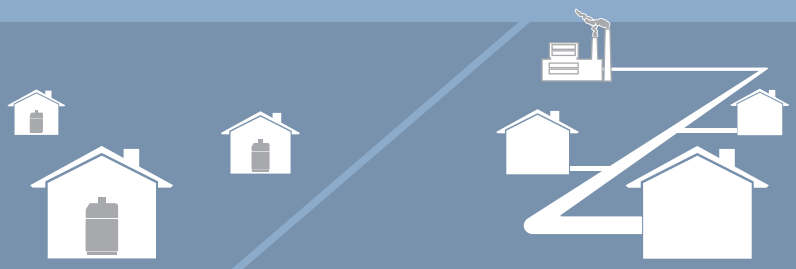
Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt

Vergleichende Studie aus energetischer und ökonomischer Sicht



Autoren: Prof. Dr. Andreas Pfnür, Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska, Dipl.-Ing. Bettina Mailach, Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz

© Darmstadt, Dresden, 04. August 2016
Veröffentlicht im September 2016

DURCHFÜHRUNG DER STUDIE:

Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz,
Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska &
Dipl.-Ing. Bettina Mailach
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
info@itg-dresden.de
www.itg-dresden.de

Prof. Dr. Andreas Pfnür
Forschungscenter Betriebliche Immobilienwirtschaft FBI an der
Technischen Universität Darmstadt
pfnuer@bwl.tu-darmstadt.de
www.immobilien-forschung.de

ERSTELLT IM AUFTRAG VON:

www.bdh-koeln.de

www.zukunftsheizen.de

www.zvshk.de

www.depv.de

www.hki-online.de

www.proschornstein.de

Projektkoordination: Dipl.-Ing. Rainer Stangl (IWO)
© Titelfoto: IWO

Inhalt

1 Einführung ... 4

2 Der deutsche Wärmemarkt im Spannungsfeld technologischer, ökologischer, ökonomischer und sozialer Herausforderungen ... 7

2.1 Gebäudebestand ... 7

2.2 Technologien der Wärmeversorgung und deren Energieeffizienz ... 9

2.2.1 Energieträger für Wärmeerzeuger ... 9

2.2.2 Wärmeerzeuger, Zusammenwirken Heizung und WW ... 16

2.2.3 Rahmenbedingungen für Wärmeerzeuger ... 18

2.3 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Wärmeversorgung ... 18

2.4 Rechtliche Rahmenbedingungen ... 24

2.4.1 Rechtlicher Rahmen des Klimaschutzes in der Wohnungswirtschaft ... 24

2.4.2 Besondere Regelungen der Fernwärmeversorgung ... 25

2.4.3 Rechtsrahmen und praktische Umsetzung der Vertragsgestaltung ... 27

2.5 Ökonomische Bedeutung der Fernwärme in Deutschland ... 29

2.5.1 Status quo und Entwicklungsperspektiven der Anbieter ... 29

2.5.2 Ökonomische Bedeutung der Fernwärmeversorgung für die Haushalte ... 32

2.6 Status quo der politischen Diskussion um Nah- und Fernwärme ... 38

2.6.1 Diskussion der Fernwärme aus Sicht von Planung, Bau und Betrieb ... 39

2.6.2 Diskussion der Fernwärme aus Sicht der Nutzer ... 40

2.6.3 Diskussion der Fernwärme aus Sicht der Eigentümer ... 41

3 Darstellung typischer Fern- und Nahwärmekonzepte anhand von praktischen Beispielen 43

3.1 Einführende Bemerkungen ... 43

3.2 Typische Fern- und Nahwärmeversorgungskonzepte ... 44

3.2.1 Fernwärme aus KWK ... 44

3.2.2 Fernwärme aus industrieller Abwärme ... 46

3.2.3 Nahwärme aus Biomasse ... 47

3.3 Thermische Verluste von Nah- und Fernwärmenetzen ... 48

3.3.1 Durchschnittliche Wärmeverluste ... 48

3.3.2 Wärmeverluste in Abhängigkeit von Wärmebedarfsdichten ... 50

3.3.3 Einfluss der Wärmeverluste auf Fernwärmepreis ... 51

3.4 Technisches Potenzial der Fern-/Nahwärmekonzepte ... 53

3.5 Potenzial tatsächlich vorhandenen Wärmesenken für die zentrale Wärmeversorgung in Deutschland ... 53

3.6 Kosten für den Bau eines neuen Nah-/Fernwärmenetzes bzw. eine Erweiterung von Bestandsnetzen ... 54

4 Energetische und ökologische Bewertung von zentralen vs. dezentralen Wärmeversorgungskonzepten, Stärken und Schwächen der Konzepte ... 57

4.1 Nutzenunterschiede zwischen netzgebundener und gebäudeweiser Wärmeversorgung aus Sicht der Akteure ... 57

4.2 Randbedingungen der Bewertung ... 57

4.2.1 Repräsentative Fallbeispiele ... 57

4.2.2 Typische gebäudeweise Versorgungskonzepte ... 60

4.2.3 Randbedingungen für die Ergebnisdarstellung ... 62

4.3 Energetische und ökologische Bewertung – Status quo ... 67

4.3.1 Einführende Bemerkungen ... 67

4.3.2 Endenergieverbrauch ... 69

4.3.3 Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen ... 70

4.3.4 Anteil erneuerbarer Energien ... 73

4.3.5 Fazit ... 75

4.4 Energetische Bewertung – zukünftig ... 79

4.4.1 Einführende Bemerkungen ... 79

4.4.2 Einfluss der Netzverluste ... 79

4.4.3 Zusätzlicher Einfluss der Allokationsmethode ... 80

4.4.4 Einfluss des Verdrängungsstrommixes ... 82

4.4.5 Primärenergiefaktoren – Ausblick in die Zukunft ... 83

5 Wirtschaftlichkeit von Fern- und Nahwärmekonzepten aus Sicht der beteiligten Akteure 84

5.1 Vorgehensweise und Methodik zur Berechnung der ökonomischen Wirkungen netzgebundener Wärmekonzepte ... 84

5.1.1 Projektbezogene Darstellung aller Zahlungen der Wärmeversorgung in einem vollständigen Finanzplan ... 84

5.1.2 Vollständige Finanzplanungen aus Sicht der Eigentümer ... 87

5.1.3 Vollständige Finanzplanungen aus Sicht der Mieter ... 89

5.1.4 Vollständige Finanzplanungen aus Sicht der Selbstnutzer ... 90

5.2 Prämissen und Eingangsdaten der Wirtschaftlichkeitsrechnung ... 91

5.2.1 Grundlegendes Verständnis der finanzwirtschaftlichen Modellierung ... 91

5.2.2 Struktur der vollständigen Finanzplanung ... 92

5.2.3 Finanzwirtschaftliche Prämissen ... 92

5.2.4 Renditeerwartungen der Eigenkapital gebenden Hauseigentümer ... 93

5.2.5 Preissteigerung und Preisindizes ... 94

5.2.6 Umlage der Investitionskosten in vermieteten Objekten ... 94

5.3 Berechnungsergebnisse ... 96

5.3.1 Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung auf der Projektebene ... 96

5.3.2 Wirtschaftlichkeit in vermieteten Objekten ... 100
5.3.3 Wirtschaftlichkeit in selbstgenutzten Objekten ... 104
5.3.4 Renditen der Erneuerungsinvestitionen im Überblick ... 106
5.3.5 Robustheit der Berechnungsergebnisse - Sensitivitätsanalyse ... 108
5.4 Interpretation der Ergebnisse ... 114
5.4.1 Bezugsgröße Endenergie ... 115
5.4.2 Bezugsgröße Primärenergie ... 116
5.4.3 Bezugsgröße CO_2 ... 117
5.4.4 Situation im Neubau ... 119
5.5 Zwischenergebnis ... 121
6 Volkswirtschaftliche Bewertung netzgebundener und dezentraler Wärmekonzepte im Vergleich ... 126
6.1 Auswirkungen der Untersuchungsergebnisse auf unterschiedliche Versorgungsgebiete 126
6.1.1 Hochrechnung nach Versorgungsgebieten ... 126
6.1.2 Einfluss von Versorgungsdichte auf Netzverluste und Wirtschaftlichkeit ... 130
6.2 Vergleichende gesamtwirtschaftliche Bewertung zentraler und dezentraler Wärmesysteme ... 132
6.2.1 Hochrechnung gesamtwirtschaftlicher Auswirkungen der Musterrechnungen ... 132
6.2.2 Volkswirtschaftliche Effekte zentraler und dezentraler Wärmesysteminvestitionen im Vergleich ... 137
6.3 Politikansätze im Spannungsfeld zwischen dezentraler Wärmesystemerneuerung und Wärmenetzen ... 138
6.3.1 Status quo öffentlicher Förderung von Nah- und Fernwärme ... 138
6.3.2 Implikationen für den Einsatz von Fördermitteln in netzgebundenen Wärmeversorgungskonzepten durch die öffentliche Hand ... 141
6.3.3 Strategieansätze für eine auf Investitions- und Fördereffizienz gerichtete Sanierungspolitik ... 147
7 Zentrale Ergebnisse ... 149
8 Glossar ... 153
9 Literaturverzeichnis ... 154
Anhang ... 158

1 Einführung

Verfasser: Bert Oschatz, Andreas Pfnür, Bernadetta Winiewska

Mit dem Energiekonzept hat die Bundesregierung eine relativ klare Vorgabe für die zukünftige Energieversorgung in Deutschland gemacht. Sie soll umweltschonend, zuverlässig und bezahlbar sein. Entsprechend dem Energiekonzept sollen bis 2020 die Treibhausemissionen in Deutschland um 40 % und bis 2050 um mindestens 80 % - jeweils gegenüber 1990 – reduziert werden. Der Primärenergieverbrauch soll bis 2020 um 20 % und bis 2050 um 50 % - jeweils gegenüber 2008 - sinken. Weiterhin soll bis 2020 der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch 18 % und bis 2050 rund 60 % betragen.

Zusätzlich zu den übergreifenden Zielsetzungen definiert die Bundesregierung für den Gebäudebereich sektorspezifische Ziele, da auf den Wärmemarkt im Gebäudebereich rund 40 % des deutschen Endenergieverbrauchs und etwa ein Drittel der CO_2-Emissionen entfallen. Bis 2020 ist in diesem Bereich bereits eine signifikante CO_2-Emissionsminderung geplant und bis 2050 soll eine Senkung des Primärenergiebedarfes um 80 % im Wärmemarkt erfolgen. Als mittelfristiges Zwischenziel soll der Verbrauch bis zum Jahr 2020 um 20 % gesenkt werden. Dieses mittelfristige 20-% Ziel hat das Bundeskabinett im Dezember 2014 im „Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE)“ und im „Aktionsprogramm Klimaschutz 2020“ noch einmal bekräftigt und konkretisiert. Zur Durchsetzung dieser Ziele wurde ein dualer Strategieansatz gewählt. Einerseits soll der Anteil der eingesetzten erneuerbaren Energien wachsen, andererseits der Energiebedarf verringert werden. Die Strategie der Verringerung des Energiebedarfs zielt vor allem auf eine höhere Effizienz in der Erzeugung, Verteilung und Nutzung der Energie ab. Die Verringerung des Energieverbrauchs durch die Absenkung der Raum- und Wassertemperaturen treten demgegenüber in den Hintergrund, da diese für die Verbraucher kaum akzeptabel sein dürften.

Als Maßstab zur Messung der Zielerreichung und damit auch der Effizienz dient der Primärenergieverbrauch. Diese Größe gibt an, wie viel an Energie notwendig ist, um die benötigte Energie zur Verfügung zu stellen, zu verteilen und in Form von „Endenergie“, wie z. B. elektrischem Strom aus der Steckdose, für den Verbraucher nutzbar zu machen.[1] Die bislang vorliegenden Studien zum Status quo der Energieeffizienz im Gebäudebestand deuten auf große Potenziale sowohl in der Erzeugung als auch in der Verteilung und Nutzung der zur Schaffung von Hauswärme eingesetzten Energie hin.[2]

Vor dem Hintergrund der politischen Ziele kommen in letzter Zeit vermehrt Überlegungen auf, die Energieeffizienz durch den Einsatz von zentraler netzgebundener Wärmeversorgung zu steigern. Da-

[1] Vgl. NAPE (2014), S. 8 ff.
[2] Vgl. NAPE (2014), S. 12 ff.

bei wird im Folgenden unter zentraler Wärmeversorgung die Wärmeversorgung aus Nah-/Fernwärmenetzen verstanden. Mit dezentraler gebäudeweiser Wärmeversorgung wird die Wärmeerzeugung im Gebäude selbst (gebäudeintegriert oder in unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude) verstanden. Die zentrale Wärmeversorgung bietet einerseits zum Beispiel durch die Nutzung von bislang selten genutzter industrieller Abwärme oft große Potenziale, die Effizienz in der Wärmeerzeugung zu steigern. Andererseits treten bei zentralen Wärmeversorgungssystemen mehr oder weniger große Netzverluste auf. Offensichtlich ist auch, dass das Effizienzsteigerungspotenzial von zentralen Wärmesystemen vom Status quo des betrachteten Falles im Hinblick auf die bislang oder durch alternative Maßnahmen zu erreichende Effizienz von Erzeugung, Verteilung und Nutzung der Wärme abhängt. Ein Passivhaus bietet hier naturgemäß andere Effizienzsteigerungspotenziale als ein energetisch bislang unzureichend sanierter Plattenbau der 50er Jahre.

Erstes Ziel dieser Studie ist es zu zeigen, ob und unter welchen Bedingungen dezentrale und zentrale Wärmeversorgungssysteme einen bedeutsamen Beitrag zur Erreichung der Effizienz- und Klimaziele leisten können.

Die Erfahrungen der energetischen Gebäudesanierung machen grundsätzlich deutlich, dass die Steigerung der Energieeffizienz mit hohen Investitionen verbunden ist. Die durch höhere Effizienz der Energiesysteme erzielbaren laufenden Energiekosteneinsparungen reichen in vielen Fällen nicht aus, um die Investitionen in einem wirtschaftlich angemessenen Zeitraum zu refinanzieren.[3] Je höher die Effizienzziele der Energieeinsparinvestitionen gesteckt werden, desto wahrscheinlicher ist deren Unwirtschaftlichkeit. Die Folge sind zusätzliche Kosten der energetischen Gebäudesanierung, die unmittelbar die Kosten des Wohnens erhöhen.[4]

Insbesondere auch vergleichsweise technisch aufwendige zentrale Wärmeversorgung verursacht hohe Investitionen, deren Wirtschaftlichkeit regelmäßig großen Risiken unterliegt. Wie bei der energetischen Gebäudesanierung im Allgemeinen so stellt sich auch bei der Investition in zentrale Wärmeversorgungssysteme im Besonderen die Frage der Lastenverteilung: Wie hoch sind die Kostenanteile die der Investor zu übernehmen hat? Welche Kostenanteile kann der Investor auf den Nutzer des Gebäudes als Abnehmer der Wärme abwälzen? Und welchen Anteil der Investitionskosten werden durch öffentliche Förderung ausgeglichen?

Zweites Ziel dieser Studie ist es zu zeigen, unter welchen Bedingungen der Einsatz von dezentraler und zentraler Wärmeversorgung für die Akteursgruppen wirtschaftlich ist.

Der Betrachtungsgegenstand dieser Studie sind Wohngebäude. Die rund 18 Mio. Wohngebäude verbrauchen rund 60 % der im Gebäudebestand verbrauchten Energie. Auf die rund 1,7 – 3 Mio. Nicht-

[3] Vgl. z.B. Pfnür/Müller/Weiland (2010); Rehkugler et al (2012); Pfnür/Müller (2013).
[4] Vgl. Pfnür/Müller/Weiland (2010).

Wohngebäude entfallen die verbleibenden 40 %, die hier nur in besonderen Fällen in die Untersuchung einbezogen werden.[5]

[5] Vgl. zu den Zahlen BMWI, AG Energiebilanzen.

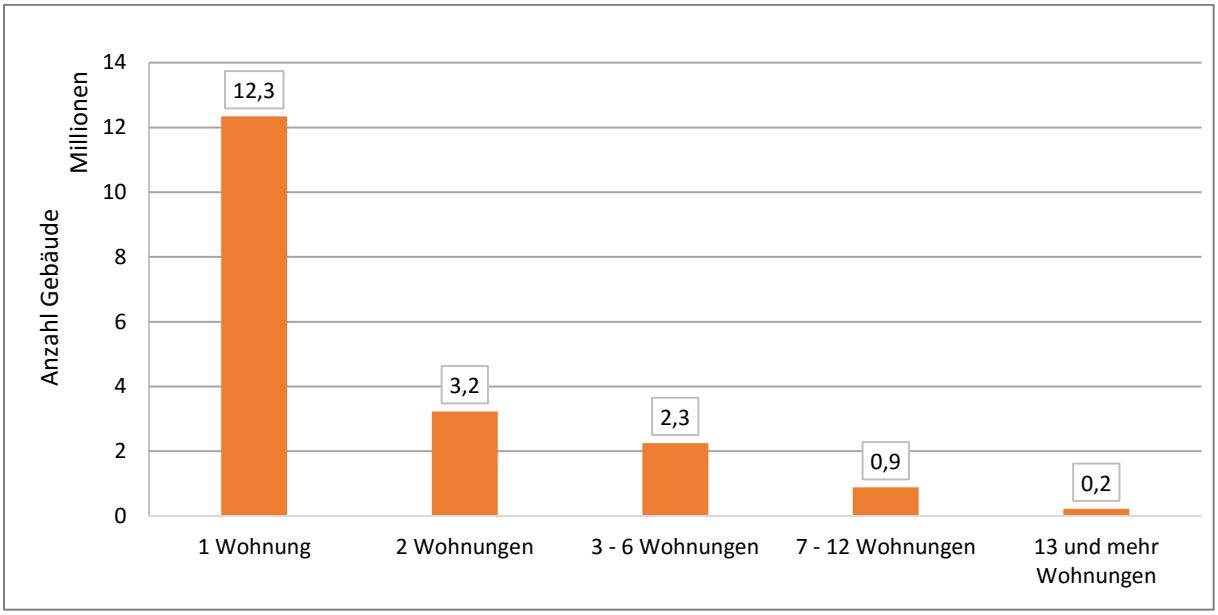
2 Der deutsche Wärmemarkt im Spannungsfeld technologischer, ökologischer, ökonomischer und sozialer Herausforderungen

Verfasser: Bert Oschatz, Andreas Pfnür, Bernadetta Winiewska

2.1 Gebäudebestand

Der Gebäudebereich wird in Deutschland durch Wohngebäude und Gebäude mit wohnähnlicher Nutzung dominiert. Nach Zensus überwiegen dabei mit einer Anzahl von über 15 Millionen Gebäude mit ein bis zwei Wohneinheiten. Der Anteil von Gebäuden mit drei und mehr Wohneinheiten wird für das Jahr 2011 mit ca. 18 % beziffert (s. Abbildung 1).

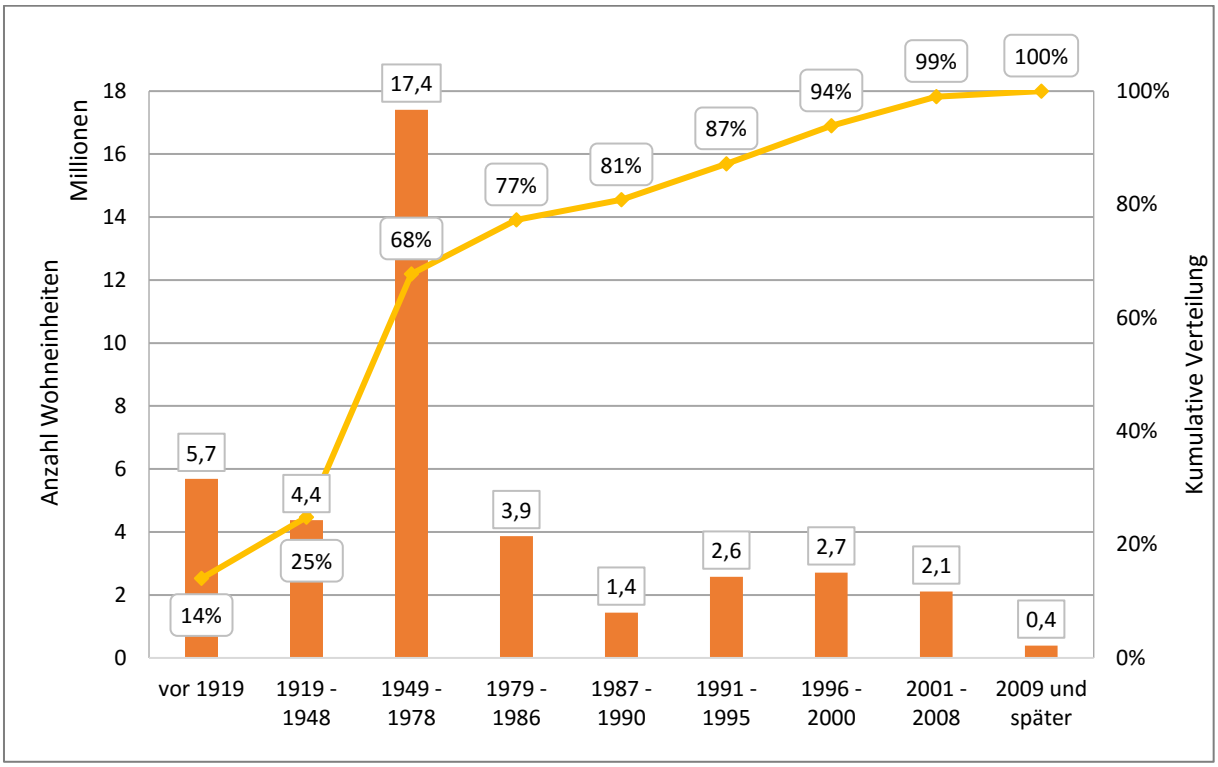
Abbildung 1: Gebäudebestand in Deutschland nach Anzahl der Wohneinheiten



Quelle der Zahlenwerte: Statistisches Bundesamt (2014)

Betrachtet man den Gebäudebestand in Deutschland hinsichtlich des Baujahrs wird deutlich, dass knapp 70 % der Wohngebäude vor der ersten Wärmeschutzverordnung und der ersten Heizungsanlagen-Verordnung errichtet wurden. Nach Schätzungen ist etwa die Hälfte davon noch nicht oder nur teilweise saniert. Die Neubauten, die nach dem Inkrafttreten der ersten Energieeinsparverordnung fertiggestellt wurden, weisen dagegen einen vergleichsweise geringen Anteil von ca. 5 % am gesamten Wohngebäudebestand in Deutschland aus (s. Abbildung 2).

