßnahmen können maximal zu zwei Dritteln zur Pflichterfüllung beitragen. Anrechenbar sind nur Wärmeschutzmaßnahmen im Sinne der Anforderungen an die Ersatzmaßnahme „Baulicher Wärmeschutz“ (vgl. Kapitel 6.4.1 Der anrechenbare Beitrag der Sanierungsmaßahmen berechnet sich über die Reduktion des Endenergiebedarfs, der durch die baulichen Wärmeschutzmaßnahmen erreicht wird, sowie den Endenergiebedarf des gesamten Quartiers. Angerechnet werden nur Wärmeschutzmaßnahmen an Gebäuden, die auch an das Wärmenetz angeschlossen sind.

(4) Für die Umsetzung der vereinbarten Konzepte gilt eine Frist von fünf Jahren. Die Frist beginnt zu dem Zeitpunkt, zu dem beim ersten des durch das Quartierskonzept erfassten Gebäudes die Heizungsanlage ausgetauscht oder nachträglich eingebaut wird.

6.5. Kombinationsmöglichkeiten und Berechnungsverfahren

(1) Erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen können zur Erfüllung der Nutzungspflicht nach § 17 Absatz 1 HmbKliSchG untereinander und miteinander kombiniert werden. Eine Kombination mit der Ersatzmaßnahme Quartierslösung ist nicht möglich.

(2) Erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen werden entsprechend ihrem Anteil am Wärmeenergiebedarf angerechnet. Beim pauschalierten Nachweis für Solarthermie nach § 17 Abs. 2 HmbKliSchG ist keine anteilige Anrechnung zulässig

(3) Soweit nicht der gesamte Wärmeenergiebedarf eines Gebäudes durch eine Wärmepumpe nach Kapitel 6.3 Nr. 3 gedeckt wird, kann ein Teil der von der Wärmepumpe gelieferten Wärmemenge als erneuerbare Energie angerechnet werden.

Bei einer elektrisch angetriebenen Wärmepumpe berechnet sich der EE-Anteil über folgende Formel:

$$EE - Anteil = \frac{Wärmeerzeugung\ der\ Wärmepumpe}{Wärmeerzeung\ des\ gesamten\ Heizsystems} \times \left[1 - \frac{0{,}5}{JAZ\ \times 0{,}21}\right]$$

Bei einer Gas-betriebenen Wärmepumpe berechnet sich der EE-Anteil über folgende Formel:

$$EE - Anteil = \frac{Wärmeerzeugung\ der\ Wärmepumpe}{Wärmeerzeung\ des\ gesamten\ Heizsystems} \times \left[1 - \frac{0{,}21}{JHZ\ \times 0{,}21}\right]$$

(4) Soweit bei einer zentralen Mehrkesselanlage nicht der gesamte Wärmeenergiebedarf eines Gebäudes durch feste Biomasse gedeckt wird, kann für die Erfüllung der Nutzungspflicht das prozentuale Verhältnis von Nennwärmeleistung des zur Deckung der Grundlast vorgesehenen Heizkessels für feste Biomasse und gesamter installierter Heizleistung herangezogen werden.

(5) Eine Kombination mit Einzelraumfeuerungen ist ausgeschlossen.

(6) Energieeinsparmaßnahmen durch baulichen Wärmeschutz nach Kapitel 6.4.1 Nr. 1 a) - d) werden entsprechend dem Verhältnis der anforderungsgemäß gedämmten Fläche zur Gesamtfläche der jeweiligen Bauteile angerechnet.

6.6. Ausnahmen, Befreiungen und Verfahrensvorschriften

6.6.1. Ausnahmen und Befreiungen von der Pflicht nach § 17 Absätze 1 und 3 HmbKliSchG

(1) Von der Nutzungspflicht nach § 17 Absätze 1 und 3 HmbKliSchG sind die Eigentümerinnen und Eigentümer ausgenommen, soweit deren Erfüllung der Pflichten und die Durchführung von Ersatzmaßnahmen nach § 18 HmbKliSchG:

a) im Einzelfall technisch oder baulich unmöglich ist;

b) öffentlich-rechtlichen Vorschriften widerspricht; dies ist insbesondere der Fall, wenn

i. bauordnungsrechtliche Vorschriften,

ii. immissionsschutzrechtliche Vorschriften oder

iii. Vorschriften des Denkmalschutzes entgegenstehen.

(2) Auf schriftlich begründeten Antrag kann die zuständige Behörde von der Verpflichtung zur Umsetzung der Erfüllung der Nutzungspflicht nach § 17 Absätze 1 und 3 HmbKliSchG befreien, soweit die Anforderungen im Einzelfall wegen besonderer Umstände durch unangemessenen Aufwand oder in sonstiger Weise zu einer unbilligen Härte führen würden. Eine unbillige Härte liegt insbesondere vor, wenn die Verpflichteten auf Grund ihrer persönlichen oder betrieblichen Situation nicht in der Lage sind, die günstigste Maßnahme oder Kombination von Maßnahmen zu finanzieren.