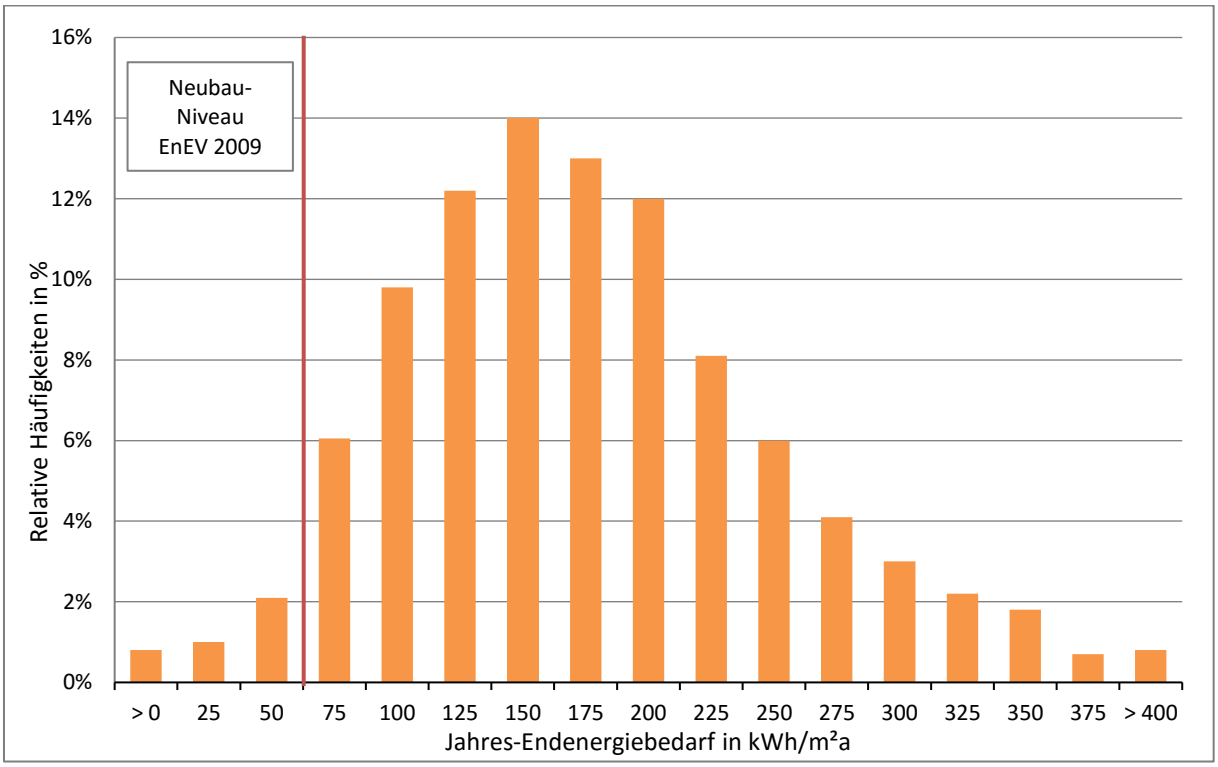
Abbildung 2: Gebäudebestand in Deutschland nach Baujahr



Quelle der Zahlenwerte: Statistisches Bundesamt (2014)

Der Heizwärmebedarf der Gebäude macht deutlich, dass sich der bauliche Wärmeschutz von neu errichteten Gebäuden im Regelfall an den verordnungsrechtlichen Vorgaben orientiert (vgl. Abschnitt 2.4.1). In Folge der mehrfach verschärften gesetzlichen Regelungen ist der Heizwärmebedarf der Neubauten zwar deutlich gesunken, hinsichtlich des Endenergieverbrauches (Heizung und Trinkwassererwärmung) liegt der Großteil der Bestandsgebäude aber über dem EnEV-Neubau-Niveau (s. Abbildung 3). Im deutschen Wohngebäudebestand überwiegen daher energetisch unsanierte bzw. teilsanierte Gebäude.

Abbildung 3: Wohnflächenbezogener Jahres-Endenergieverbrauch des deutschen Wohngebäudebestandes



Quelle der Zahlenwerte: dena (2012)

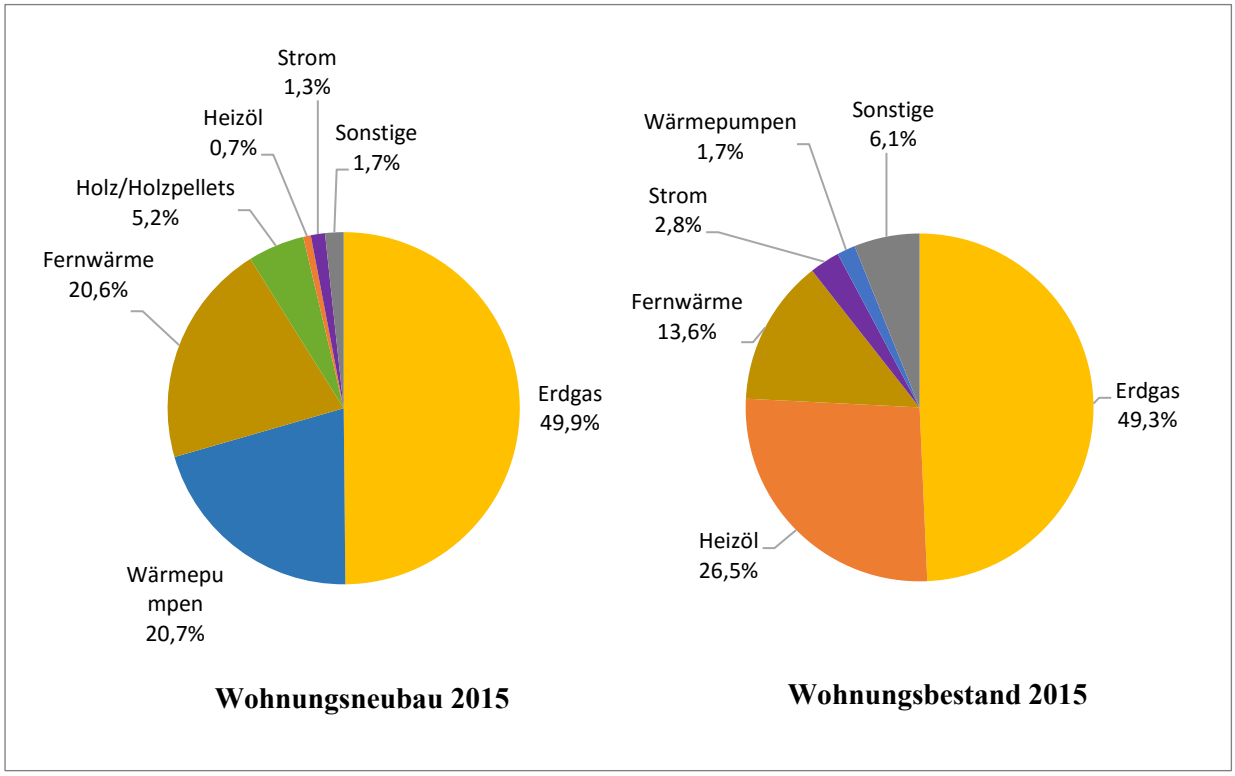
2.2 Technologien der Wärmeversorgung und deren Energieeffizienz

2.2.1 Energieträger für Wärmeerzeuger

Als Energieträger für die Beheizung und Warmwasserversorgung von Wohngebäuden kommt in Deutschland am häufigsten Erdgas zum Einsatz. Etwa die Hälfte der Bestandsgebäude und auch die Hälfte der Neubauten werden damit versorgt. Im Gebäudebestand liegt an zweiter Stelle Heizöl mit einem Anteil von etwa 27 %, im Neubau spielt Heizöl hingegen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Strom wird in 20 % der Neubauten für Wärmepumpen eingesetzt. Im Bestand gibt es etwa 4,5 % Heizungen auf Strombasis, im Gegensatz zum Neubau sind dabei relativ viele Elektro-Nachtspeicherheizungen zu finden. Fernwärme ist sowohl im Neubau als auch im Bestand anzutreffen. Holz wird als Hauptenergieträger im Neubau überwiegend in Form von Pellets eingesetzt, im Gebäudebestand vor allem in Form von Stückholz als Zusatzheizung in Öfen und Kaminen.

Die Verteilung der Energieträger im Wohngebäudeneubau und -bestand im Jahr 2014 ist in Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 4: Energieträger für beheizte Wohnungen in Deutschland



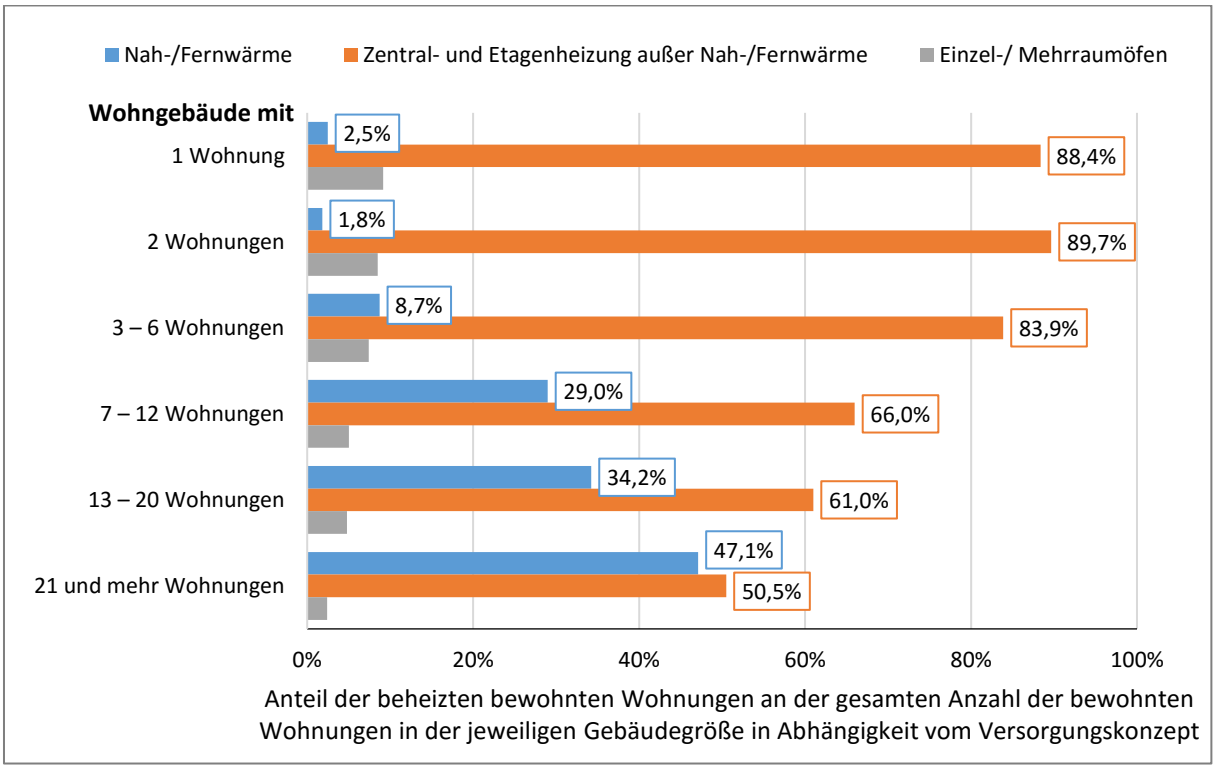
Quelle der Zahlenwerte: BDEW, Stand Bestand: 01/2016, Neubau: 04/2016

In größeren Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden dominieren Erdgas und Heizöl, und, soweit verfügbar, Fernwärme. Der Anteil der mit Fernwärme beheizten bewohnten Wohnungen an der gesamten Anzahl der bewohnten Wohnungen in der jeweiligen Gebäudegröße im Vergleich zu gebäudeweisen Wärmversorgungskonzepten (Zentral- und Etagenheizung außer Fernwärme) stellt folgende Abbildung dar. Anders als bei größeren Mehrfamilienhäusern kommen in Ein- und Zweifamilienhäuser fast ausschließlich gebäudeweise Versorgungskonzepte zum Einsatz. Der Anteil der Fernwärme an beheizten bewohnten Einfamilienhäusern liegt bei ca. 2,5 %. Bei Wohngebäuden mit mehr als 20 Wohnungen sind die Anteile von Fernwärme und von gebäudeweisen Wärmeversorgungskonzepten etwa gleich. Die Anteile von Einzel- und Mehrraumöfen liegen dagegen zwischen 9 % bei Ein-und Zweifamilienhäusern und 2,4 % bei großen Mehrfamilienhäusern.

In Abbildung 6 werden dagegen die Anteile der Versorgungskonzepte nach Bundesländern ausgewiesen, wobei diese stark variieren. In den vier flächenmäßig größten Ländern (Bayern, Niedersachsen, Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfallen) liegt der Anteil der Fernwärme unter 10 %. In den drei Stadtstaaten und den neuen Bundesländern weist die Fernwärme dagegen deutlich höhere Anteile (zwischen 20 % und 40 %) aus.

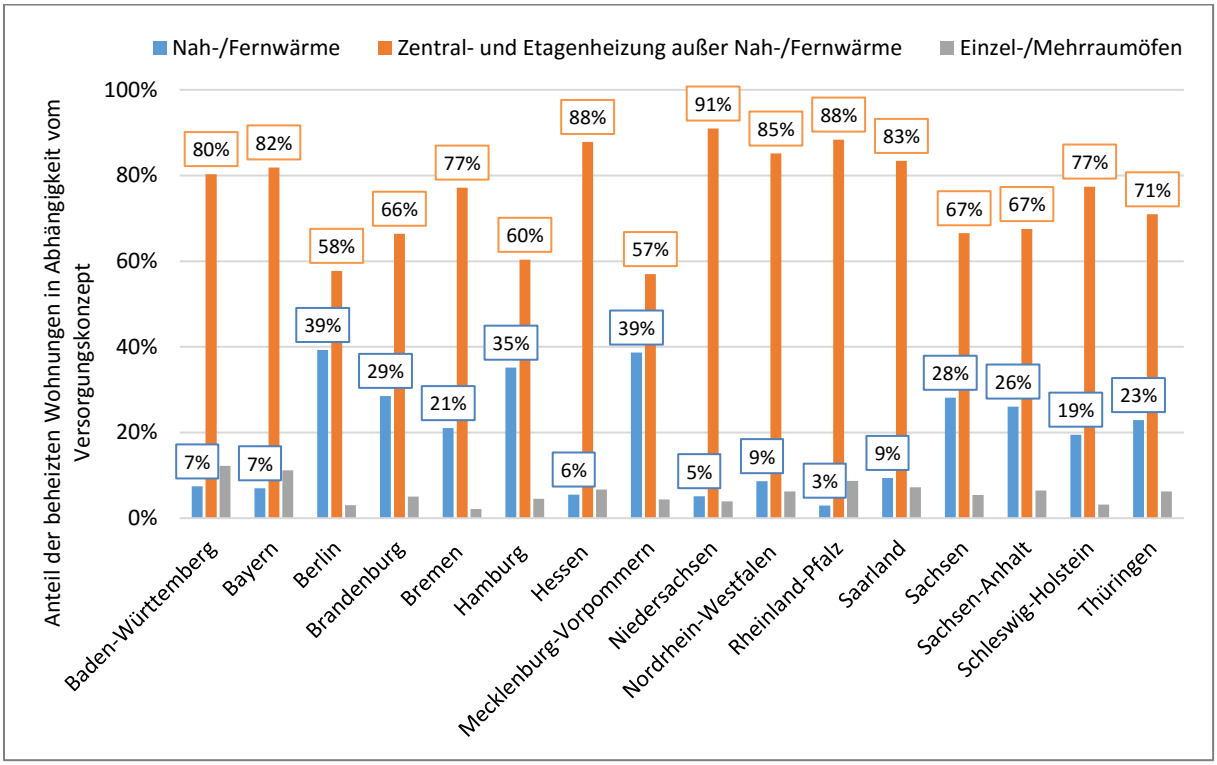
Die Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes und Wohnungsneubaus in Deutschland stellen die Abbildung 7 und Abbildung 8 dar. Dabei wird deutlich, dass die Verhältnisse im Gebäudebestand seit Jahren nahezu unverändert bleiben. Im Neubaubereich ist dagegen eine ausgeprägte Dynamik zu beobachten.

Abbildung 5: Anteil der jeweiligen Versorgungskonzepte an der gesamten Anzahl der bewohnten Wohnungen in Abhängigkeit von der Gebäudegröße



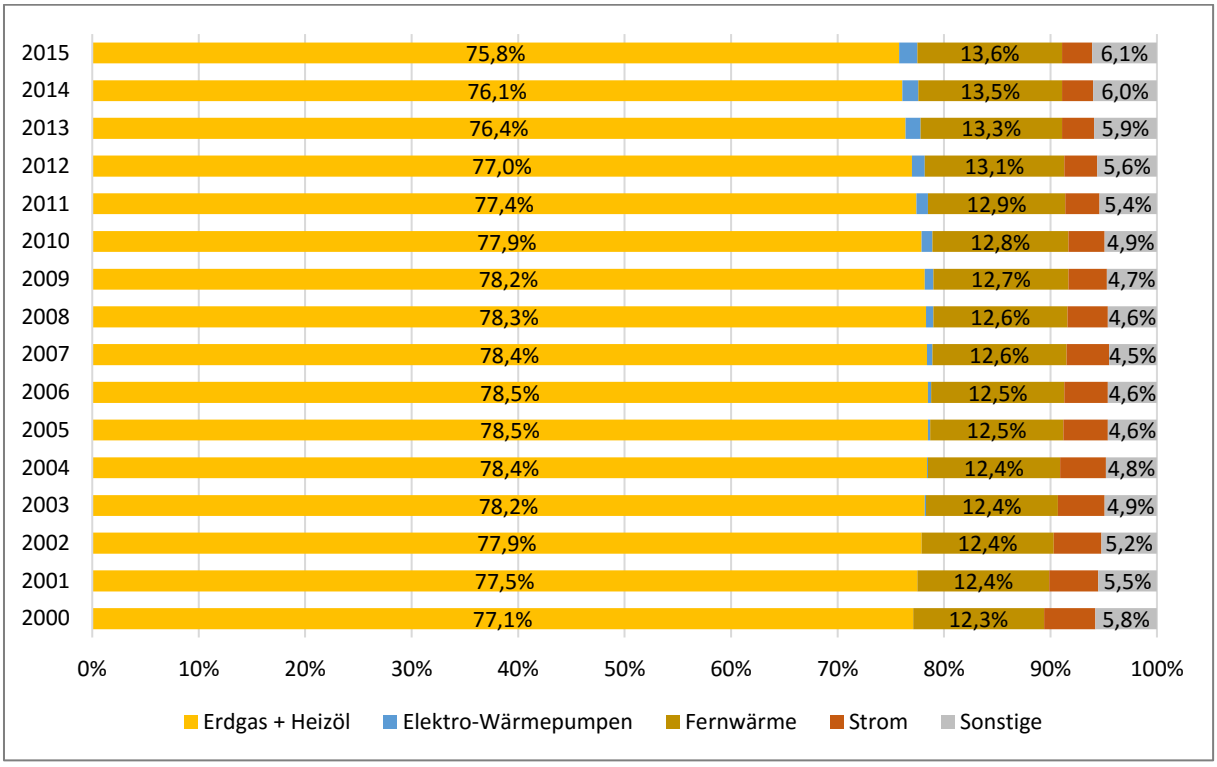
Quelle der Zahlenwerte: Statistisches Bundesamt (2012)

Abbildung 6: Anteil der jeweiligen Versorgungskonzepte nach Bundesländern



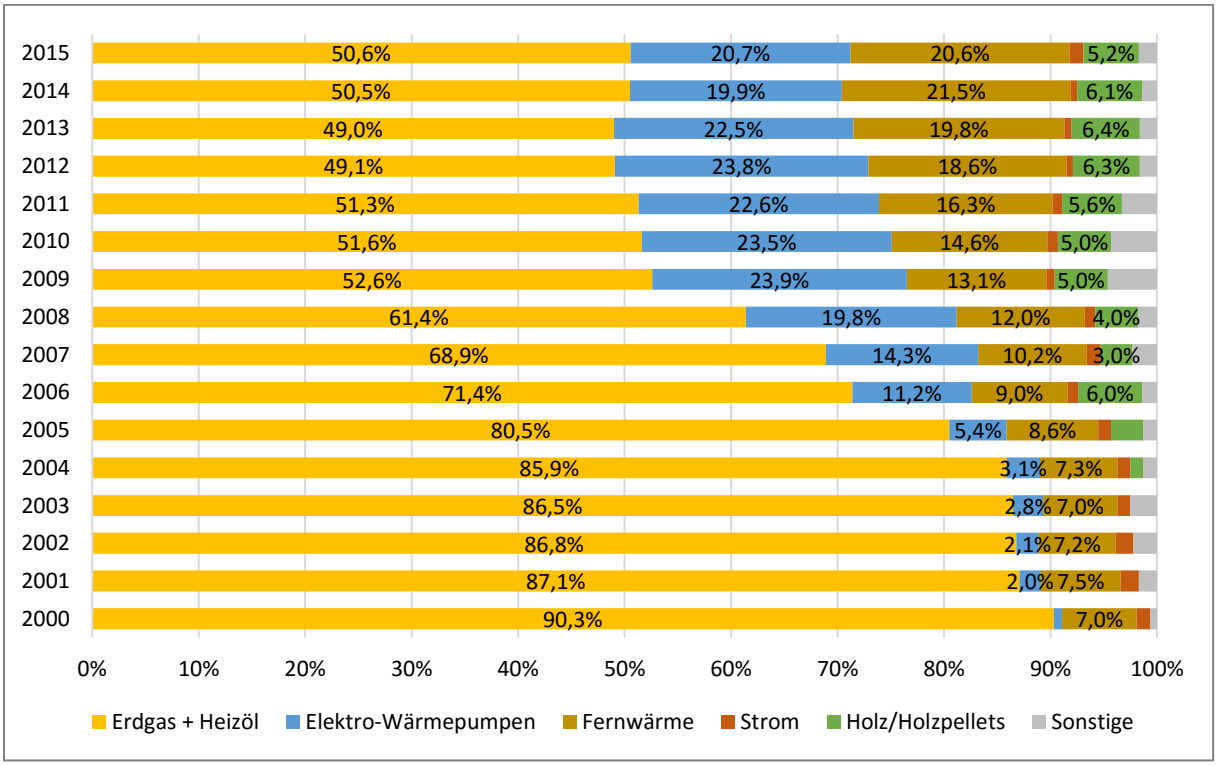
Quelle der Zahlenwerte: Statistisches Bundesamt (2012)

Abbildung 7: Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland



Quelle der Zahlenwerte: BDEW, Stand 01/2016

Abbildung 8: Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau in Deutschland



Quelle der Zahlenwerte: BDEW, Stand 05/2016

Primärenergiefaktoren berücksichtigen gesamte Prozesskette von Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der Energie

Aus Sicht der Energieeinsparung und insbesondere der Erfüllung der Anforderungen von Energieeinsparverordnung (EnEV), Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) sowie für die Gewährung von Fördermitteln beispielsweise für KfW-Effizienzhäuser spielt der Primärenergieeinhalt der Energieträger eine zentrale Rolle. Grundsätzlich setzt sich der gesamte Primärenergiefaktor aus einem nicht erneuerbaren und einem erneuerbaren Anteil zusammen. Die üblichen Anforderungen der EnEV beziehen sich ausschließlich auf den nicht erneuerbaren Anteil. Auch die Förderung für KfW-Effizienzhäuser bezieht sich auf diesen Wert. Im Nachhaltigen Bauen (DGNB- bzw. BNB-System[6]) wird zusätzlich zum nicht erneuerbaren Anteil auch der gesamte Primärenergiebedarf als Bewertungsgröße herangezogen. Tabelle 1 enthält den gesamten und den nicht erneuerbaren Primärenergiefaktor für die gebräuchlichen Energieträger entsprechend DIN V 18599:2011-12.

Die Primärenergiefaktoren werden in weitestgehend analoger Weise auch in der EnEV zur Berechnung des Primärenergiebedarfes eines Gebäudes herangezogen. Unterschiede gibt es lediglich bei der Bewertung von Strom. Infolge der hohen Dynamik bei der Energiewende im Bereich der Stromerzeugung unterliegt insbesondere der nicht erneuerbare Primärenergiefaktor für den allgemeinen Strommix einer starken Veränderung. In der EnEV 2014 ab dem 01. Januar 2016 wird ein nicht erneuerbarer Primärenergiefaktor von 1,8 verwendet.

Tabelle 1: Primärenergiefaktoren von Energieträgern

Energieträger		Primärenergiefaktor insgesamt	Primärenergiefaktor nicht erneuerbar
Erdgas		1,1	1,1
Heizöl		1,1	1,1
Biogas, Bioöl 100%		1,5	0,5
Strom	allgemeiner Strommix	2,8	2,4
	Verdrängungstrommix	2,8	2,8
Fern-/Nahwärme	Heizwerk fossil	1,3	1,3
	KWK fossil	0,7	0,7
	KWK erneuerbar	0,7	0,0
Holz (Pellets)		1,2	0,2
Umweltenergie (Solar-, Erd- und Umweltwärme, Geothermie)		1,0	0,0

Quelle der Zahlenwerte: DIN V 18599-1:2011-12

[6] Beide Bewertungssysteme werden angewendet, um die nachhaltige Qualität der Gebäude nachzuweisen. Das DGNB (Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen) wird für Bauvorhaben von privaten Investoren verwendet. Für öffentliche Bauten wird das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) genutzt. Die beiden Systeme unterscheiden sich inhaltlich nur in kleineren Punkten, beispielsweise in der Festlegung unterschiedlicher Referenzwerte zur Bewertung der nachhaltigen Gebäudequalität.

Zur Erreichung niedriger Primärenergiebedarfswerte sind also vor allem Umweltenergie, erneuerbare Energieträger und Wärme aus KWK geeignet. Aus technischer Sicht und bezüglich der Investitionskosten weisen jedoch die fossilen Energieträger eine Reihe von Vorteilen auf, wie beispielsweise ausgereifte Technik, geringer Platz- und Wartungsbedarf sowie hohe Betriebssicherheit. Sie werden daher auch weiterhin im Neubau - meist in Verbindung mit erneuerbaren Energien (z.B. Solar) - eine wesentliche Rolle spielen. Im Gebäudebestand vollzieht sich der Wechsel auf andere Energieträger noch langsamer als im Neubau (vgl. dazu die Entwicklung der Energieträger im Neubau und Bestand in den letzten Jahren in Abbildung 7 und Abbildung 8).

Dekarbonisierung der Energiewirtschaft rückt CO_2-Emissionen in den Blickpunkt

In engem Zusammenhang zum Primärenergiefaktor stehen die auf eine Kilowattstunde Endenergieinhalt bezogenen CO_2-Emissionen. Die Faktoren sind in Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 2: CO_2-Emissionen von Energieträgern

Energieträger		CO_2-Emissionsfaktor (äquivalent) in g/kWh
Erdgas		242
Heizöl		310
Biogas, Bioöl 100%		73
Strom	allgemeiner Strommix	558
	Verdrängungstrommix	840
Fern-/Nahwärme	Heizwerk fossil	274
	KWK fossil	158
	KWK erneuerbar	0… (<<158)
Holz (Pellets)		12
Umweltenergie (Solar-, Erd- und Umweltwärme, Geothermie)		0

Quelle der Zahlenwerte: Gemis 4.93, AGFW, eigene Abschätzung

Die angegebenen CO_2-Emissionsfaktoren sind überwiegend Standarddaten aus Gemis 4.93[7]. Sie spiegeln mittlere Verhältnisse für Deutschland wieder und berücksichtigen globale Emissionen für Erdgas, Heizöl, Biogas und Pellets. Bei Strom ist sowohl der mittlere Emissionsfaktor für die Stromentnahme aus dem lokalen Stromnetz als auch der Emissionsfaktor für den Verdrängungsmix angegeben. Der Emissionsfaktor von Fernwärme ist stark vom eingesetzten Brennstoff, der Art und den Deckungsanteilen der Wärmeerzeugung sowie den Netzverlusten abhängig.

Generell lässt sich feststellen, dass niedrige Primärenergiefaktoren mit günstigen CO_2-Emissionen korrelieren. Unterschiede gibt es lediglich zwischen Heizöl und Erdgas. Infolge des relativ geringen

[7] Gemis ist ein „Globales Emissions-Modell integrierter Systeme“, mit dem Umweltauswirkungen von Prozessen und Szenarien vor allem im Bereich von Energiesystemen bewertet werden können. Es stellt einen Quasi-Standard in diesem Bereich dar und wird u.a. zur Berechnung von Primärenergiefaktoren im Rahmen der EnEV herangezogen.

Kohlenstoffgehalts von Methan sind die spezifischen CO_2-Emissionen niedriger als bei Heizöl. Bezieht man die Klimaauswirkungen anderer Emissionen ebenfalls mit ein, dann erhält man sogenannte äquivalente CO_2-Emissionen, Erdgas und Heizöl rücken in diesem Fall etwas enger zusammen.

Energiepreise entscheidend für Entwicklung der Wärmekosten

Die erwarteten Energiekosten spielen bei der Auswahl eines Wärmeerzeugers neben den Investitionskosten häufig eine entscheidende Rolle. Auch hier unterscheiden sich die Energieträger sehr wesentlich, aktuelle Werte zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Kosten von Energieträgern, bundesweite Jahres-Mittelwerte im Zeitraum Mai 2015 bis April 2016

Energieträger		Grundpreis EFH	Arbeitspreis
Erdgas		160 €	6,1 ct/kWh
Heizöl		-	5,4 ct/kWh
Strom	Haushaltsstrom	-*)	28,6 ct/kWh
	Wärmepumpentarif	81 €	22,0 ct/kWh
Fern-/Nahwärme		410 €	7,1 ct/kWh
Holzpellets		-	4,9 ct/kWh
*) da ein Haushaltsstromanschluss in jedem Falle vorhanden ist, sind bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von gebäudetechnischen Anlagen keine zusätzlichen Grundkosten für Haushaltsstrom anzusetzen			

Bei leitungsgebundenen Energieträgern (Erdgas, Nah-/Fernwärme, Strom) gibt es i.d.R. einen Grundpreis, der sich nach der angeschlossenen Leistung richtet und unabhängig von der Abnahmemenge zu bezahlen ist. Je höher der Anschlusswert, desto höher ist der Grundpreis. Der auf die Kilowattstunde bezogene Preis (bei leitungsgebundenen Energieträgern der sog. Arbeitspreis) sinkt hingegen mit steigender Abnahmemenge.

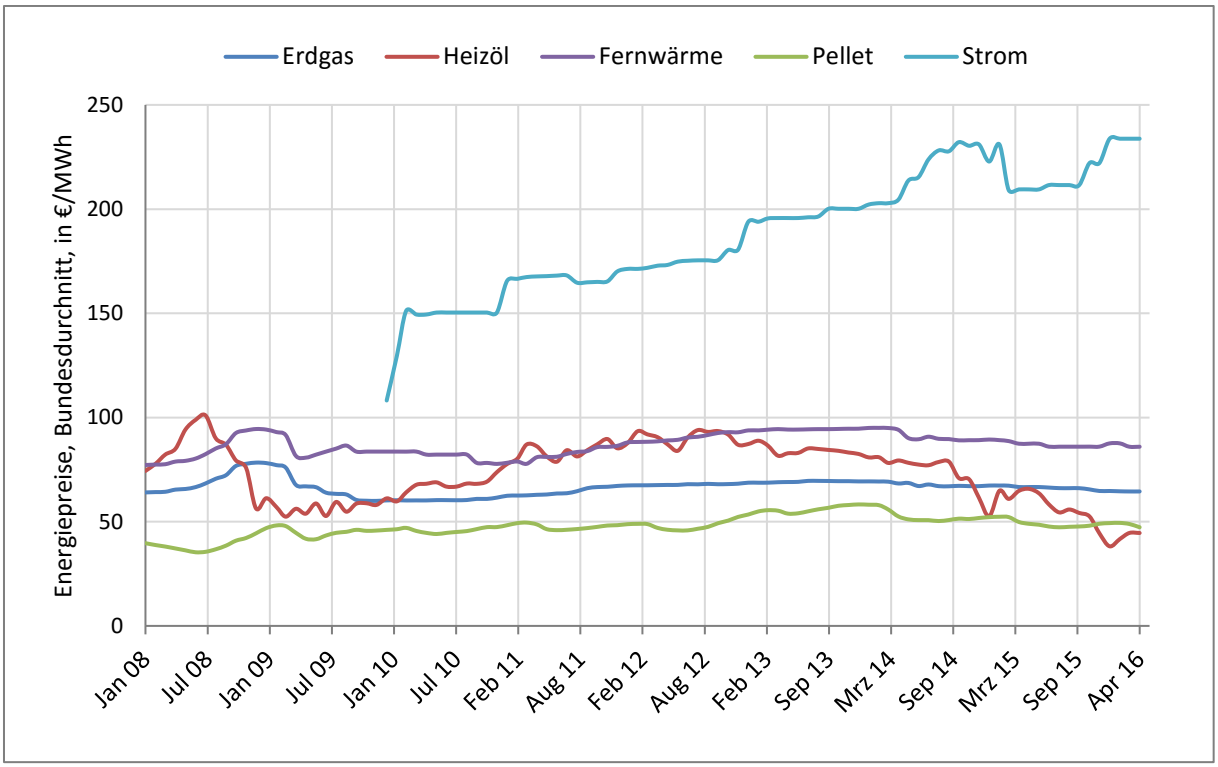
Erdgas- und Ölpreis lagen traditionell meist recht eng beisammen, in jüngster Zeit ist der Ölpreis jedoch wegen einem gewissen Überangebot am internationalen Markt gesunken, der Gaspreis bleibt nahezu unverändert (s. Abbildung 9). Der Preis von Holzpellets liegt deutlich unter dem von Öl und Gas. Der höhere Erzeugungs- und Verteilungsaufwand sowie die erhöhte Besteuerung sorgen für einen wesentlich höheren Preis für eine Kilowattstunde Strom als bei allen anderen Energieträgern. Der Mischpreis von Fernwärme bewegt sich im Bereich von 8 - 9 ct/kWh und liegt damit über dem von Pellet, Heizöl und Erdgas.

Reines Bioöl bzw. Biogas werden bisher am Markt nur selten angeboten, der Preis bewegt sich deutlich über dem des fossilen Produktes.

Langfristig wird üblicherweise von steigenden Energiepreisen ausgegangen, dies ist bei der Entscheidung für eine Versorgungsvariante zu berücksichtigen. Belastbare Aussagen zur Preisentwicklung sind

jedoch nicht möglich, besonders wenn man die Entwicklung des Heizölpreises in den vergangenen Monaten berücksichtigt. In der Vergangenheit sind die Relationen zwischen den Preisen von Erdgas und Fernwärme im Wesentlichen konstant geblieben.

Abbildung 9: Entwicklung der Energiepreise im Bundesdurchschnitt, Mischpreis bei leitungsgebundenen Energieträgern



Quelle der Zahlenwerte: Brennstoffspiegel + Mineralölrundschau, DEPV

2.2.2 Wärmeerzeuger, Zusammenwirken Heizung und WW

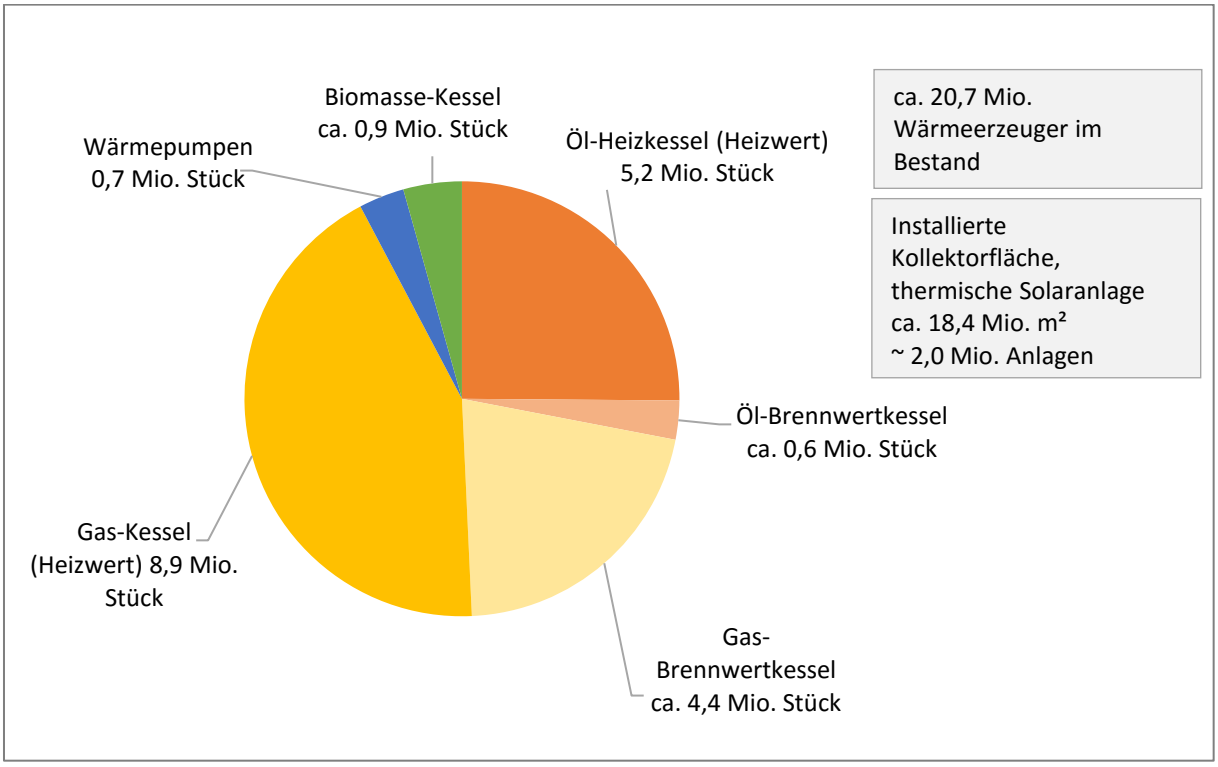
Der Bestand an Wärmeerzeugern in Deutschland wird immer noch durch Gas- und Öl-Standard- und Niedertemperaturkessel geprägt (Abbildung 10). Nur ca. 30 % der Wärmeerzeuger erfüllen die heutigen Effizienz-Anforderungen.

Die installierten Wärmeerzeuger werden in der Mehrzahl der Fälle sowohl für die Heizung als auch für die Trinkwassererwärmung eingesetzt. Vorteile dieser sogenannten gekoppelten Systeme sind im Vergleich mit einer getrennten Erzeugung bessere Voraussetzungen zur Einbindung erneuerbarer Energien. Außerdem sorgt die höhere Auslastung der Wärmeerzeuger für bessere Nutzungsgrade. Im Vergleich mit einer dezentralen elektrischen Trinkwassererwärmung ergeben sich bei zentralen Systemen günstigere Primärenergiebedarfswerte und Betriebskosten.

Nicht gekoppelte Systeme haben demgegenüber vor allem Vorteile im Bereich der Warmwasserhygiene, da hier kein warmes Wasser bevorratet wird. Sogenannte Frischwassersysteme versuchen die Vorteile beider Lösungen zu verbinden. Die Wärme wird zentral erzeugt und meist in einem Puffer-

speicher geleitet. Von dort aus erfolgt die Wärmeverteilung durch Heizungsleitungen, die Trinkwassererwärmung findet dezentral in Durchlauferhitzern statt.

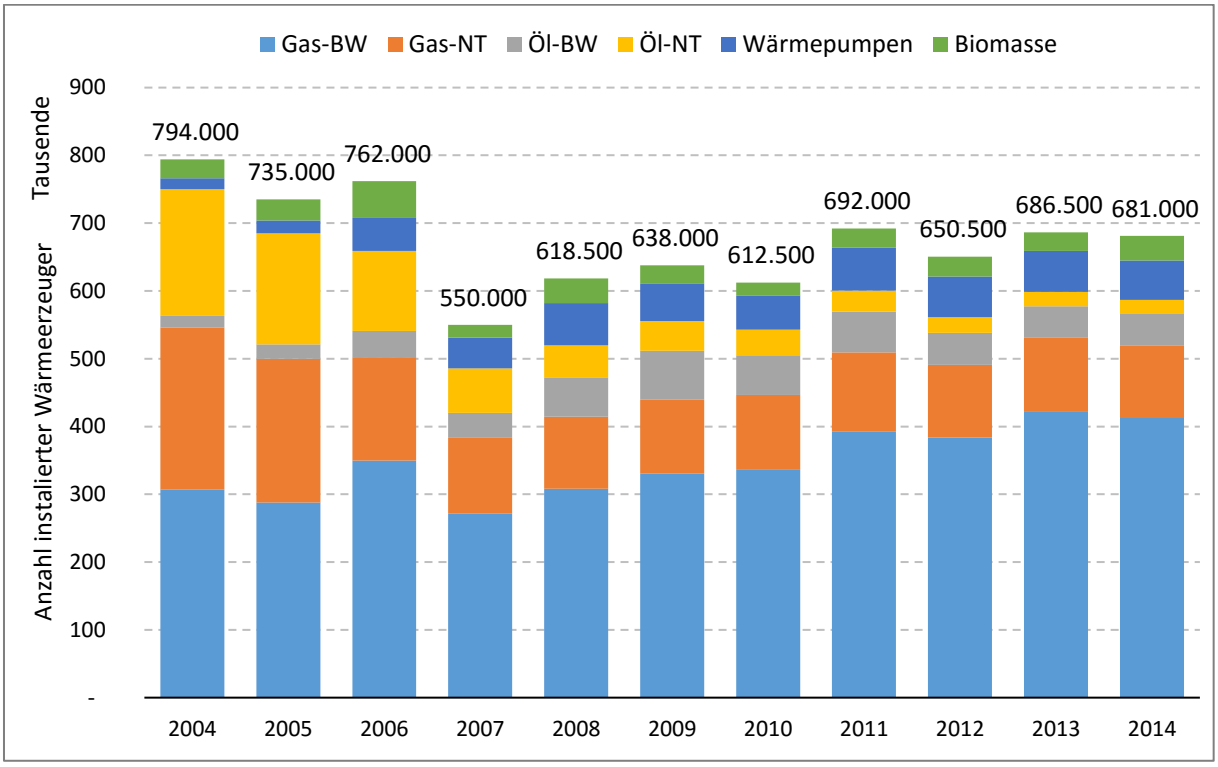
Abbildung 10: Bestand an Wärmeerzeugern in Deutschland im Jahr 2014



Quelle der Zahlenwerte: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH)

In der Abbildung 11 wird die Marktentwicklung der Wärmerzeuger von 2004 bis 2014 dargestellt. Es ist sichtbar, dass der Anteil der neu eingebauten Gas-Brennwertkessel in den vergangenen Jahren kontinuierlich angestiegen ist. Der Anteil der Gasgeräte (Brennwert und Niedertemperaturkessel) an der gesamten Anzahl der neu eingebauten Wärmeerzeuger blieb nahezu konstant. Auch die Anzahl der eingebauten Ölkessel blieb in den letzten sieben Jahren nahezu konstant. Die Absatzzahlen von Wärmepumpen haben sich in den letzten Jahren auf dem Niveau von 50.000 bis 60.000 Anlagen pro Jahr stabilisiert.

Abbildung 11: Marktentwicklung Wärmeerzeuger 2004-2014



Quelle der Zahlenwerte: Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH)

2.2.3 Rahmenbedingungen für Wärmeerzeuger

Durch die EnEV werden im Wesentlichen Bilanzgrößen wie der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes vorgegeben. Der Wärmeerzeuger ist davon indirekt betroffen, da seine Effizienz (Aufwandszahl, Energieträger) den Primärenergiebedarf maßgeblich beeinflusst. Unmittelbare Anforderungen direkt an den Erzeuger gibt es nur wenige, im Wesentlichen sind es Anforderungen an die Regelung und die Mindesteffizienz von Kesseln, die auf ein Verbot von Standardkesseln hinausläuft.

Das EEWärmeG stellt technologieabhängig Mindestanforderungen an die Effizienz der Wärmeerzeuger (s. dazu Abschnitt 2.4.1).

Gebäudeseitig haben sich die Rahmenbedingungen für Wärmeerzeuger durch die verbesserte Wärmedämmung verändert. Damit einher geht eine Verringerung des Heizwärmebedarfs. Die erforderliche maximale Leistung (Heizlast) sinkt ebenfalls, jedoch nicht so stark wie der Energiebedarf. Außerdem steigt mit der Verringerung des Heizwärmebedarfs der Anteil des Warmwassers am Gesamtwärmebedarf.