6.6.2. Nachweispflicht

(1) Die Verpflichteten müssen der zuständigen Behörde innerhalb von 18 Monaten nach Inbetriebnahme der neuen Heizungsanlage nachweisen, welche Maßnahmen oder Maßnahmenkombinationen sie zur Erfüllung der Nutzungspflicht nach § 17 HmbKliSchG ergriffen haben. Bei Maßnahmenkombinationen sind die dafür erforderlichen Nachweise zeitgleich vorzulegen und der jeweilige Anteil an der Erfüllung anzugeben.

(2) Der Nachweis erfolgt bei der Nutzung erneuerbarer Energien sowie der Ersatzmaßnahmen durch die Bestätigung eines Sachkundigen. Der Nachweis im Falle einer Kombinationslösung erfolgt auf Basis der Berechnungsverfahren gem. Kapitel 6.5. Das Vorliegen der Voraussetzungen für das Entfallen der Nutzungspflicht aufgrund von technischer oder baulicher Unmöglichkeit ist ebenfalls durch einen Sachkundigen bestätigen zu lassen. Beim Widerspruch zu öffentlichrechtlichen Vorschriften genügt es, das Vorliegen der Voraussetzungen gemäß Kapitel 6.6.1 Absatz 1 anzuzeigen.

(3) Wird die Pflicht durch den zeitlich unbegrenzten Bezug von gasförmiger und flüssiger Biomasse erfüllt, sind durch eine Bestätigung der Brennstofflieferantin oder des Brennstofflieferanten die fossilen und regenerativen Anteile der jeweils gelieferten Brennstoffe sowie beim Bezug gasförmiger Biomasse die Erfüllung der in Kapitel 6.3 Absatz 6 und beim Bezug flüssiger Biomasse der in Kapitel 6.3 Absatz 7 genannten Anforderungen nachzuweisen. Die der erstmaligen Abrechnung der Brennstofflieferung folgenden Bestätigungen sind auf Anforderung vorzulegen. Die Bestätigungen sind fünf Jahre aufzubewahren.

(4) Bei Erfüllung der Pflicht durch das Erstellen eines Sanierungsfahrplans erfolgt der Nachweis durch dessen Vorlage.

(5) Bei einer Quartierslösung erfolgt der Nachweis durch die Vorlage folgender Dokumente:

a) Quartierskonzept und geeignete Planungsunterlagen (Beschreibung des Ausgangszustands des Quartiers, Berechnung der energetischen Kennwerte der erfassten Gebäude, Planungsdaten für das Wärmenetz, Wärmeschutzkonzept, detaillierter Zeitplan für die Realisierung der Quartierslösung). Der Nachweis erfolgt durch einen Sachkundigen.

b) Schriftliche Vereinbarung der am Quartierskonzept involvierten Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer zur Umsetzung des gemeinsamen Quartierskonzepts innerhalb der Umsetzungsfrist.

c) Wärmeliefervertrag mit einem Wärmeversorgungsunternehmen für alle durch die Quartierlösung erfassten Gebäude inkl. Nachweis, dass die gelieferte Wärme (insbesondere deren Erzeugung) die Qualitäten aufweist, die dem Quartierskonzept zu Grunde liegt.

6.6.3. Zuständige Behörde, Aufgaben des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers

(1) Sachlich zuständig sind die Bezirks- und Ortsämter. Sie überwachen die Einhaltung der Nutzungs- und Nachweispflichten sowie der Hinweispflichten nach diesem Gesetz. Sie unterliegen für den Vollzug dieses Gesetzes der Fachaufsicht der zuständigen Behörde.

(2) Die bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerinnen und Bezirksschornsteinfeger haben Namen und Adressen der Eigentümerinnen und Eigentümer, deren Heizanlagen ausgetauscht wurden, den verwendeten Brennstoff sowie das Datum der Abnahmebescheinigung innerhalb von drei Monaten nach Abnahme an die zuständige Behörde zu übermitteln. In Fällen, in denen keine Abnahme erforderlich ist, haben die bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerinnen und Bezirksschornsteinfeger Namen und Adressen der Eigentümer, deren ursprüngliche, nach der Kehr- und Überprüfungsordnung überwachungspflichtige Heizanlage stillgelegt und durch eine nicht der Abnahmepflicht unterliegende Anlage ersetzt wird, innerhalb von 3 Monaten ab Kenntnis an die zuständige Behörde zu übermitteln.

(3) Kommen Verpflichtete ihrer Nachweispflicht gemäß Kapitel 6.6.2 nicht nach, kann die zuständige Behörde die Vorlage des Nachweises anordnen. Kommen Verpflichtete ihrer Nutzungspflicht nach § 17 HmbKliSchG nicht nach, kann die zuständige Behörde die Erfüllung der Nutzungspflicht anordnen.

(4) Die für die Fachaufsicht zuständigen Behörden können den nachgeordneten Behörden unbeschränkt Weisung erteilen.