2.3 Volkswirtschaftliche Bedeutung der Wärmeversorgung

Die Wärmeversorgung ist traditionell von maßgeblicher Relevanz für die Gesamtwirtschaft und nahezu alle Wirtschaftssubjekte der deutschen Volkswirtschaft. Nachfolgend sind die wichtig Aspekte getrennt nach der Bedeutung der Wärmeversorgung für die Nachfrager in Form der privaten Haushalte

dargestellt. Auf die volkswirtschaftliche Bedeutung aus Sicht der Anbieter von Wärme in Form der Unternehmen aus den unterschiedlichen Wirtschaftsbereichen wird in Kapitel 6 näher eingegangen.

Aus Sicht der privaten Haushalte ist die Wärmeversorgung von wichtiger sozialer und ökonomischer Bedeutung. Nachfolgend wird die ökonomische Bedeutung in Form von laufenden Kosten der Wärmeversorgung und in Form von Anlagenkosten für die Erneuerung und Instandhaltung der Anlagen unterschieden.

So wohnen die Deutschen

Fast 40 Mio. Haushalte leben in Deutschland in über 18 Mio. Häusern.[8] Nach Hochrechnungen der Einkommens- und Verbraucherstichprobe des Statistischen Bundesamts wohnen knapp 22 Mio. Haushalte zur Miete und knapp 18 Mio. Haushalte in Wohnungseigentum (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Wohnverhältnisse nach Wohnformen

Gegenstand der Nachweisung	Haushalte gesamt			Haushalte in Mietwohnungen			Haushalte in Wohneigentum		
	in 1.000	in %	Ø Wfl. In qm	in 1.000	in %	Ø Wfl. In qm	in 1.000	in %	Ø Wfl. In qm
Einfamilienhaus	13.202	33,50	127,8	1.773	8,1	97,3	11.456	65,4	132,5
Zweifamilienhaus	4.650	11,80	101,3	2.342	10,7	83,0	2.312	13,2	119,8
Wohngebäude mit 3 u. m. Wohnungen	20.847	52,90	67,9	17.295	79,0	64,1	3.556	20,3	86,4
sonstiges Gebäude	670	1,70	84,1	504	2,3	68,7	175	1,0	126,0
Haushalte insgesamt	**39.409**	**100,0**	**92,2**	**21.892**	**100,0**	**68,9**	**17.517**	**100,0**	**121,4**

Quelle: Statistisches Bundesamt, Sonderauswertung Zensus (2011).

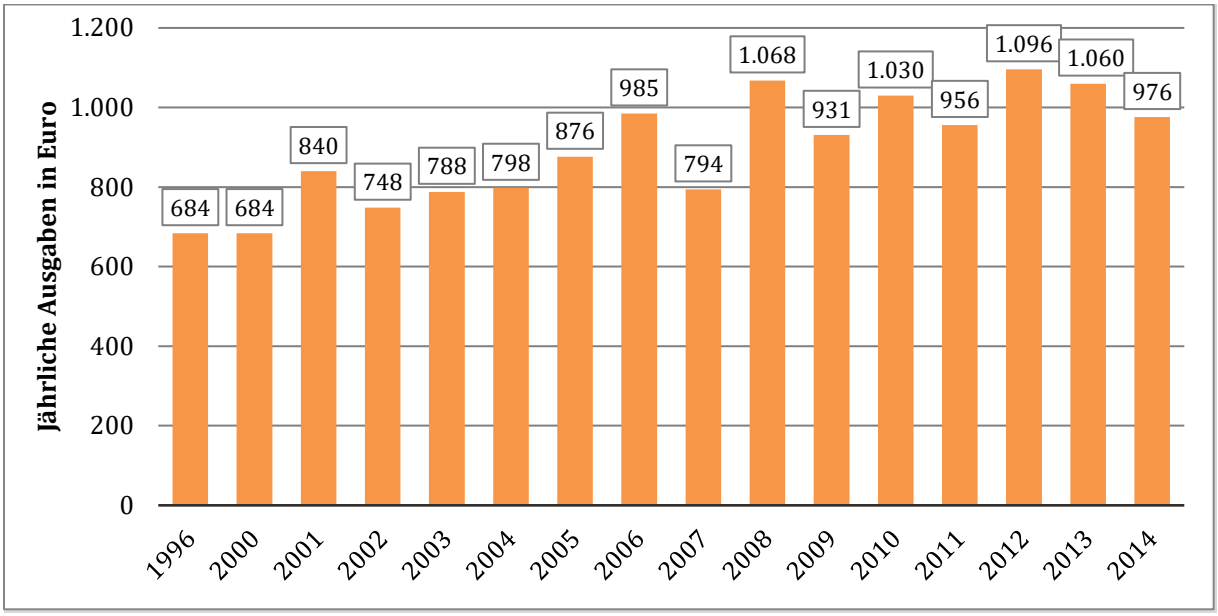
Im Durchschnitt verfügen die deutschen Haushalte, die zur Miete leben, über 68,9 Quadratmeter und diejenigen, die in Wohnungseigentum leben, über 121,4 Quadratmeter. Im Durchschnitt über den Gesamtbestand verfügen die Haushalte über 92,2 Quadratmeter Wohnfläche, die es bei kalten Temperaturen warm zu halten gilt. Nahezu alle Wohnungen sind mit einer Heizung und Warmwasserversorgung ausgestattet, die erhebliche Anteile der Kosten des Wohnens verursacht.

Wärmekosten im Portemonnaie vieler Haushalte deutlich spürbar

Im Durchschnitt wendeten die Haushalte im Jahr 2014 976 Euro pro Jahr an Kosten zur Erzeugung von Wärme auf (siehe Abbildung 12). Hinzu kommen Nebenkosten beispielsweise für die Ablesung der Heizungen in Höhe von circa 10 %. Die Wärmekosten unterlagen in den letzten Jahren vor allem aufgrund von Energiepreisänderungen und der klimatischen Entwicklung erheblichen Schwankungen.

[8] Statistisches Bundesamt, Sonderauswertung Zensus (2011).

Abbildung 12: Ausgaben eines Privathaushaltes für Wärme in Deutschland in den Jahren 1996 bis 2014 (in Euro pro Jahr)



Quelle: BMWi (2015), Energiedaten.

Multipliziert man den Betrag des Jahres 2014 mit der Anzahl der Haushalte (siehe Tabelle 4), so lässt sich ganz grob und sehr überschlägig ermitteln, dass in Deutschland zwischen 35 und 40 Milliarden Euro für die Hauswärme inklusive Warmwasserbereitung ausgegeben wurde. Nach Berechnungen des Bundeswirtschaftsministeriums entspricht dies ziemlich genau einem Drittel der Kosten, die die privaten Haushalte insgesamt für Energie aufwenden.[9] In Relation zum durchschnittlichen Haushaltsnettoeinkommen in Höhe von circa 3.100 Euro pro Monat betragen die Ausgaben für Wärme rund 3 %. Bei einer durchschnittlichen Wohnungsgröße von 92,2 Quadratmetern (siehe Tabelle 4) entspricht dies monatlichen Wärmekosten im Jahr 2014 in Höhe von 97 Cent[10] je Quadratmeter. Diese Durchschnittsbetrachtung darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass es ganz erhebliche Streuung der Wärmekosten pro Haushalt in Deutschland gibt. Die Streuung ist neben der Einkommenshöhe der Haushalte vor allem auf unterschiedliche Wohnformen und unterschiedliche Beheizungsarten zurückzuführen. Auf die Kostenunterschiede nach Energieträgern wurde im Abschnitt 2.2.1 bereits eingegangen.

Deutliche Kostenunterschiede nach Einkommensklassen und Wohnformen

Die Kosten des Wohnens variieren nach Einkommensklassen und Wohnformen erheblich. Eine Sonderauswertung des Statistischen Bundesamts aus dem Jahr 2011 zeigt, dass die privaten Haushalte zwischen circa 15 % bei Beziehern sehr hoher Einkommen, die in Mehrfamilienhäusern leben und

[9] Das BMWi (2015) ermittelt in seinen Energiedaten 2015 einen Wert von 38.75 Mrd. Euro. Die Differenz von 6 % zum hier errechneten Wert entsteht aufgrund von unterschiedlichen Annahmen zur Größe der Wohnfläche in D.
[10] Inklusive 9 Cent Nebenkosten z.B. für Messdienstleistungen.

über 50 % bei Beziehern sehr niedriger Einkommen, die in Einfamilienhäusern leben, für die Kosten des Wohnens aufwenden. Die Tabelle 5 zeigt grob überschlägig gerechnet, wie hoch der Anteil der Wärmekosten in den unterschiedlichen Konstellationen aus Einkommenskohorten und Wohnformen ist.

Tabelle 5: Wärmekosten nach Einkommensklassen und Wohnformen bei Kosten von 0,97 € pro qm und Monat (inkl. Wärmenebenkosten)

Gegenstand der Nachweisung		Haushalte insgesamt	Davon nach dem monatlichen Haushaltsnettoeinkommen von ... bis unter ... EUR							
			- 900	900 - 1.300	1.300 - 1.500	1.500 - 2.000	2.000 - 2.600	2.600 - 3.600	3.600 - 5.000	5.000 - 18.000
Hochgerechnete Haushalte gesamt	1.000	39.409	3.437	4.513	2.273	5.807	5.666	6.806	5.744	5.163
Wohnfläche je Haushalt	m²	92,2	50,5	60,6	67,3	75	87	102,2	120,4	139,2
Wärmekosten pro Monat (0,88 €/qm)	€	89,43	48,99	58,78	65,28	72,75	84,39	99,13	116,79	135,02
Anteil Wärme am Haushaltsnetto	**%**		**10,9%**	**5,3%**	**4,7%**	**4,2%**	**3,7%**	**3,2%**	**2,7%**	**1,2%**
Einfamilienhaus	%	13.202	6	10,5	13	19,8	30,1	42,6	56,2	63,2
Wohnfläche je Haushalt	m²	127,8	80,3	83,5	97,7	102,4	112	123,5	136,8	152
Wärmekosten pro Monat (0,88 €/qm)	€	123,97	77,89	81,00	94,77	99,33	108,64	119,80	132,70	147,44
Anteil Wärme am Haushaltsnetto	**%**		**17,3%**	**7,4%**	**6,8%**	**5,7%**	**4,7%**	**3,9%**	**3,1%**	**1,3%**
Zweifamilienhaus	%	4.650	6,2	8,5	10,7	11,2	12,9	13,8	14,1	13,3
Wohnfläche je Haushalt	m²	101,3	64,1	70,5	75,4	83,5	91,2	104,3	119,4	141,3
Wärmekosten pro Monat (0,88 €/qm)	€	98,26	62,18	68,39	73,14	81,00	88,46	101,17	115,82	137,06
Anteil Wärme am Haushaltsnetto	**%**		**13,8%**	**6,2%**	**5,2%**	**4,6%**	**3,8%**	**3,3%**	**2,7%**	**1,2%**
Wohngebäude mit 3 u. m. Wohnungen	%	20.847	84,5	78,8	74,6	67,2	55,5	42,1	28,6	22,2
Wohnfläche je Haushalt	m²	67,9	47,8	56,5	60,9	65,4	72,5	79,8	88,7	101,1
Wärmekosten pro Monat (0,88 €/qm)	€	65,86	46,37	54,81	59,07	63,44	70,33	77,41	86,04	98,07
Anteil Wärme am Haushaltsnetto	**%**		**10,3%**	**5,0%**	**4,2%**	**3,6%**	**3,1%**	**2,5%**	**2,0%**	**0,9%**
Sonstige Gebäude	%	670	3,3	2,1	1,7	1,9	1,5	1,5	1,1	1,2
Wohnfläche je Haushalt	m²	84,1	40,4	58,5	66,7	77,1	83,5	109,4	119,5	148,7
Wärmekosten pro Monat (0,88 €/qm)	€	81,58	39,19	56,75	64,70	74,79	81,00	106,12	115,92	144,24
Anteil Wärme am Haushaltsnetto	**%**		**8,7%**	**5,2%**	**4,6%**	**4,3%**	**3,5%**	**3,4%**	**2,7%**	**1,3%**

Quelle: Eigene Berechnungen nach Daten des Statistischen Bundesamts, Sonderauswertung Zensus (2011).

In der Berechnung wurde stark vereinfachend angenommen, dass in jeder der dargestellten Konstellationen die Wärmekosten pro Monat und Quadratmeter dem statistischen Durchschnitt des Jahres 2014 von 97 Cent entsprechen. Bezieher der höchsten Einkommensklasse, die in Mehrfamilienhäusern leben, zahlen mit 0,9 % den geringsten Anteil ihres Haushaltsnettoeinkommens, wohingegen die Kohorte mit den niedrigsten Einkommen, die in Einfamilienhäusern leben, mit 17,3 % den höchsten Anteil für Wärme aufwenden müssen.

Die Ergebnisse der Berechnung machen deutlich, dass für den Teil der Gutverdiener die Wärmekosten in ihrem Alltag kaum ins Gewicht fallen. Für diejenigen Haushalte, die sich im unteren Drittel der Einkommenskohorten befinden, sind die Wärmekosten ein wesentlicher Faktor im Portemonnaie. In der Realität bestehende qualitative Unterschiede in den Heizsystemen wurden dabei noch außer Acht gelassen. Geht man davon aus, dass die Wohnungen mit zunehmendem Einkommen energetisch effizienter werden und sich Mehrfamilienhäuser effizienter beheizen lassen als Einfamilienhäuser, so verstärken sich in der Realität die in der Tabelle 5 skizzierten Unterschiede. Wohlgemerkt, hier wurde mit durchschnittlichen Wärmekosten von 88 Cent je Quadratmeter gerechnet. Diese streuen im derzeitigen Gebäudebestand nach Zustand und Beheizungsart allerdings stark und können im Worst-Case-Szenario sehr viel höher ausfallen, wie der folgende Abschnitt zeigt.

Hoher Investitionsstau bei Heizungsanlagen

Diejenigen Haushalte, die ihre Immobilien selber nutzen oder Wohnungseigentum vermieten, tragen die finanzielle Verantwortung für die Anschaffung, Unterhaltung und den Austausch von Heizungsanlagen. Nachfolgend wird die finanzielle Bedeutung aus Sicht einzelner Haushalte und gesamtwirtschaftlicher Sicht dargestellt.

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) hat in einer von der GfK im Jahr 2014 durchgeführten Stichprobe unter deutschen Haushalten die Beheizungsarten des Wohnraums in Deutschland untersuchen lassen. In dieser Studie wurde sowohl nach Gebäuden und als auch nach Wohneinheiten differenziert (vgl. folgende Tabelle).[11]

Tabelle 6: Beheizungsarten von Wohnraum in Deutschland (2014)

Heizsystem	% aller Gebäude	% aller Wohnung
Zentralheizung (Öl, Gas u.a.)	78,4	70,4
Erdgas-Etagenheizung	6,4	9,8
Fernwärmeheizung	5,2	13,5
Einzelheizung (z.B. Holz, Pellets, elektr. Speicherheizung)	5,1	6,1
Sonstiges Heizsystem	4,5	0,2
Keine Angabe	0,4	-
Summe	100,0	100,0

Quelle: BDEW (2014).[12]

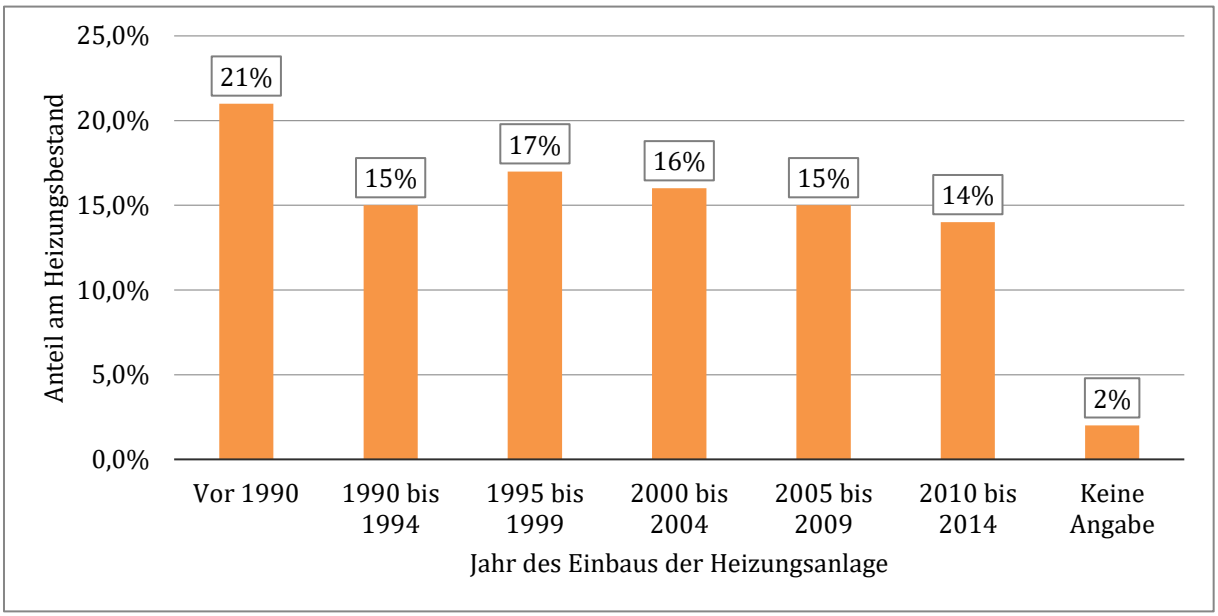
Das Alter und der Zustand der Anlagen sind im Zuge der energetischen Gebäudesanierung mittlerweile recht gut untersucht worden. In zahlreichen Studien wurde wiederholt auf den veralteten technischen Zustand der Anlagen und einen entsprechend hohen Ersatz- und Sanierungsbedarf insbesondere bei den Zentral- und Einzelheizungen hingewiesen.[13]

[11] Das Statistische Bundesamt kommt in einer auf dem Zensus 2011 basierenden Hochrechnung auf Basis von Wohngebäuden zu einem sehr ähnlichen Ergebnis. Vgl. Statistisches Bundesamt (2011) https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/EinkommenKonsumLebensbedingungen/Wohnen/Tabellen/WohneinheitenWohngebaeudenBeheizung.html
Abruf vom 29.01.16

[12] Vgl. BDEW (2014), So heizt Deutschland

[13] Zu konkreten Zahlen vgl. die Erhebung des Bundesverbands der Schornsteinfeger – Zentralinnungsverband (ZIV). Vgl. ZIV (2014).

Abbildung 13: Alter der Heizungsanlagen von Wohnungen in Deutschland im Jahr 2014



Quelle: BDEW (2014).

Der Studie des BDEW entsprechend war die Heizungstechnik im Jahr 2014 in Mehrfamilienhäusern durchschnittlich bereits 20,1 Jahre und in Ein- und Zweifamilienhäusern durchschnittlich 15,9 Jahre alt. Über ein Drittel aller Anlagen war älter als 20 Jahre. Einer Untersuchung des BDH und des Schornsteinfegerhandwerks zufolge waren 71 % der Heizungsanlagen im Jahr 2013 unzureichend effizient. Dies betrifft insbesondere Öl- und Gasheizungen.[14] Nach Berechnungen des BDH könnten rund 13 % der in Deutschland verbrauchten Endenergie eingespart werden, wenn die veralteten Anlagen erneuert und auf den Stand der Technik gebracht werden würden. Nicht enthalten sind in dieser Zahl die Einsparpotenziale an der Gebäudehülle. Im Widerspruch dazu steht die derzeit recht geringe Modernisierungsaktivität. Nach Angaben des BDH liegt die Modernisierungsgeschwindigkeit bei erdgasbetriebenen Wärmeerzeugern bei etwa 3 % pro Jahr und heizölbetriebenen bei 1 % pro Jahr. Angesichts des Effizienzvorteils moderner Anlagen im Betrieb stellt sich die Frage nach den Ursachen für den Investitionsstau. Die Gründe sind bislang noch nicht vollständig dokumentiert. Vermutlich tragen dazu vergleichsweise hohe Investitionskosten für neue Anlagen bei.[15]

Eigentümer oft nicht investitionswillig oder finanzierungsfähig

Aufgrund der vergleichsweise aufwendigen Arbeiten erfolgt eine Erneuerung der Heizung zumeist im Rahmen einer größeren Sanierung. Angesichts der bemerkenswert senioren Altersstruktur von privaten Immobilieneigentümern in Deutschland besteht in vielen Fällen weder der Wille noch die Finanzierungsfähigkeit zu größeren Sanierungsmaßnahmen. Ist erst das Renteneintrittsalter erreicht, wird

[14] Vgl. BDH (2013).
[15] So kostet beispielsweise eine neue Ölheizung zwischen 7.000 und 9.000 Euro, eine Gasheizung zwischen 6.000 und 9.000 Euro und eine Pellet Heizung zwischen 17.000 und 25.000 Euro. Vgl. http://www.energieheld.de/heizung/anschaffungskosten. Abruf am 09.02.16.

die kreditbasierte Finanzierung von Investitionen über Banken oft schwierig. So beträgt das Durchschnittsalter von Immobilieneigentümern in Deutschland 58 Jahre.[16] Demgegenüber liegt einer Sanierungsmarktstudie des Marktforschungsinstituts Heinze zufolge das modernisierungsfreudigste Alter der Eigentümer zwischen 40 und 50 Jahren.[17] Im Fall von privatem Wohnungseigentum gehen Heizungserneuerung oft mit einem Nutzerwechsel der Immobilie bei Verkauf einher, bei dem die Finanzierung der Sanierung im Zuge des Erwerbs des Altbestand erfolgt.

Bei vielen größeren Privatvermietern und Wohnungsunternehmen waren die Finanzierungsvoraussetzungen von Sanierungsinvestitionen ähnlich schwierig. Die Wohnungswirtschaft in Deutschland zeichnet sich durch traditionell niedrige Renditen aus und verzeichnete bis vor wenigen Jahren kaum Wertzuwachspotenziale in den Immobilienbeständen, die den Unternehmen die Finanzierung von größeren Investitionen in den Beständen auf breiter Front ermöglicht hätten.[18] Die wirtschaftliche Situation und damit auch die Finanzierungsfähigkeit der Wohnungswirtschaft hat ist in den letzten Jahren deutlich auseinandergelaufen. Während in den Metropolregionen und den Universitätsstädten Mieten und Immobilienwerte gestiegen sind, verläuft die Entwicklung in den übrigen Teilen des Landes zumeist negativ. Hier wirken sich soziodemografische Veränderungen und die gestiegene Anziehungskraft urbaner Lebensräume aus, die zu einem drastischen Rückgang der Bevölkerung führen wird. In vielen Teilen des Landes werden bis über das Jahr 2030 hinaus Leerstände und sinkende Immobilienpreise erwartet.[19] Es bleibt abzuwarten, wie sich die Zuwanderung nach Deutschland auf diese Situation auswirken wird.

2.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

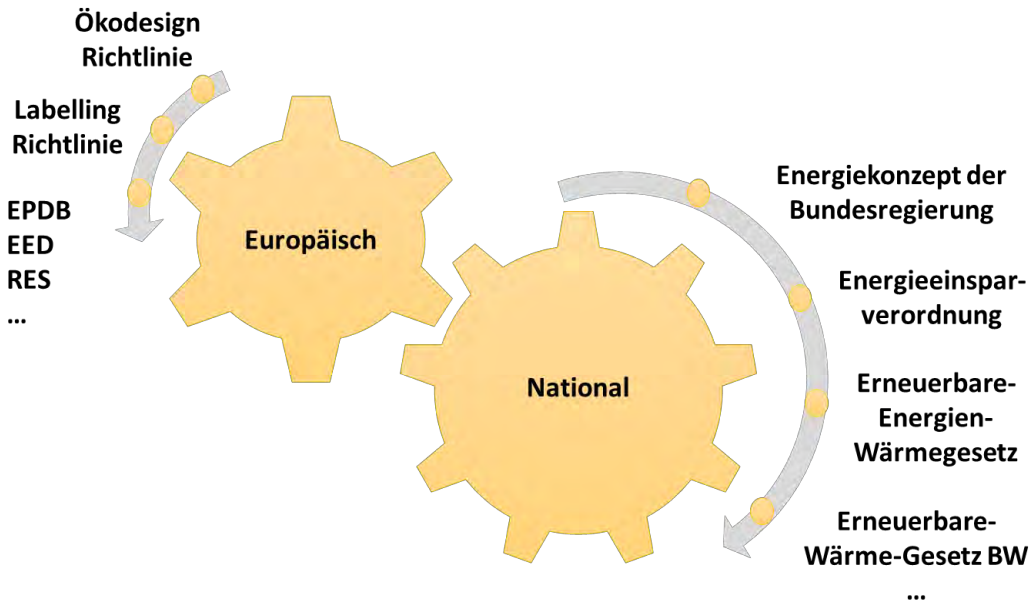
2.4.1 Rechtlicher Rahmen des Klimaschutzes in der Wohnungswirtschaft

Der Wärmemarkt in Deutschland wird durch eine Reihe von verordnungsrechtlichen und gesetzlichen Vorgaben/Anforderungen sowohl auf der nationalen als auch auf der europäischen Ebene beeinflusst (s. Abbildung 14). Das betrifft zum einen die Heizungstechnik selbst (z.B. durch die ErP und ELD-Richtlinie) zum anderen aber auch die Gesamteffizienz von Gebäuden, die z.B. in Form des Primärenergiebedarfes als Bewertungsgröße in der Energieeisparverordnung Berücksichtigung findet. Auf der nationalen Ebene werden vor allem energetische Anforderungen an Neubauten gestellt und seit Jahren kontinuierlich verschärft. Damit soll die Senkung des Primärenergiebedarfs im Wärmemarkt initiiert werden. Die Anforderungen an die Bestandsbauten sind dagegen moderat.

---

[16] Vgl. BBR (2007).
[17] Vgl. Heinze (2008).
[18] Vgl. Lohse (2006): Die wirtschaftliche Situation deutscher Wohnungsunternehmen – eine empirische Untersuchung. In: Andreas Pfnür (Hrsg.), Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 7, S 11. ff.; GDW: jährlich aktualisierte Schriftenreihe Wohnungswirtschaftliche Daten und Trends.
[19] Vgl. BBSR (2015) Wohnungsmarktprognose.

Abbildung 14: Politisch-rechtliches Umfeld



Auf die Erläuterung der einzelnen rechtlichen Vorschriften wird an dieser Stelle verzichtet. Die Darstellungen finden sich im Anhang 2.1. Die in den Rechtsvorschriften bisher verfolgte Strategie zur Umsetzung der Klimaschutzziele in der Wohnungswirtschaft basierte bei allen ordnungsrechtlichen Eingriffen vor allem auf die Nutzung von Marktkräften. Vor diesem Hintergrund bilden die Technologieoffenheit des Förderns und Forderns in den Sanierungsbemühungen sowie das Wirtschaftlichkeitsgebot jeder geforderten Sanierungsmaßnahme zentrale Leitplanken der rechtlichen Regulierung der Gebäudesanierung.

2.4.2 Besondere Regelungen der Fernwärmeversorgung

Im Vergleich mit den leitungsgebundenen Energieträgern Strom und Gas ist die Fernwärme in Deutschland bisher recht wenig reguliert. Neben den allgemein gültigen Regeln des EEWärmeG und der EnEV finden sich im Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sowie insbesondere in der AVBFernwärme-VO rechtliche Regelungen, die dieses Geschäftsmodell rechtlich einrahmen. Die rechtlichen Grundlagen und die sich daraus unmittelbar ergebenden Usancen im Geschäftsverkehr werden in diesem und den folgenden Abschnitten kurz dargestellt.

Rechtsrahmen bei Anschluss- und Benutzung beinhaltet auch Zwangsmaßnahmen

Grundsätzlich verfolgt der Gesetzgeber bei der Regulierung der energetischen Gebäudesanierung in Deutschland zwar die Leitvorstellung der Technologieoffenheit. Diese wird im Falle der Fernwärmeversorgung allerdings durchbrochen. Eine solche Verpflichtung zur Inanspruchnahme der Fernwärme-

versorgung kann durch die in diesem Fall zuständigen Kommunen sowohl öffentlich rechtliche als auch privat rechtlich begründet werden. Das Instrumentarium besteht aus folgenden Maßnahmen:[20]

1. Verbrennungsverbote in Bebauungsplänen

In diesem Fall kann die Kommune in Bebauungsplänen Positiv- oder Negativlisten von Brennstoffen festsetzen, die im Geltungsbereich als Energieträger der Wärmeversorgung in Frage kommen. Voraussetzung ist das Vorhandensein einer alternativen Wärmeversorgung, die beispielsweise in Form eines Fernwärmenetzes gegeben sein kann.

2. Kommunaler Anschluss- und Benutzungszwang

Nach zahlreichen Gemeinde- und Kommunalordnungen der Länder kann eine Kommune per Satzung festlegen, dass innerhalb eines bestimmten Gebietes jedes Grundstück an die Fernwärmeversorgung anzuschließen ist oder auf dem Grundstück Fernwärme als Beheizungsart zu nutzen ist.[21]

3. Brennstoffverordnungen

Alternativ steht den Kommunen auch die Möglichkeit offen, Emissionsgrenzwerte für Heizungsanlagen festzulegen oder bestimmte Technologien zu verbieten. Dies setzt allerdings voraus, dass für das betreffende Bundesland ein Immissionsschutzgesetz existiert. Das ist gegenwärtig in Bayern, Berlin, Brandenburg, Bremen und Nordrhein-Westfalen der Fall und in Rheinland-Pfalz befindet sich ein entsprechendes Gesetz in Vorbereitung.[22]

4. Dienstbarkeiten

Sofern die Kommune beispielsweise vor der Bebauung eines Areals die Verkäuferin der Grundstück ist, kann sie den Anschluss- und Benutzungszwang der Fernwärme als Grunddienstbarkeit im Grundbuch festschreiben.

Schließlich können Luftreinhaltepläne auf Basis des Bundes-Immissionsschutzgesetzes die Kommunen darauf in Anspruch nehmen, über die zuvor genannten Instrumente die Verminderung von Luftverunreinigungen festzusetzen.

Im Ergebnis können Kommunen sicherstellen, dass der ganz überwiegende Teil der Gebäude eines Gebiets nur mit Fernwärme beheizt werden kann. Dabei sind im Einzelfall stichhaltige Begründungen für die Einschränkungen sowie regelmäßig Abwägungen konkurrierender Rechtsnormen erforderlich, die zu einer Reihe von Ausnahmen führen können. Von den rechtlichen Möglichkeiten eines An-

---

[20] Vgl. Bundeskartellamt (2012), S. 43 ff.

[21] Vgl. zu einer Übersicht die Homepage der AGFW https://www.agfw.de/recht/anschluss-und-benutzungszwang/ Abruf vom 17.02.16.

[22] Vgl. http://www.verbrennungsverbote.de/fakten/verbrennungsverbot-was-ist-das/. Abruf v. 17.02.16.

schluss- und Benutzungszwangs machen vor allem Kommunen in den neuen Bundesländern Gebrauch. Hier gibt es zahlreiche Regelungen, die im Falle von Neubau aber auch beim Austausch von Heizungssystemen im Bestand für die Hauseigentümer verpflichtende Regelungen vorsehen. In den alten Bundesländern überwiegen dementgegen Regelungen für Neubauvorhaben. Sammlungen entsprechender Verbote listen über 1.000 rechtliche Eingriffe auf.[23]

2.4.3 Rechtsrahmen und praktische Umsetzung der Vertragsgestaltung

Fernwärmeversorgungsverträge sind gemäß § 453 Abs. 2 BGB zunächst Kaufverträge und werden nach den Grundsätzen des Bürgerlichen Rechts behandelt. Die besonderen Vertragsbedingungen zwischen Lieferanten und Abnehmer von Fernwärme sind in der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme (AVBFernwärmeV) geregelt. Von besonderem Interesse für die ökonomische Ausgestaltung sind die §§ 24 bis 33, in denen die Abrechnung und Zahlung der Vergütung, sowie die Laufzeit und Einstellung des Vertrags geregelt sind.

Zwischen Betreibern und Nutzern gibt es vor allem Konflikte in Bezug auf die Verwendung von Preisgleitklauseln sowie die Transparenz und die Höhe der Wärmepreise. Die Höhe der Wärmepreise richtet sich regelmäßig nach drei Preisdeterminanten:

1. Arbeitspreis

Der Arbeitspreis ist derjenige Preis, den die Verbraucher für die tatsächlich in Anspruch genommene Energiemenge je KWh zu entrichten haben.

2. Grund- oder Leistungspreis

Der Grundpreis ist ein jährlich fixer Preis, den die Verbraucher für die Aufrechterhaltung der Lieferbereitschaft des Erzeugers zu entrichten haben. Er richtet sich in seiner Höhe nach der vereinbarten Wärmemenge, dem sogenannten Anschlusswert.

3. Mess- und Verrechnungspreis

Der Mess- und Verrechnungspreis ist die Vergütung des Betreibers für die Dienstleistungen der Wärmemessung und Abrechnung der Kosten auf die Verbraucher.

Bemerkenswert hoher Fixkostenanteil im Fernwärmepreis

Einer Untersuchung des Bundeskartellamts aus dem Jahr 2008 zufolge beträgt der Anteil des Grundpreises circa ein Drittel und der des Arbeitspreises rund zwei Drittel des Umsatzes der Anbieter. Damit

---

[23] Vgl. HIR (2015a). Zu Übersichten und Beispielen von Verbrennungsverboten siehe http://www.verbrennungsverbote.de/faelle-aus-der-praxis/ Abruf v. 17.02.16 sowie die Sammlung von Einschränkungen in die Freie Wärmewahl http://www.hagos.de/vazid/ Abruf v. 17.02.16.

ist der Anteil des Grundpreises im Vergleich zu beispielsweise Strom und Gaslieferungen auffällig hoch. Das Bundeskartellamt bemerkt dazu, dass dies den tatsächlichen Kostenstrukturen der Netzbetreiber entspräche, die vergleichsweise hohe Fixkosten hätten[24]. Für die Netzbetreiber entspricht diese Entgeltstruktur ihrem Wunsch nach möglichst guter Planbarkeit der Erlöse. Die Verbraucher haben insbesondere dann ein Problem mit dem hohen Anteil des Grundpreises, wenn sie beispielsweise durch Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung die abgenommene Wärmemenge drastisch reduzieren. Hier ist nach herrschender Rechtsprechung der Anspruch auf eine Reduktion des Anschlusswerts und damit des Grundpreises kaum durchsetzbar.

Preisgleitklauseln bieten Spielräume der Preisgestaltung

In Monopolsituationen wird der unmittelbare Markt ausgeschaltet. Im Rahmen langfristiger Verträge übliche Preisanpassungen können deshalb nicht an der Preisentwicklung am Markt vorgenommen werden, wie dies beispielsweise im Fall von Wohnraummietverträgen mittels eines Mietenspiegels erfolgt. Bei Fernwärme können die rechtlich zulässigen Vertragslaufzeiten bis zu 10 Jahren betragen. Notwendig ist deshalb die Definition eines Markts, dessen Güter als Substitut für die Fernwärmelieferung herangezogen werden können oder die Definition eines Verfahrens zur turnusmäßigen Ermittlung der Selbstkosten und deren Änderung gegenüber der Vorperiode. Insbesondere da es sich bei der Fernwärme zumeist um ein Kopplungsprodukt handelt, das in einem recht komplexen Produktionsprozess entsteht, hat der Fernwärmebetreiber naturgemäß mehr oder weniger große Spielräume bei der Abgrenzung der auf die Wärmeproduktion entfallenden Kosten, die er nach billigen ermessen ausgestalten kann. Gleiches gilt für die Marktabgrenzung des Substituts. Der § 24 Abs. 4 AVBFernwärmeV zur Regelung von Preisgleitklauseln der Fernwärme berücksichtigt beide Verfahren. Hier heißt es: „Preisänderungsklauseln dürfen nur so ausgestaltet sein, dass sie sowohl die Kostenentwicklung bei Erzeugung und Bereitstellung der Fernwärme durch das Unternehmen als auch die jeweiligen Verhältnisse auf dem Wärmemarkt angemessen berücksichtigen.“ Das Bundeskartellamt kommentiert diese Regelung wie folgt: „Der Kostenbestandteil hat die Kosten für Wärmeerzeugung und -verteilung zu berücksichtigen, wobei die vom Bundesgerichtshof geforderte Kostenorientierung nicht mit Kostenechtheit gleichzusetzen ist. Demnach muss die Klausel die kostenmäßigen Zusammenhänge widerspiegeln, d.h. sich an den Kosten der Wärmeerzeugung, also dem Preis des (überwiegend) eingesetzten Brennstoffes orientieren.“[25] Die Berücksichtigung der Verhältnisse auf dem Wärmemarkt erfordert zunächst die Definition des zur Substitution heranzuziehenden Marktes. Angesichts der sehr unterschiedlichen Preisentwicklung bei Gas und Öl ist entscheidend, ob die Preisentwicklung am Wärmemarkt in Bezug auf den Arbeitspreis durch eine Gas- oder einen Ölpreisindex gemessen wird. Die

[24] Vgl. Bundeskartellamt (2012), S. 50.
[25] Vgl. Bundeskartellamt (2012), S. 52.

Preisanpassung der Grund- und Messpreise erfolgt zumeist über den Lohnkostenindex, in manchen Fällen auch über den Investitionsgüterindex.[26]

Baukostenzuschüsse der Nutzer im Falle des Netzausbaus einforderbar

Der §9 AVBFernwärmeV erlaubt den Fernwärmeunternehmen bei Vertragsabschluss Baukostenzuschüsse zur Finanzierung des örtlichen Versorgungsnetzes zu erheben. Insgesamt dürfen 70 % der Kosten des örtlichen Versorgungsnetzes über Baukostenzuschüsse abgedeckt werden. Ein Großteil der Versorgungsunternehmen hat entsprechende Konkretisierungen für den Fall des Netzausbaus in ihren Geschäftsbedingungen aufgenommen.

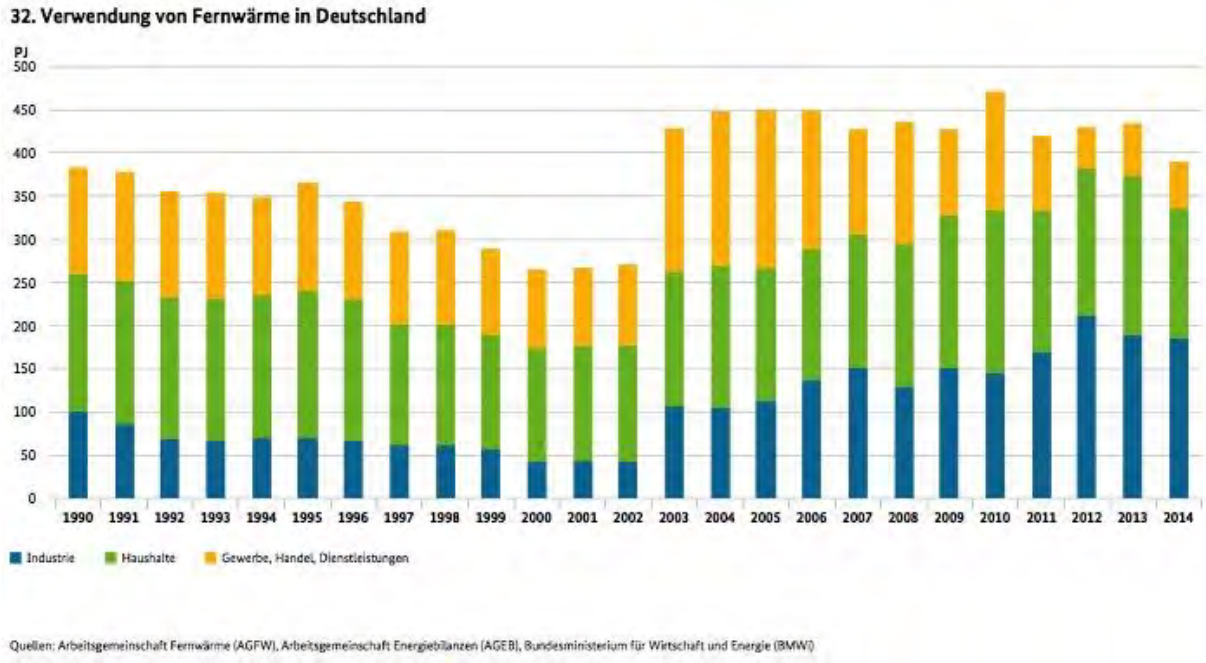
2.5 Ökonomische Bedeutung der Fernwärme in Deutschland

2.5.1 Status quo und Entwicklungsperspektiven der Anbieter

Fernwärme umfasst weit mehr als die Versorgung privater Haushalte

Wie die Abbildung 15 zeigt, ist die Versorgung von Haushalten mit einem guten Drittel des Gesamtumsatzes nur eine Säule von drei großen Säulen der Fernwärmewirtschaft.

Abbildung 15: Verwendung von Fernwärme



Quelle: BMWI (2016).

Nachfolgend steht die Versorgung der privaten Haushalte im Vordergrund der Überlegungen. Die Sektoren Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen finden immer dann Berücksichtigung, wenn sich die Gegenstände aufgrund kombinierter Geschäftsmodelle der Betreiber nicht mehr trennen

[26] Vgl. Bundeskartellamt (2012), S. 53.

lassen. Im Geschäft der Fernwärmewirtschaft mit den Haushalten werden 8,5 Mrd. Euro jährlich umgesetzt.[27]

Fernwärme noch durch hohen Anteil fossiler Energieträger gekennzeichnet

Von den 12.000 Städten und Gemeinden in Deutschland verfügen 3.000 über eine Fernwärmeversorgung.[28] In Deutschland wurden im Jahr der Statistik der AGFW zufolge 250.000 TJ an Fernwärme in die Netze eingespeist. 83 % dieser Wärmeenergie wurden aus KWK Anlagen gewonnen, 2% ist industrielle Abwärme und 15 % wurden ohne KWK erzeugt.[29] Die Länge der deutschen Fernwärmenetze beträgt der AGFW Statistik zufolge knapp 21.000 km. Insgesamt waren circa 363.000 Anlagen angeschlossen. Der durchschnittliche Anschlusswert betrug 137 kW. Während sich die Trassenlängen der Wärmenetze und die angeschlossenen Verbrauchsanlagen im Zeitvergleich sukzessive ausdehnen, nimmt der durchschnittliche Anschlusswert langsam ab. Die Regionale Verbreitung der Fernwärme unterscheidet sich recht deutlich.[30] Vor allem ist in den neuen Ländern die relative Anschlussdichte höher. Zur Energieerzeugung kommen vor allem fossile Brennstoffe zum Einsatz. In Anlagen mit KWK betrug der Einsatz von Erdgas 37 %, der von Steinkohle 34 %, der Braunkohle 12 %, Müll hatte ebenfalls einen Anteil von 12 % und auf Biomasse entfiel ein Anteil von 5 %.[31] Der Anteil regenerativer Energien an der Fernwärmeerzeugung fällt somit bislang vergleichsweise niedrig aus. Das Hamburg Instituts bewertet in der Studie „Fernwärme 3.0“ die Effizienzsteigerungspotenziale in der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien als hoch.[32]

Fernwärmewirtschaft als wichtige Säule des deutschen Wärmemarkts

Die heutige Fernwärmewirtschaft hat sich in den letzten Jahrzehnten in sehr unterschiedlichen Entwicklungsschritten herausgebildet. In einer ersten von 1900-1960 andauernden Phase wurden große zentrale Heizwerke errichtet, die der Einzelfeuerung mit starkem örtlichen Schadstoffausstoß und hoher Brandgefahr entgegen wirken und die Importabhängigkeit vom Öl durch den Einsatz regionaler Kohle entgegenwirken sollten. In einer zweiten Phase von 1960 bis 2015 wurden große Kraftwerke zur Stromerzeugung an den Stadträndern installiert, die als Beiprodukt die ausgekoppelte Wärme in die Netze lieferten. Der wirtschaftliche Erfolg dieser Anlagen hing wesentlich vom Verkauf des erzeugten Stroms ab. Seit 2015 sollen Wärmenetze vermehrt als flexible Verbundnetze dezentraler Wärmeerzeuger und -speicher und Verbraucher dienen.[33] Diese Zukunftsperspektive einer Wärmenetzplattform, die insbesondere den Anteil regenerativer Energiequellen in den Netzen erhöht, ist der-

---

[27] Vgl. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) (2012) zitiert bei HIR (2015a), S. 20.
[28] Vgl. http://www.fernwaerme-info.com. Abruf vom 16.02.16.
[29] Vgl. AGFW (2015), S. 10.
[30] Vgl. AGFW (2015), S. 8 f.
[31] Vgl. AGFW (2015), S. 23.
[32] Vgl. HIR (2015a), S. 18 ff.
[33] Vgl. Sandrock (2015).

zeit noch weitgehend Vision, wenngleich erste Konturen einer praktischen Umsetzung erkennbar werden.