(5) Die unteren Baurechtsbehörden sind verpflichtet, in anonymisierter Form aus den nach Absatz 2 übermittelten Angaben der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger und die gemäß Kapitel 6.6.2 vorgelegten Nachweise die Art und Anzahl der gemeldeten Heizungsaustauschfälle, der Nachweise zur Erfüllung der Nutzungspflicht nach § 17 HmbKliSchG, der Ausnahmen und Befreiungen sowie der Bußgeldverfahren der für die Fachaufsicht zuständigen Behörde zu übermitteln.

6.6.4. Hinweispflicht

(1) Die Sachkundigen haben die Verpflichteten auf ihre Pflichten nach § 17 HmbKliSchG sowie auf die verschiedenen Möglichkeiten der Erfüllung hinzuweisen, wenn sie für die Verpflichteten Aufgaben im Zusammenhang mit der Bereitstellung oder dem Austausch einer Heizanlage wahrnehmen oder mit der Erfüllung der Nutzungspflicht beauftragt werden. Zur Erfüllung der Hinweispflicht genügt es, wenn die Sachkundigen den Verpflichteten ein entsprechendes Merkblatt übergeben.

7. Referenzen

Bafa (2020). KWK-Anlagen bis 50 kWel – KWK-Zuschlag. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Braun, F. G. (2010). Determinants of households' space heating type : A discrete choice analysis for German households. Energy Policy, 38(10).

Bund Technischer Experten (BTE) (2008). Lebensdauer von Bauteilen, Zeitwerte.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2010). Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung; Ingenieurbüro Petereit; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) & Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Mitarbeiter) (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Hrsg.) (2011). Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland, BBSR. BMVBS-Online-Publikation: 16/2011.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWI) (Hrsg.) (2015). Energieeffizienzstrategie Gebäude. Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand, Berlin.

Fichtner, Fraunhofer ISE, TFZ, Qconcept Energy, DBI-Gas- und Umwelttechnik GmbH, & IE Leipzig (2019). Evaluation des Marktanreizprogramms zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt im Förderzeitraum 2015 bis 2018 (Nummer November).

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE) (2020). Wärmepumpen in Bestands-gebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt "WPsmart im Bestand".

Gerbert, P.; Herhold, P.; Burchardt, J.; Schönberger, S.; Rechenmacher, F.; Kirchner, A.; Kemmler, A. & Wünsch, M. (2018). Klimapfade für Deutschland (BCG; Prognos) (Bundesverband der deutschen Industrie (BDI), Hrsg.). Berlin, Basel, Hamburg, München: The Boston Consulting Group (BCG); Prognos.

HafenCity University (2020). Dokumentation zu den Wohngebäudetypen des Hamburger Wärmekatasters und des GEWISS-Projekts sowie Vergleich mit den Daten des Ecofys/Navigant-Gutachtens von September 2019.

ifeu; Öko-Institut; Econsult & Fraunhofer ISI (2018). Evaluation des Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG).

Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu); nova-Institut; Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES) & Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2017). Biomassekaskaden. Mehr Ressourceneffizienz durch stoffliche Kaskadennutzung von Biomasse - von der Theorie zur Praxis. Endbericht (UBA Texte 53/2017), Dessau-Roßlau.

IWU (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden (zweite erweiterte Auflage).

Juhrich, K. (2016). CO2-Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Climate Change 27/2016), Dessau-Roßlau.

Klauß, S. (2010). Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit. Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.

Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Hamburg (2018). Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks 2018.

Maas, A., & Schlitzberger, S. (2017). EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen (BBSR (Hrsg.)). Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

Michelsen, C. C., & Madlener, R. (2012). Homeowners' preferences for adopting innovative residential heating systems: A discrete choice analysis for Germany. Energy Economics, 34(5).

Öko-Institut; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) & IREES (2020). Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Politikszenarien IX.

Öko-Institut & Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) (Hrsg.) (2015). Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; (2. Aufl.), Berlin.

Öko-Institut e.V. & Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE) (2017). Klimaneutraler Gebäudebestand 2050. Energieeffizienzpotentiale und die Auswirkungen des Klimawandels auf den Gebäudebestand. Endbericht (Umweltbundesamt (UBA), Hrsg.) (Climate Change 11/2017). Dessau-Roßlau: Öko-Institut; Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE).

PwC (2019). Evaluation der Energieberatung für Wohngebäude (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Hrsg.).

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2020). Für eine entschlossene Umweltpolitik in Deutschland und Europa- Kurzfassung.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2016). Mikrozensus-Zusatzerhebung 2014 - Bestand und Struktur der Wohneinheiten; Wohnsituation der Haushalte - Fachserie 5 Heft 1 - 2014.

Steinbach, J., & Staniaszek, D. (2015). Discount rates in energy system analysis Discussion Paper.

Stieß, I., van der Land, V., Birzle-Harder, B., & Deffner, J. (2010). Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung - Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern. In Forschungsprojekt ENEF Haus.

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2014). Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050 (Climate Change 07/2014), Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2019). Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2018 (Climate Change 10/2019), Dessau.