Fernwärmeausbau als Handlungsfeld der öffentlichen Hand

Der Fernwärmeausbau in Deutschland ist seit jeher auch ein wichtiges Ziel der öffentlichen Hand gewesen. Entsprechend hoch war der Finanzierungsanteil der öffentlichen Förderung und ein Großteil der Aufgaben des Netzausbaus wurde unter kommunaler Regie ausgeführt. Entsprechend finden sich unter den etwa 550 Unternehmen, die Fernwärme über circa 1.400 Netze anbieten,[34] zahlreiche Stadtwerke und kommunale Unternehmen. Diese rechneten sich bislang selbst primär dem Energieversorgungssektor und weniger der Wärmewirtschaft zu. Entsprechend richtete sich der Fokus der Kommunen und ihrer Fernwärmebetreiber bislang auf die ressourcenschonende Erzeugung von Energie. Die Kraft-Wärme-Kopplung wurde in diesem Sinne als Effizienzbeitrag der Energieerzeugung gesehen. Nachdem der ökonomisch nachhaltig sinnvolle Ausbau des Anteils der Energieerzeugung offensichtlich an seine Grenzen gestoßen ist und die Hauswärme vermehrt zum Gegenstand der öffentlichen Debatte um den Klimaschutz geworden ist, richten sowohl die Kommune als auch die Fernwärmebetreiber ihre Strategien derzeit neu aus.

Volatile Strompreise als Problem von Fernwärmebetreibern

Die ökonomische Besonderheit der meisten Geschäftsmodelle der Fernwärmeerzeugung besteht in der Kopplung der Erlöse aus Strom- und Wärmeerzeugung. Dabei spielte in der Vergangenheit die Erzeugung von Strom die wesentlich wichtigere Rolle. Investitionen wurden von der Energiewirtschaft nach den Erwartungen der Entwicklung an den Strommärkten getätigt. Die Wärmeerzeugung war das Nebenprodukt. In letzter Zeit sind die Strommärkte nicht zuletzt durch das starke Wachstum der erneuerbaren Energien zunehmend volatiler geworden. Grundsätzlich droht den Fernwärmebetreibern zudem ein sinkender Strompreis. Damit werden die Umsätze aus der Stromerzeugung voraussichtlich sinken und mit größeren Risiken behaftet sein als bisher. Die Kommunen als Gesellschafter von Fernwärmebetreibern haben zu großen Teilen über die Gewinne aus der Energieversorgung andere Leistungen quersubventioniert und ihre kommunalen Haushalte stabilisiert.[35]

Viele Fernwärmenetze in wirtschaftlich schwierigem Fahrwasser

Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten der Fernwärme sind nicht per se gegeben. Sie hängen neben anderen Faktoren wie den Wärmeerzeugungskosten, den Netzverlusten und dem Netznutzungsgrad insbesondere von der Anschlussdichte und der Wärmebelegungsdichte ab. Besonders vergleichsweise kleine Netze in den dünn besiedelten Regionen Deutschlands sind vielfach unrentabel. Wolff und Jagnow stellen in ihrer Studie fest, dass in ländlichen Gebieten mit Ein- und Zweifamilienhausbebauung

[34] Vgl. HIR (2015a), S. 19.
[35] Vgl. HIR (2015a), S. 20.

eine Wirtschaftlichkeit der Fernwärme grundsätzlich nicht gegeben sei. Auch in kleinstädtischen Siedlungen mit mittlerer Anschlussdichte ist die Nahwärmeversorgung kaum sinnvoll.[36]

Planbarer Wärmeumsatz gewinnt im Geschäftsmodell der Netzbetreiber an Bedeutung

Seit die Umsätze auf den Strommärkten riskanter werden, suchen die Betreiber nach Alternativen. Dabei rückt die Vermarktung des bisherigen Nebenprodukts Wärme immer stärker in den strategischen Fokus. Die Errichtung einer Fernwärmeanlage bedeutet für den Betreiber allerdings eine hohe Investition in Netze und Anlagentechnologie, die langfristige Amortisationszeiträume benötigt. Entsprechend wichtig ist es für die Anbieterseite, Planungssicherheit über Absatzmengen, -preise und Kontrahierungsregularien zu erhalten.[37]

2.5.2 Ökonomische Bedeutung der Fernwärmeversorgung für die Haushalte

Bei der Fernwärmeerzeugung wird die Erzeugung von thermischer Energie mit der Erzeugung anderer Energieformen, zumeist Strom, in Kraftwerken kombiniert, um die bei der Energieerzeugung auftretenden Wärmeverluste effizient zu nutzen. Nachfolgend wird zunächst die Auswirkung dieses Prozesses auf die Wärmeversorgung der privaten Haushalte untersucht. Die Analyse der ökonomischen Wirkungen auf Seiten des Energieproduzenten folgt im nächsten Abschnitt.

Das Geschäftsmodell des Anbieters entspricht bei der Fernwärmelieferung einer besonderen Form des Contractings. Der Dienstleister liefert gegen ein entsprechendes Entgelt Wärme bis an die Wohnungstür. Da diese Dienstleistung aufwendige Investitionen in Energieerzeugungsanlagen und Wärmenetze erfordert, die entsprechende Amortisationszeiten aufweisen, ist sie im Normalfall vertraglich langfristig angelegt. Der Wohnungseigentümer stellt ab der Übergabestation, die zumeist vom Anbieter gestellt wird, die Technik zur Wärmeverteilung innerhalb der Wohnung zur Verfügung. Der Nutzer zahlt ein Entgelt für die empfangene Wärme. An die Stelle der autonomen Wärmeerzeugung innerhalb der Immobilie tritt der Empfang der Wärme als Dienstleistung. Aufgrund der technischen Voraussetzungen und teils auch rechtlicher Zwänge, die bis zu einem Anschlusszwang reichen können,[38] begeben sich Nutzer und Eigentümer mit dem Anschluss an ein Wärmenetz in eine nachträglich kaum mehr abwendbare Abhängigkeitssituation vom Wärmelieferanten, der ab diesem Zeitpunkt in der Vertragsbeziehung als Monopolist auftritt. So bemängelt insbesondere auch das Bundeskartellamt, dass die Durchleitung der Wärme von Dritten durch ein bestehendes Fernwärmenetz technisch und wirtschaftlich schwierig sei.[39] Die Entscheidungen über die Wärmeerzeugung, insbesondere auch über die Wahl der Energieträger, obliegen dem Wärmenetzbetreiber. Angesichts des in dieser Situation stark einge-

[36] Vgl. Wolff, D. / Jagnow, K. (2011).
[37] Vgl. HIR (2015a), S. 56.
[38] Vgl HIR (2015a).
[39] Vgl. Bundeskartellamt (2012).

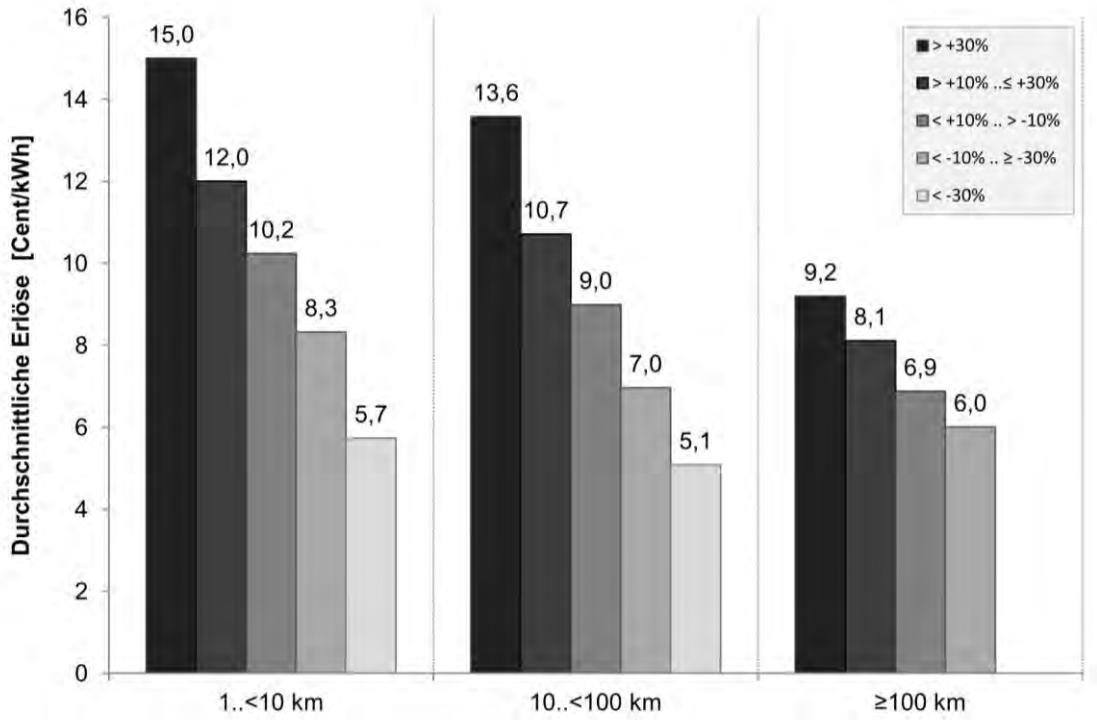
schränkten Wettbewerbs kann der Lieferant die Preise im Rahmen seiner rechtlichen Möglichkeiten vorgeben.

Fernwärme aus Verbrauchersicht vergleichsweise teurer Energieträger

Nicht zuletzt aufgrund dieser Marktstrukturen ist Fernwärme im Durchschnitt verglichen mit anderen Energieträgern, wie obige Ausführungen zeigen, eine vergleichsweise teure Wärmequelle (vgl. Abbildung 9).[40] Entsprechend des Preisvergleichs äquivalenter Energiemengen im „Brennstoffspiegel" war Fernwärme im Oktober 2015 um 16 % teuer als Erdgas und 35 % teurer als Heizöl. Im Zeitraum von 2000 bis 2014 musste ein Haushalt mit Fernwärme rund 4.100 Euro mehr für die Wärmeenergie ausgeben als ein vergleichbarer ölbeheizter Haushalt. In diesem Vergleich noch nicht berücksichtigt sind die Kosten für die Abschreibungen und den Betrieb der Heizungsanlage.[41] Ein Vollkostenvergleich von Heizungssystemen des AGFW - Energieverbands für Wärme, Kälte und KWK zeigt, dass im Jahr 2015 Fernwärme auch in dieser Betrachtung teurer ist als Öl und Gas. Allerdings schwanken im Zeitablauf die Vergleichswerte in Abhängigkeit von der Preisentwicklung der Energieträger deutlich.[42] Das Bundeskartellamt kommt in seiner Studie zu dem Ergebnis, dass die Preisstruktur der Fernwärmelieferanten sehr starken Schwankungen unterlegen ist. In der Abbildung 16 werden die Häufigkeiten prozentualer Preisabweichung vom Durchschnitt für drei unterschiedliche Größenklassen von Wärmenetzen gezeigt.[43]

[40] Vgl. auch die Übersichtsstudie des ITG Dresden (2014).
[41] Vgl. Brennstoffspiegel (2015) zitiert bei Urbanski (2016), Immobilienwirtschaft 2016/2.
[42] Vgl. AGFW (2015).
[43] Vgl. Bundeskartellamt (2012), S. 58 ff.

Abbildung 16: Preisabweichungen bei Fernwärme



Quelle: Bundeskartellamt (2012), S. 61. Basierend auf Daten von 2008.

Je größer das Netz, desto geringer sind offensichtlich die Preisschwankungen der Anbieter. Die Schwankungen sind in der Studie sonst nicht durch regionale, technologische Unterschiede oder die verwendeten Wärmeträger erklärbar.

Zudem besteht für den Verbraucher wenig Transparenz über die ökologische Qualität der erzeugten Wärme und damit das Preis-Leistungsverhältnis des gelieferten Guts. So stellt das Hamburg Institut in seiner Studie zu Zukunftsstrategien für die Fernwärme fest, dass „für die Verbraucher (...) weder die Preisbildung noch die ökologische Qualität der Fernwärme transparent (AP: sind). Für Bestandskunden gibt es keinen Wettbewerb."[44] In einer weiteren Studie des Hamburg Institutes im Auftrag der Verbraucherzentrale Hamburg wurden die Erfahrungen der regionalen Verbraucherschutzzentralen empirisch erhoben und ausgewertet. Im Kernergebnis stellen die Autoren fest, dass die Preiskontrolle den Kartellbehörden schwer falle und deren Befugnisse in der Kontrolle der monopolistischen Marktstrukturen zu gering seien. Dabei richtet sich die Kritik der Autoren nicht nur gegen die absolute Höhe der Preise sondern auch gegen die Preisstruktur. So stellen sie fest, dass der Grundpreis gegenüber den verbrauchsabhängigen Kosten (Arbeitspreis) einen systematisch größeren Anteil am Umsatz einnimmt. Ferner wird festgestellt, dass in den oft sehr langfristigen Lieferverträgen Preisgleitklauseln enthalten sind, die den Betreibern im Rahmen der Selbstkostenermittlung willkürlich ausnutzbare

[44] HIR (2015a), S. 7.

Spielräume bieten.[45] Das Kernergebnis der Studie zum Verbraucherschutz sieht ein strukturelles Defizit im Schutz der Verbraucher auf dem Fernwärmemarkt.[46] Die Fernwärmebetreiber stehen immer wieder im Fokus des Bundeskartellsamts. So zeichnet die Stiftung Warentest die Ermittlungen der Kartellbehörden gegen Fernwärmepreise nach. Insbesondere kommen die Verbraucherschützer zu dem Ergebnis, dass die Preise im Fall von Anschlusszwängen besonders hoch seien. Sie machen aber auch die Probleme einer transparenten und gerechten Preisgestaltung zwischen Anbietern und Nachfragern deutlich.[47] Im Jahr 2013 wurden gegen sieben Betreiber förmliche Verfahren eingeleitet. Erste Betreiber haben daraufhin ihre Preise angepasst oder werden dies in Kürze umsetzen.[48]

Strategische Bewertung aus Sicht der Haushalte zeigt differenziertes Bild

Die Bewertung von Fernwärme ist in zahlreichen Studien mit mehr oder weniger großem Untersuchungsgegenstand bereits vorgenommen worden.[49] Auffällig dabei ist, dass der ökonomischen Perspektive der unmittelbaren Betroffenen, nämlich der Haushalte, bislang nur am Rande Beachtung geschenkt wurde. Diese sind aus Sicht der Nutzer und der Eigentümer der Immobilie möglicher Weise recht unterschiedlich betroffen. Aus Nutzersicht ist die Bewertung der Fernwärme im Wesentlichen eine Frage der Kosten. Diese hängen im Einzelfall von den alternativen Wärmeerzeugungsstrukturen ab. Hier schneidet die Fernwärme regelmäßig wenig vorteilhaft ab. Im Falle einer Erneuerung der Heizung fallen die Unannehmlichkeiten der Umbaumaßnahme geringer aus. Heizkessel und Brennstofflager werden überflüssig. Die Sicherheit im Haus wie auch die Versorgungssicherheit wird generell als hoch bewertet. Insbesondere Brandschutzaspekte im Haus sind angesichts von 1.5 Mio. gefährlicher Mängel an Feuerungsanlagen, die von Schornsteinfeger pro Jahr entdeckt werden, offensichtlich.[50] Die Bewertung der Nutzerzufriedenheit ist offensichtlich vom Studienzweck und der konkreten Fragestellung an die Verbraucher abhängig. Eine nicht näher qualifizierte Studie der AGFW zur Nutzerzufriedenheit mit verschiedenen Heizungssystemen zeigt die höchste Zufriedenheit bei Haushalten, die an Fernwärmenetze angeschlossen sind. Erdgas, Öl und andere Systeme fallen demgegenüber deutlich ab.[51] Dementgegen zeigt eine Studie im Auftrag des Instituts für Wärme und Oeltechnik (IWO) zur Zufriedenheit der Verbraucher mit Ölheizungen ein anderes Bild zur Nutzerzufriedenheit. In der bei der GfK beauftragten IWO Studie zeigten sich 94 % der befragten mit ihrer Ölheizung als „sehr zufrieden“ oder „zufrieden“. Auch wenn hier kein unmittelbarer Vergleich verschiedener Heizungssysteme abgefragt wurde, so zeigt sich doch, dass die Nutzer der Ölheizung die freie Auswahl von Lieferanten, die Bevorratung im eigenen Tank je nach Bedarf, die Effizienz und Sparsamkeit, die

---

[45] Vgl. HIR (2015b) sowie HIR (2015a), S. 10.
[46] Vgl. HIR (2015a), S. VII.
[47] Vgl. https://www.test.de/Preise-fuer-Fernwaerme-Anbieter-unter-Verdacht-4436247-0/ Abruf v. 17.02.16
[48] Vgl. Urbansky (2016), S. 54.
[49] Vgl. zu einer Synopse der Studienergebnisse ITG (2014).
[50] Vgl. ZIV (2015).
[51] Vgl. BDEW (2015).

Sicherheit, die lange Lebensdauer und die günstigen Brennstoffkosten der dezentralen Heizung hervorhoben.[52]

Aus Sicht der Eigentümer ist der Bezug von Fernwärme vergleichsweise bequem, da die Instandhaltung von Heizkessel und Schornstein entfallen. Im Falle von Neu- oder Ersatzbeschaffung entfällt die Finanzierung vergleichsweise teurer Wärmeerzeugungsanlagen. Der notwendige Investitionsbetrag reduziert sich, was insbesondere die Finanzierung größerer Sanierungsmaßnahmen erleichtert. Bei vermietetem Wohnraum können die Vollkosten der Wärmeerzeugung ohne große Diskussionen und Abrechnungsaufwand auf die Mieter umgelegt werden. Nachteilig kann sich hingegen die langfristige Bindung an das System der Fernwärme auswirken. Sollten beispielswiese im lokalen Immobilienmarkt durch die Fernwärme bedingte Kostennachteile der Hauswärme entstehen, wirken diese üblicher Weise als Wettbewerbsnachteile der Wohnung bei Neuvermietungen und damit vermutlich sowohl tendenziell mietertragsreduzierend als auch wertverringernd.[53] Ebenso kann sich der Fernwärmeanschluss für die Haushalte insbesondere auch im Falle einer energetischen Gebäudesanierung nachteilig auswirken. Der Einbezug individuell am Haus errichteter Wärmeerzeuger wie Beispielsweise von Solarthermie oder Wärmepumpen ist technisch in der Regel nicht vorgesehen. Ebenso bereitet die deutliche Verringerung des Wärmebedarfs von Häusern zum Beispiel durch Dämmung auf Passivhausniveau wirtschaftliche Probleme, da der vertraglichen Abnahmeverpflichtung gegenüber dem Wärmelieferanten kein Bedarf mehr gegenüber steht. Schließlich gehen Hauseigentümer und -nutzer ein Partnerrisiko ein, dass im Eintrittsfall sehr hohe Kosten verursachen kann. Bei wirtschaftlichen Problemen des Energielieferanten ist damit zu rechnen, dass er sich vor allem über steigende Wärmepreise bei den Abnehmern sanieren kann. Beispielsweise ist Fernwärme oft nur durch starke Förderung überhaupt wirtschaftlich darstellbar. Diese Förderung könnte aber im Zuge energiepolitischer Umsteuerung durchaus vom Gesetzgeber geändert werden. Ebenso basiert das Geschäftsmodell der Wärmelieferanten zumeist aus einem Verbund aus Energie- und Wärmeerzeugung. Brechen die Umsätze aus der Energieerzeugung, wie seit einiger Zeit geschehen, ein, dürfte das nicht ohne Folgen für die Wärmeerzeugung bleiben. Im Umkehrschluss würde das bedeuten, dass die Verbraucher die Abhängigkeit von einem Monopolisten, die mangelnde eigene Kontrolle über den Energievorrat und die Heizungstechnik sowie die mangelnde Effizienz eines Fernwärmenetzes als Nachteil zentraler Heizungssysteme bewerten würden.

Verbreitung von Fernwärme bislang vergleichsweise eher gering mit steigender Tendenz

Angesichts der durchaus bestehenden Nachteile der Fernwärme verwundert es nicht, dass sie sich als Wärmeträger in Deutschland insbesondere gegenüber Öl und Gas bislang noch nicht durchgesetzt hat. In Abhängigkeit von der Bezugsgröße beträgt der Anteil der Fernwärme zwischen 5 % und 13,5 %.

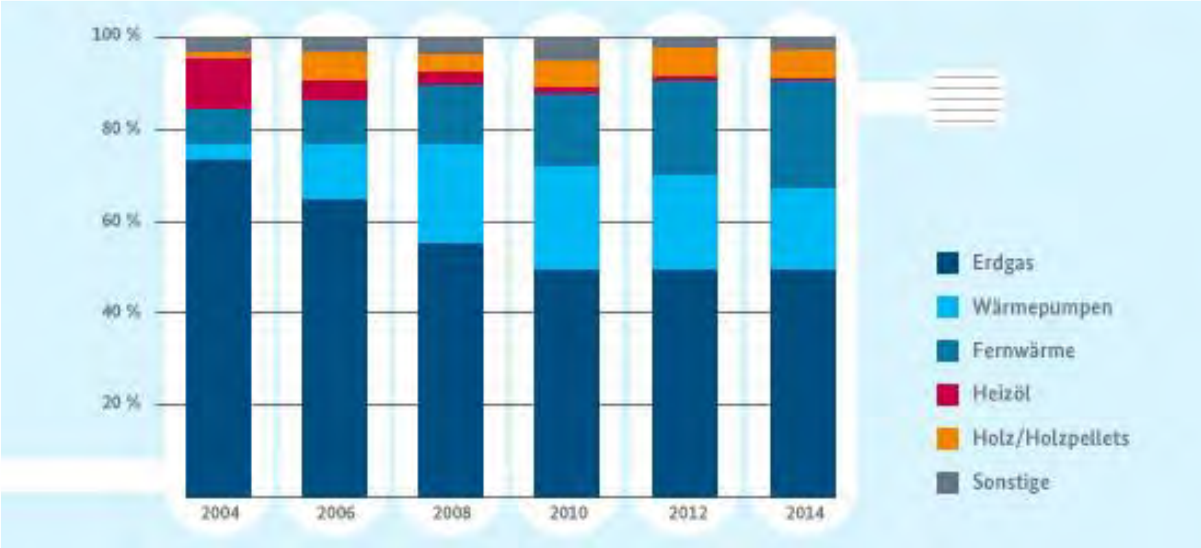
---

[52] Vgl. o.V. (2016) in raffiniert Jg. 2016, H.1, S. 6 ff.
[53] Diese Vermutung basiert auf Plausibilität und vereinzelter Beobachtung der Autoren. Empirische Studien, die diese Vermutung bestätigen oder widerlegen können, liegen noch nicht vor.

Der untere Wert von 5 % ist der Anteil der Fernwärme in Bezug auf die versorgten Häuser.[54] Ein mittlerer Wert von 12 % ist der Anteil der Fernwärme gemessen an den von den Versorgern gelieferten Energiemengen[55]. Schließlich beträgt der Anteil der Fernwärme an den versorgten Wohneinheiten 13,5%.[56] In absoluten Zahlen ausgedrückt versorgt der Fernwärmesektor somit circa. 5 Mio. Haushalte.[57]

Die Zeitreihe der Statistik über die Beheizung des Wohnungsneubaus zeigt ein bemerkenswertes Bild. So ist der Anteil der Fernwärme im Neubau von 7 % im Jahr 2000 auf über 20 % im Jahr 2015 gestiegen.[58] Die zeitliche Entwicklung der Beheizungsarten im Wohnungsneubau wurde auch in einer Studie der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) im Jahr 2015 ermittelt. Die Ergebnisse zeigt folgende Abbildung. Die Verhältnisse stimmen mit der bereits im Abschnitt 2.2.1 gezeigten Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau überein.

Abbildung 17: Beheizungsarten im Wohnungsneubau



Quelle: BMWI (2015), S. 7 nach Daten der AGEB.

Die Ursachen des Anstiegs sind empirisch bislang noch nicht geklärt. Vermutlich liegen sie allerdings in einer veränderten Förderkulisse und vor allem in der veränderten Objektstruktur des Neubaus begründet. Ein Großteil der in den letzten Jahren neu errichteten Objekte ist vor allem in Gebieten mit hoher räumlicher Dichte in Form von Mehrfamilienhäusern durch professionelle Bauträger oder von institutionellen Wohnungsgesellschaften errichtet worden. Diese Immobilientypen eignen sich beispielsweise im Vergleich zu Einfamilienhäusern in ländlichen Strukturen besonders gut für die Fernwärmeversorgung.

---

[54] Vgl. BDEW (2014).
[55] Vgl. Shell (2013).
[56] Vgl. BDEW (2014).
[57] Vgl. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) (2012) zitiert bei HIR (2015a), S. 20.
[58] Vgl. Urbansky (2015).

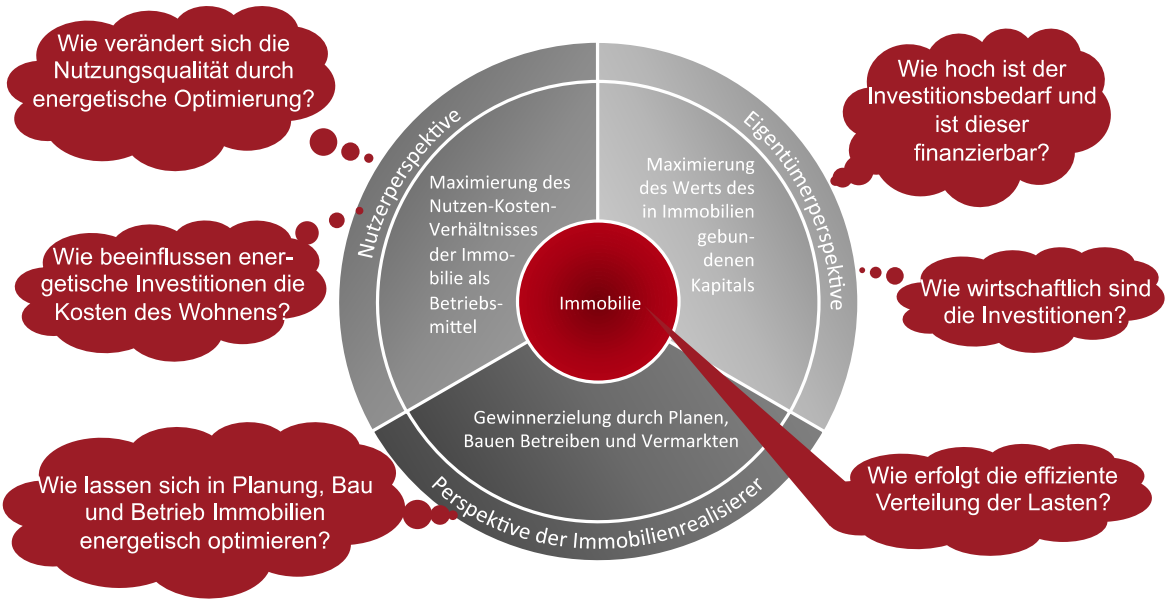
2.6 Status quo der politischen Diskussion um Nah- und Fernwärme

Sowohl die deutsche Wohnungswirtschaft als auch die Energiewirtschaft sind in den letzten Jahren regelmäßig Gegenstand der gesellschaftlichen und politischen Debatte gewesen. Dabei sind unmittelbar die Wärmewirtschaft im Allgemeinen und die Fernwärmewirtschaft im Besonderen betreffende Themen Gegenstand der Diskussion gewesen. Nachfolgend wird ein Überblick über die hier einschlägigen Themenfelder gegeben.

Effizienz ist in der Politik zur energetischen Gebäudesanierung eine relative Größe

Wie eingangs in der Problemstellung dieser Studie bereits ausgeführt, ist das anerkannte politische Ziel, zum Zweck des Klimaschutzes den Energieverbrauch der Wärmeversorgung zukünftig zu verringern. Um die damit verbundenen volkswirtschaftlichen Kosten möglichst niedrig zu halten, werden an alle Strategien und Maßnahmen dabei strenge Effizienzmaßstäbe angelegt. Was Effizient ist und was nicht ist in Fragen der Immobilienwirtschaft nur vor dem Hintergrund der Ziele von Wirtschaftssubjekten zu beantworten. In der Vergangenheit hat es sich immer wieder gezeigt, dass die handelnden Akteure unter den Eigentümern, Nutzern sowie die Produzenten und Dienstleistern der Immobilienwirtschaft sehr unterschiedliche Ziele verfolgen und deshalb die Strategien und Maßnahmen differenziert bewerten.

Abbildung 18: Darmstädter 3-Sichten-Modell der Immobilienwirtschaft



Quelle: In Anlehnung an Pfnür (2010).

Auf den Gebäudebestand gerichtete Politik kann nur nachhaltig erfolgreich sein, wenn die Sichten aller Akteure im Politikprozess angemessen berücksichtigt werden.[59] In der energetischen Gebäudesanierung ist dies in der Vergangenheit nicht immer in ausreichendem Maße geschehen. Vielmehr konzentrierten sich die Politikansätze vor allem auf die Sicht der Produzenten von Gebäuden und immobilienwirtschaftlichen Dienstleister.[60]

2.6.1 Diskussion der Fernwärme aus Sicht von Planung, Bau und Betrieb

Die immobilienwirtschaftlichen Dienstleister sind in der Lage im gesamten Lebenszyklus von Planung, Bau, Betrieb und Verwertung der Immobilie große Beiträge zu den Klimaschutzzielen zu leisten. Studien zeigen, dass die technischen Möglichkeiten vorhanden sind flächendeckend die Hauswärme in Deutschland nahezu klimaneutral bereitzustellen.[61] Allerdings ist der Weg dahin offensichtlich voller hoher Hürden, um deren Überwindung intensive politische Debatten geführt werden.

Dänische Verhältnisse als Vorbild der Fernwärmewirtschaft

Insgesamt ist das Politikfeld der Wärmeversorgung der Haushalte durch die Akteure der vergangenen Jahre überbestimmt. Einerseits ist es politischer Wille, den Anteil der erneuerbaren Energien zu steigern. Die Diffusion innovativer Energiekonzepte setzt eine entsprechend hohe Nachfrage voraus. Andererseits soll der Energiebedarf insgesamt durch eine effizientere Nutzung sinken. In diesem Spannungsfeld kann die Fernwärme konzeptionell zur Erreichung beider Ziele beitragen. In der praktischen Umsetzung ist der Anteil der bislang in der Fernwärme eingesetzten regenerativen Energieträger noch sehr gering (siehe Abb.). Entsprechende Forderungen der Interessengruppen der Umwelt- und Energieorganisationen nach einem Aufstocken der regenerativen Energieträger stehen vor der Hürde der oftmals mangelnden Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen. Als Lösung fordern die Interessengruppen eine weitere Aufstockung der öffentlichen Förderung und die Ausdehnung von Anschluss und Benutzungszwängen beispielsweise nach Dänischem Vorbild. Hier hat die Fernwärme bereits einen Anteil von 60 % an der Wärmeversorgung. Dort darf bei Neubauten seit 2013 keine Gas- oder Ölheizung mehr eingebaut werden und der Anteil der erneuerbaren Energieträger an der Fernwärmeversorgung beträgt 50 % und soll kontinuierlich ausgebaut werden.[62]

Lokales Handwerk fürchtet um seine Geschäftsgrundlage

Die Interessenvertreter der Unternehmen, die ihr Kerngeschäft vor allem in der dezentralen Wärmeversorgung aus regenerativen Energien sehen, argumentieren umgekehrt, dass Fernwärmesysteme

---

[59] Vgl. Pfnür (2010); Kämpf-Dern et al. (2013).
[60] Vgl. Pfnür et al. (2009).
[61] Vgl. z.B. Erhorn/Hoier (2011).
[62] Vgl. zur Entwicklung der Fernwärme in Dänemark die Website des Danish Board of District Heating (DBDH): http://dbdh.dk, Abruf v. 21.07.16.

aufgrund ihrer Grundversorgung der Haushalte die stärkere Diffusion lokaler regenerativer Wärmesysteme wie Solarthermie stagnieren lassen. Anschluss- und Benutzungszwänge würden zu Sanierungsstaus der Heizungsanlagen führen und verhinderten der Argumentation dieser Interessengruppen weiter folgend somit deren Ersatz durch dezentrale regenerative Technologien.

Praktische Effizienzwirkung der Fernwärme wird diametral unterschiedlich bewertet

Die Möglichkeiten der Hebung von Energieeffizienzsteigerungspotenzialen der Fernwärme werden durch die Interessengruppen in sehr unterschiedliche Zusammenhänge gestellt. Während Interessenvertreter der Betreiber der Fernwärmenetze wie der Energieeffizienzverband AGFW und der Bundesverband Fernwärmeleitung (BFW) naturgemäß hohe Potenziale sehen, argumentieren die Dienstleister, die ihr Kerngeschäft vor allem in der dezentralen Wärmeversorgung machen, die sich unter anderem in der Allianz Freie Wärme zusammengeschlossen haben, entsprechend kritisch gegenüber der Realisierbarkeit dieser Effizienzsteigerungspotenziale. Auch von dieser Seite werden Anschluss- und Benutzungszwänge als Grund für Sanierungsstaus im Heizungsbereich genannt. In der Folge würden Investitionen in technologisch wie wirtschaftlich effiziente Investitionen in die dezentrale Technik unterbleiben, marktwirtschaftliche Mechanismen ausgehebelt und die Entscheidungsfreiheit der Bürger eingeengt. Schließlich befürchten die Interessenvertreter des Handwerks und der Schornsteinfeger durch die Ausweitung der Fernwärme um ihre Geschäftsgrundlage und damit den Verlust lokaler Wirtschaftskraft inklusive der zugehörigen Arbeitsplätze.

Schließlich befindet sich ein Großteil der Fernwärmedienstleister in kommunalem Eigentum. Die Interessenvertreter betonen insbesondere in Zeiten volatiler Strommärkte die Bedeutung der Wärmeumsätze für die Solvenz der kommunalen Unternehmen, zumeist der Stadtwerke, sowie die öffentlichen Haushalte.

2.6.2 Diskussion der Fernwärme aus Sicht der Nutzer

Fernwärme als Preistreiber der Kosten des Wohnens

Für die Nutzer der Immobilie ist die Fernwärme in der gesellschaftlichen Debatte vor allem ein Preistreiber der Wärmekosten und damit der Kosten des Wohnens insgesamt. Wie die oben dargestellt, ist Fernwärme regelmäßig eine vergleichsweise teure Beheizungsart. Darauf weisen Verbraucherschutzorganisationen und Mieterverbände regelmäßig hin.[63] Im Bereich der Sozialpolitik weisen insbesondere die Sozialverbände immer wieder darauf hin, dass in vielen Teilen Deutschlands steigende Energiekosten und Kosten des Wohnens insbesondere die sozial Schwachen in besonderem Maße treffen würden und die soziale Schere in der Gesellschaft somit weiter aufgehe. In diesem Zusammenhang ist auch von „Energiearmut“ die Rede. Gefordert wird eine sozial gerechte Energiepolitik. Dazu gehören

[63] Vgl. zum Beispiel die folgende Darstellung des Berliner Mietervereins: http://www.berliner-mieterverein.de/magazin/online/mm1106/110622.htm Abruf v. 18.02.16.

eine in besonderem Maße ökonomisch effiziente Strategie der Verringerung der Treibhausgase und eine gerechte Lastenverteilung. Diesen Zielen der Interessenvertreter steht Fernwärme immer dann entgegen, wenn die Kosten der Wärmeerzeugung im Vergleich zu hoch sind. Wie zuvor in der Abbildung 16 dargestellt, streuen die Preise der Fernwärme stark. Die Beurteilung der Kosteneffizienz der Fernwärme aus Sicht der Nutzer streut ebenso stark. Wesentlicher in diesem Zusammenhang genannter Pfeiler der Effizienz ist die Technologieoffenheit der Energieversorgung. Dieser Technologieoffenheit stehen die Anschluss- und Benutzungszwänge der Fernwärmewirtschaft diametral entgegen. Es wird daher u.a. im Positionspapier des Verbraucherzentrale Bundesverbandes e.V. (2016) gefordert, dass „das kommunale Instrument des Anschluss- und Benutzungszwangs grundsätzlich aufzugeben ist". Ebenso wird Fernwärme von diesen Anspruchsgruppen immer dann kritisch bewertet, wenn überproportional hohe Grund- und Messpreise die verursachungsgerechte Kostenallokation verhindern und Geringverbraucher benachteiligen. Summa summarum wird die Fernwärme regelmäßig dann zum politisch beachteten gesellschaftlichen Anliegen, wenn die Kosten vergleichsweise zu hoch sind, insbesondere wenn die Kostentragfähigkeit der Haushalte nicht mehr gewährleistet ist. Besonders kritisch wird von den Verbraucherschützern die doppelte Quersubventionierung kommunaler Unternehmen bewertet. Einerseits sei der Ersatz wegbrechender Umsätze im Stromverkauf durch Umsätze in der Wärme und die dadurch zu befürchtenden Kostensteigerungen der Wärme problematisch. Andererseits wird die Quersubventionierung öffentlicher Haushalte aus den Gewinnen kommunaler Fernwärmegeschäfte von den Verbraucherschützern kritisiert.

2.6.3 Diskussion der Fernwärme aus Sicht der Eigentümer

Aus Sicht der Immobilieneigentümer sind die Anforderungen an die energetischen Gebäudestandards in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Ihr Interesse besteht darin, die notwendigen Anpassungen möglichst wirtschaftlich effizient durchzuführen, möglichst keine Verluste ihrer Immobilienwerte, beispielsweise durch rechtlich notwendige aber noch nicht erfolgte Sanierungsmaßnahmen, zu erleiden und im Falle von vermietetem Eigentum die Lasten möglichst weitgehend auf die Mieter umzulegen und so dem sonst drohenden Investor-Nutzer-Dilemma aus dem Weg zu gehen. Entsprechend sehen Interessenvertreter wie der GdW Bundesverband Deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen in der Fernwärme eine gute Möglichkeit, ihre energetischen Vorgaben zu erfüllen, ohne nennenswerte eigene Investitionen tätigen zu müssen. Insbesondere sollte dem GdW zufolge der Anteil erneuerbarer Energien bei der Fernwärmeerzeugung aufgestockt werden. Auch könnte die Liberalisierung der Netze durch die der Förderung der Trennung der Geschäftsmodelle von Netz- und Anlagenbetreibern nach der Auffassung des GdW dazu beitragen, den Anteil erneuerbarer Energien an der

Hauswärme zu steigern. Zudem begrüßt der GdW die mit der Liberalisierung einhergehende Auflösung von Monopolstrukturen auf der Anbieterseite der Fernwärme.[64]

[64] Vgl. http://web.gdw.de/pressecenter/pressemeldungen/265-pressecenter/pressearchiv/pressearchiv-2013/670-gdw-begruesst-moeglichen-beginn-der-liberalisierung-des-fernwaermemarktes sowie http://web.gdw.de/pressecenter/pressemeldungen/265-pressecenter/pressearchiv/pressearchiv-2013/1022-umweltschonendes-wohnen-muss-fuer-den-mieter-bezahlbar-und-fuer-den-vermieter-wirtschaftlich-sein-gdw-legt-energieprognose-2050-vor beide Abrufe v. 18.02.16.

3 Darstellung typischer Fern- und Nahwärmekonzepte anhand von praktischen Beispielen

Verfasser: Bert Oschatz und Bernadetta Winiewska

3.1 Einführende Bemerkungen

Im Folgenden werden drei typische Fern- und Nahwärmekonzepte beschrieben. Eine eindeutige Definition für Fern- und Nahwärme gibt es allerdings nicht. Nach AGFW „wird Fernwärme meist als eine leitungsgebundene Energie zur Wärmeversorgung von Kunden über die Energieträger Heizwasser oder Dampf definiert. Dabei wird die Wärme zentral in einem Heizkraftwerk oder Heizwerk erzeugt oder aus einer sonstigen Wärmequelle bezogen. Sie wird den Kunden für Raumheizung, Wassererwärmung oder Produktionszwecke über Wärmeverteilungsnetze zugeführt. Ganz ähnlich wird in der juristischen Literatur vertreten, Fernwärme liege vor, wenn der Lieferant durch die von ihm betriebene Heizzentrale mehrere Gebäude oder ganze Stadtteile über ein eigenes Versorgungsnetz und über Anschlüsse an die Kundenanlage mit Wärme versorgt (vgl. Pauls, NJW 1984, S. 2448, 2449; Brintzinger, in: Fischer-Dieskau-Pergande-Schwender, Wohnungsbaurecht, Band V, § 1 HeizkV Anmerkung 5, S. 8).“

Nach Rechtsprechung des BGH (NJW 1990, S. 1183) ist die Wärmelieferung für Gebäude dann als Fernwärme anzusehen, „wenn sie nicht vom Gebäudeeigentümer, sondern von einem Dritten erfolgt und dieser die Wärmelieferung nach den Vorschriften der AVBFernwärmeV (von der weiteren Darstellung wird abgesehen) oder unter Zugrundelegung von Individualverträgen vornimmt. Damit sind sowohl die herkömmlichen Fernwärmeversorgungsunternehmen (Fernheizwerk, Kraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung usw.) erfasst, wie auch diejenigen Unternehmen, die es übernommen haben, die Heizungsanlage des Gebäudeeigentümers für diesen im eigenen Namen und für eigene Rechnung zu betreiben. (…) Dabei kommt es auf die Nähe der Anlage zu dem versorgten Gebäude ebenso wenig an wie auf das Vorhandensein eines größeren Leitungsnetzes.“ Berücksichtigt man diese Rechtsprechung fallen auch kleine Lösungen, die häufig als Nahwärme bezeichnet werden, rechtlich unter den Begriff der Fernwärme.

Der in folgenden Abschnitten verwendete Begriff „Nahwärmenetz“ dient nur der Abgrenzung zu den größeren Fernwärmenetzen und wird nur im Zusammenhang mit kleineren Versorgungsgebieten (Dorf, Siedlung, Stadtteil) verwendet.

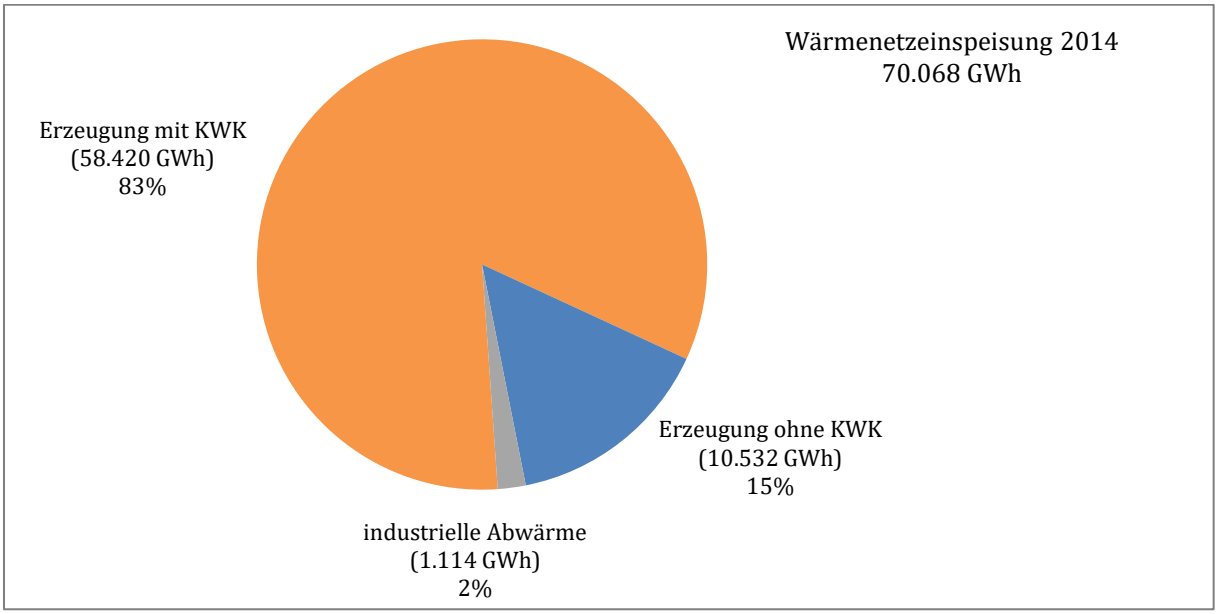
3.2 Typische Fern- und Nahwärmeversorgungskonzepte

3.2.1 Fernwärme aus KWK

Unter Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird die gleichzeitige Gewinnung von mechanischer Energie, die in der Regel unmittelbar in elektrischen Strom umgewandelt wird, und nutzbarer Wärme für Heizzwecke oder für Produktionsprozesse in einem gemeinsamen thermodynamischen Prozess verstanden. In den meisten Fällen stellen Heizkraftwerke Wärme für die Heizung öffentlicher und privater Gebäude bereit, oder sie versorgen Betriebe mit Prozesswärme.

Die Nutzung der Wärme aus Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung ist aktuell die am meisten verbreitete Form der Fernwärme in Deutschland. Nach AGFW[65] stammen im Jahr 2014 83 % der in die deutschen Wärmenetze eingespeisten Wärme aus Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (s. folgende Abbildung). Das entspricht ca. 58.420 GWh Wärme. Insgesamt werden im Jahr 2014 70.068 GWh Wärme in deutsche Wärmenetze eingespeist.

Abbildung 19: Wärmenetzeinspeisung – eigene Anlagen und Fremdbezug



Quelle der Zahlenwerte: AGFW (2015)

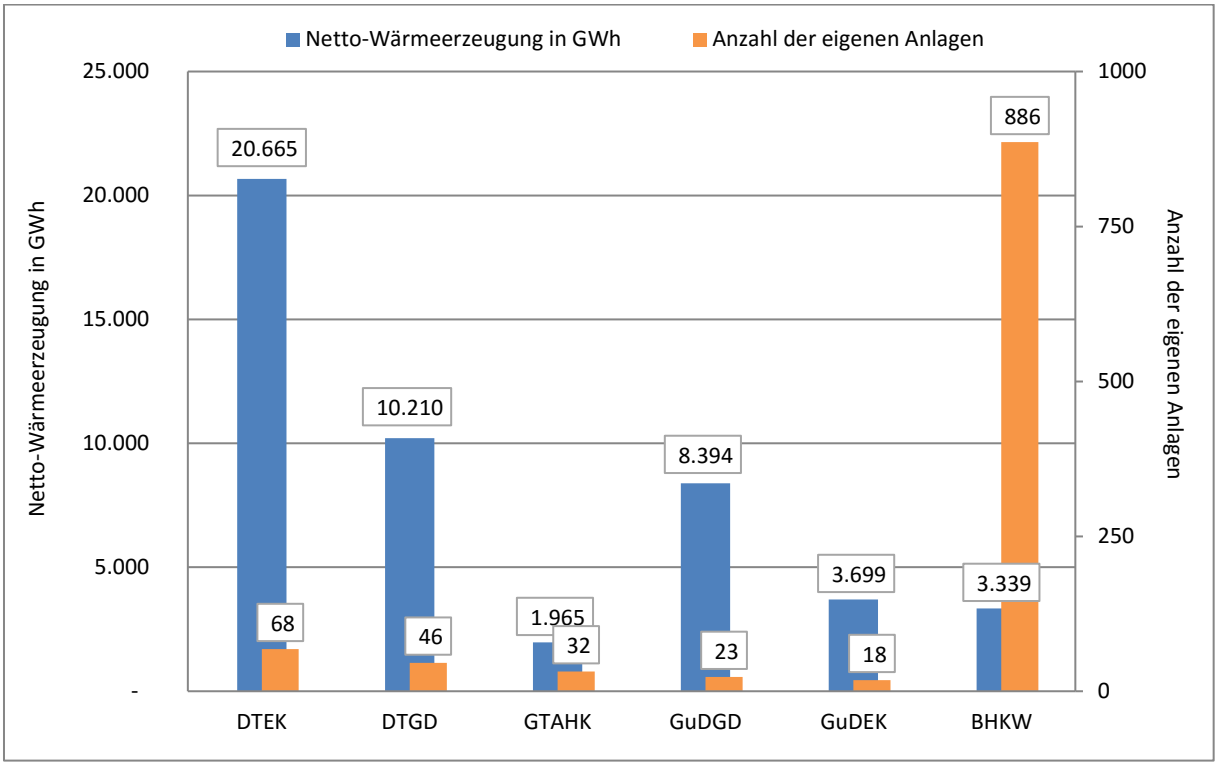
Die Wärme wird überwiegend in folgenden Anlagen erzeugt (s. Abbildung 20):

- Entnahmekondensationsanlagen (DTEK)
- Gegendruckanlagen (DTGD)
- Gasturbinen mit Abhitzekessel (GTAHK)

[65] Der AGFW–Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. führt jedes Jahr Erhebungen zur Struktur der Fernwärmeversorgung durch. Die Meldung der Versorgungsunternehmen ist freiwillig und variiert daher von Jahr zu Jahr, erfasst aber den Großteil der bereitgestellten Fernwärme.

- Gasturbinen mit nachgeschalteter Gegendruckdampfturbine (GuDGD)
- Gasturbinen mit nachgeschalteter Entnahmekondensationsdampfturbine (GuDEK)
- Blockheizkraftwerke (BHKW)

Abbildung 20: Netto-Wärmeerzeugung und Anzahl der KWK-Anlagen



Quelle der Zahlenwerte: AGFW (2015)

Die großen Heizkraftwerke sind typisch für Großstädte und damit für Städte mit hoher Siedlungsdichte. Als Beispiel können folgende Anlagen genannt werden:

- Heizkraftwerk Marzahn mit 1.030 MW Wärmeauskopplung
- Heizkraftwerk Berlin-Klingenberg mit 680 MW Wärmeauskopplung
- Heizkraftwerk Nord (München) mit 900 MW Wärmeauskopplung
- Heizkraftwerk Nossener Brücke in Dresden mit 480 MW Wärmeauskopplung
- Kohlekraftwerk Hannover-Stöcken mit 425 MW Wärmeauskopplung
- Kraftwerk Bremen-Hastedt mit 270 MW Wärmeauskopplung
- Kraftwerk Dortmund mit ca. 300 MW Wärmeauskopplung

Zusätzlich zum zentralen Heizkraftwerk werden in Großstädten (z.B. Berlin) zahlreiche dezentrale Blockheizkraftwerke installiert. BHKWs kommen auch in Versorgungsgebieten mit niedrigerer Siedlungsdichte, z.B. einem Dorf (oft in Verbindung mit Biogas), Stadtrandgebiet bzw. einer Kleinstadt, zum Einsatz.

3.2.2 Fernwärme aus industrieller Abwärme

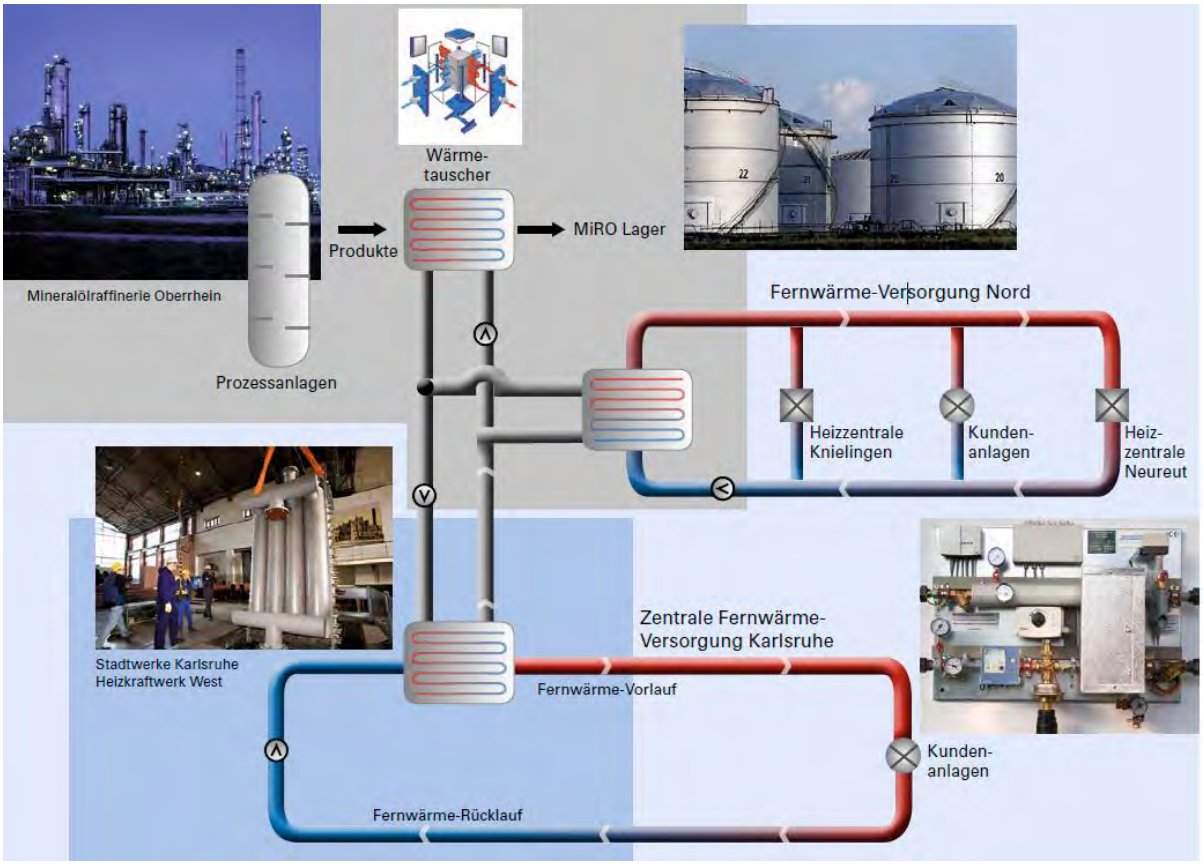
Prozesswärme wird in sehr verschiedenen Produktionsprozessen in der Industrie benötigt. Als Beispiel sind an der Stelle die Erzeugung von Dampf oder Heißgas für Trocknungsprozesse, warme Bäder zum Waschen oder Galvanisieren sowie Erwärmung von Einsatzstoffen und Materialien zu nennen. Bei vielen dieser Prozesse entsteht Abwärme, also Wärme, die die Anlage verlässt und nicht der Zweckbestimmung der Anlage entspricht.

Fernwärme aus industrieller Abwärme spielt in Deutschland bisher eine untergeordnete Rolle. Nach AGFW wurden im Jahr 2014 nur 2 % der in die Wärmenetze eingespeisten Wärme aus industriellen Abwärme gewonnen. Einer der Gründe dafür kann sein, dass die Wärmesenke oft nicht in der Nähe des Ortes der Abwärmeentstehung vorhanden ist und lange Leitungen zu der jeweiligen Siedlung erforderlich sind. Eine andere Ursache wird in der manchmal vorhandenen Diskrepanz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke gesehen. Bei der Abgabe von Abwärme an Dritte muss die Versorgungssicherheit gewährleistet werden, bei einer verringerten Produktionsleistung des abwärmelieferenden Unternehmens können jedoch Versorgungsengpässe entstehen (vgl. M. Pehnt, et al. (2010)).

Können die strukturellen und technologischen Hemmnisse behoben werden, stellt die industrielle Abwärmenutzung ein interessantes Handlungsfeld der Effizienzsteigerung und ist aus ökologischer Sicht zu befürworten.

Als Pilotprojekt für die Nutzung von industrieller Prozessabwärme in einem großen städtischen Fernwärmenetz ist die Kooperation zwischen der Mineraloelraffinerrie Oberrhein (MiRO) und den Stadtwerken Karlsruhe zu sehen. Die Abwärme aus den Produktionsprozessen der MiRO wird in das Karlsruher Fernwärmenetz eingespeist (s. Abbildung 21) Der Anteil der industriellen Abwärme an der gesamten Fernwärme der Stadt liegt bei über 50 %. Damit können bis zu 43.000 Haushalte in Karlsruhe durch industrielle Abwärme versorgt werden. Mit der Nutzung von Prozessabwärme aus der Raffinerie können jährlich ca. 100.000 Tonnen CO_2 vermieden werden.

Abbildung 21: Nutzung der Prozesswärme aus der MiRO



Quelle: Infomaterial „MiRO Fernwärme“[66]

Wärmenetze, in die ausschließlich Prozessabwärme eingespeist wird, erreichen sehr niedrige Primärenergiefaktoren, die nahe Null liegen. Das ist dadurch begründet, dass nur der Hilfsenergieaufwand zum Betrieb des Netzes primärenergetisch relevant ist. Für das Karlsruher Fernwärmenetz Nord wird ein Primärenergiefaktor von f_p=0,02[67] zertifiziert.

3.2.3 Nahwärme aus Biomasse

Die Nahwärme aus Biomasse ist vor allen in Wärmenetzen, die kleine Gebiete/Ortschaften versorgen, zu finden. Das beste Beispiel dafür sind Bioenergiedörfer. Aktuell werden in Deutschland 176 Ortschaften als Bioenergiedorf definiert, in einigen davon ist allerdings die Umstrukturierung noch im Gange[68].

Bei der Nahwärme aus Biomasse kann sich sowohl um Wärme aus KWK als auch aus Heizwerken handeln. Bei den meisten Bioenergiedörfern wird das erzeugte Biogas verstromt und die im KWK-Prozess erzeugte Wärme in ein Wärmenetz eingespeist. Begünstigt durch die Stromgutschriftenmethode ergeben sich für die Art der Nahwärme überwiegend negative Primärenergiefaktoren, die dann

---

[66] Vgl. https://www.miro-ka.de/de/kontakt-info/infomaterial.htm
[67] Vgl. Schad, S. (2014)
[68] Vgl. http://www.wege-zum-bioenergiedorf.de

zu f_p=0,0 gesetzt werden ($f_p \geq 0$!). Folgende Tabelle stellt eine beispielhafte Berechnung des Primärenergiefaktors in einem Bioenergiedorf unter Einbeziehung folgender Formel und des Primärenergiefaktors für aktuell gültigen Verdrängungsstrommix in Höhe von f_p=2,8:

$$f_{PE,WV} = \frac{(\sigma_a + 1) \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,Br,HKW}}{\zeta_{HKW} \cdot \zeta_{HN}} + \frac{\beta_{HW1} \cdot f_{PE,Br,HW1}}{\zeta_{HW1} \cdot \zeta_{HN}} + \frac{\beta_{HW2} \cdot f_{PE,Br,HW2}}{\zeta_{HW2} \cdot \zeta_{HN}} - \frac{\sigma_a \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,El}}{\zeta_{HN}}$$

Tabelle 7: Berechnung eines Primärenergiefaktors für Nahwärme aus Biomasse aus den Planungsunterlagen - Stromgutschriftenmethode

Jahresstromkennzahl des BHKW	$\sigma_a = W_{HKW,netto}/Q_{HKW}$	1,17
Jahresanteil der in KWK erzeugten Wärme an der gesamt erzeugten Wärme Q_{Erz}	$\beta_{KWK} = Q_{HKW}/Q_{Erz}$	0,70
Jahresanteil der in regenerativ gefeuerten Heizwerken erzeugten Wärme (Holzhackschnitzelkessel) an der gesamt erzeugten Wärme Q_{Erz}	$\beta_{HW1} = Q_{HW}/Q_{Erz}$	0,29
Jahresanteil der in fossil gefeuerten Heizwerken erzeugten Wärme (Ölkessel) an der gesamt erzeugten Wärme Q_{Erz}	$\beta_{HW2} = Q_{HW}/Q_{Erz}$	0,01
Jahresnutzungsgrad des Heizkraftwerkes	$\zeta_{HKW} = (W_{HKW,netto} + Q_{HKW})/(m_{Br} * Hu)$	0,81
Jahresnutzungsgrad des Holzhackschnitzelkessels	$\zeta_{HW1} = Q_{HW}/(m_{Br} * Hu)$	0,85
Jahresnutzungsgrad des Ölkessels	$\zeta_{HW2} = Q_{HW}/(m_{Br} * Hu)$	0,90
Jahresnutzungsgrad des Heiznetzes	$\zeta_{HN} = \sum Q_{H,i}/Q_{Erz}$	0,91
Primärenergiefaktor Verdrängungsstromix	$f_{PE,El}$	2,8
Primärenergiefaktor der Nahwärme	$f_p = \frac{(1{,}17 + 1) * 0{,}70 * 0{,}5}{0{,}81 * 0{,}91} + \frac{0{,}29 * 0{,}2}{0{,}85 * 0{,}91} + \frac{0{,}01 * 1{,}1}{0{,}90 * 0{,}91} - \frac{1{,}17 * 0{,}70 * 2{,}8}{0{,}91}$ $f_p = -1{,}40 \rightarrow f_p = 0{,}0$	

Eine perspektivisch mögliche Verringerung des Primärenergiefaktors für den Verdrängungsstrommix hätte kaum Auswirkungen auf den Primärenergiefaktor der Nahwärme aus Biomasse.

3.3 Thermische Verluste von Nah- und Fernwärmenetzen

3.3.1 Durchschnittliche Wärmeverluste

Einer der Nachteile der netzgebundenen Wärmeversorgung und des Wärmetransportes oft über mehrere Kilometer sind die Wärmeverluste der Netze. Die Verluste sind von vielen Faktoren u.a. dem benö-

tigten Temperaturniveau, der Leitungslänge, der Dämmstärke des Rohrleitungssystems, der jährlichen Betriebsdauer, der Abnehmerstruktur und dem Alter des Netzes abhängig.

Folgende Tabelle enthält die Zusammenfassung der Kennwerte der im AGFW (2015) berücksichtigten Wärmenetze. Die Verluste der Wärmenetze variieren je nach Bundesland. Die höchsten absoluten Netzverluste werden in Nordrein-Westfalen, Baden-Württemberg und Berlin gemessen. Die höchsten prozentualen dagegen in Mecklenburg-Vorpommern, Thüringen, Rheinland-Pfalz und Bayern.

Der mittlere Netzverlust über alle betrachteten Netze betrug im Jahr 2014 nach AGFW 13%. Der absolute Netzverlust lag bei 35.452 TJ. Berücksichtigt man die Gesamtlänge der betrachteten Wärmenetze, ergibt sich ein auf die Trassenlänge bezogener Wärmeverlust von 470 kWh/(m a). Der ermittelte absolute Netzverlust liegt in dem oft für Wärmenetze angegebenen Bereich für die auf die Trassenlänge bezogenen Wärmeverluste von 250 bis 600 kWh/(m a)[69].

Tabelle 8: Wärmeleistung, Wärmearbeit und Wärmeverluste der Netze nach Bundesländern

Bundesland	Wärmeleistung		Wärmearbeit			Wärmeverluste der Netze
	Gespeicherte Wärme-engpassleis-tung insge-samt	Wärme-höchstlast aller Netze	Wärmenetz-einspeisung*		Wärmeabgabe an Kunden	
	MW	MW	TJ	GWh	TJ	%
Schleswig-Holstein	1.172	1.075	11.571	3.214	9.702	16
Hamburg	1.957	1.356	15.687	4.358	13.921	11
Niedersachsen	2.315	1.537	13.112	3.642	11.620	11
Bremen	811	356	4.107	1.141	3.536	14
Nordrhein-Westfalen	7.767	4.511	53.331	14.814	45.375	15
Hessen	2.205	1.295	14.933	4.148	12.660	15
Rheinland-Pfalz	341	464	5.238	1.455	4.416	16
Baden-Württemberg	6.025	3.756	37.347	10.374	34.223	8
Bayern	3.532	2.567	28.395	7.887	23.931	16
Berlin	5.396	3.501	36.681	10.189	33.299	9
Brandenburg	1.754	1.238	15.173	4.215	13.806	9
Mecklenburg-Vorpommern	982	673	6.292	1.748	5.160	18
Sachsen	3.154	2.122	21.891	6.081	18.969	13
Sachsen-Anhalt	1.017	584	6.117	1.699	5.208	15
Thüringen	1.088	690	8.074	2.243	6.673	17
Summe/ Mittelwert	**39.517**	**25.725**	**277.949**	**77.208**	**242.497**	**Ø 13**

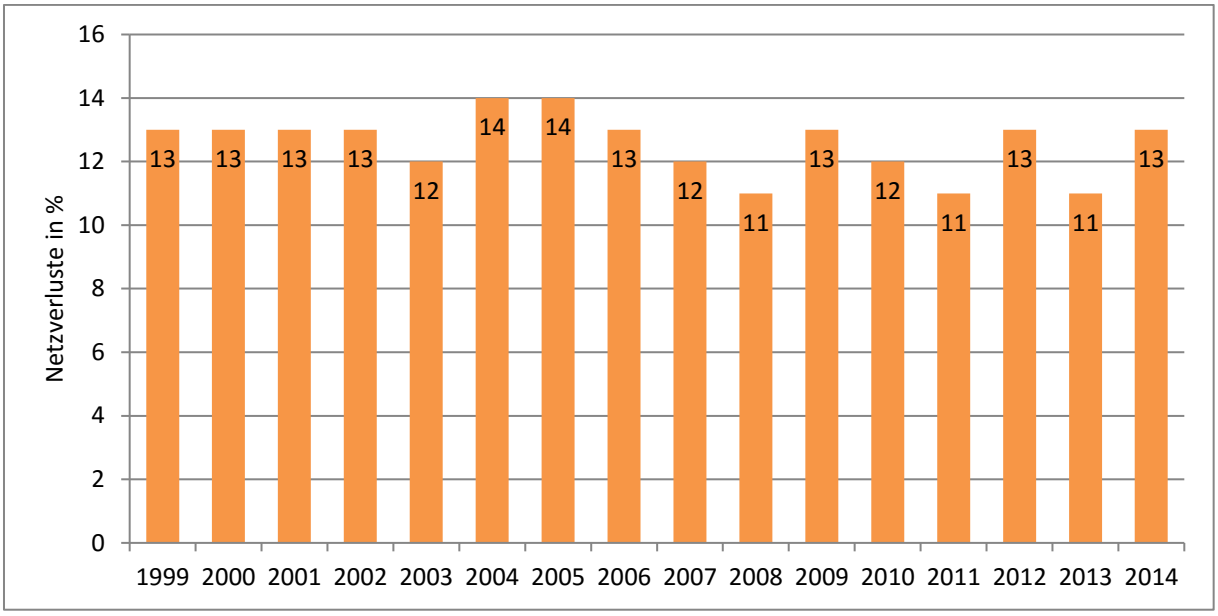
Quelle der Zahlenwerte: AGFW (2015)

[69] Vgl. Wolff, D. / Jagnow, K. (2011)

Berücksichtigt man die durchschnittliche Trassenlänge pro Hausstation[70] von 57 m nach AGFW, ergibt sich ein absoluter Netzverlust pro Hausstation in Höhe von 26.790 kWh/a.

Die Entwicklung der prozentualen durchschnittlichen Netzverluste seit 1999 stellt Abbildung 22 dar.

Abbildung 22: Fernwärme-Netzverluste - durchschnittlich



Quelle der Zahlenwerte: AGFW (2015)

Bei der Bewertung der Netzverluste ist zu beachten, dass die zuvor genannten Zahlen nur Mittelwerte für den Status quo darstellen. In der Literatur können jedoch Beispiele für Wärmenetze mit deutlich höheren relativen Netzverlusten gefunden werden (vgl. Wolff, D. / Jagnow K. (2011)). Auch perspektivisch bedingt durch sinkenden Wärmebedarf und Erschließung von Gebieten mit ungünstigen Wärmebedarfsdichten sind höhere relative Netzverluste zu erwarten.

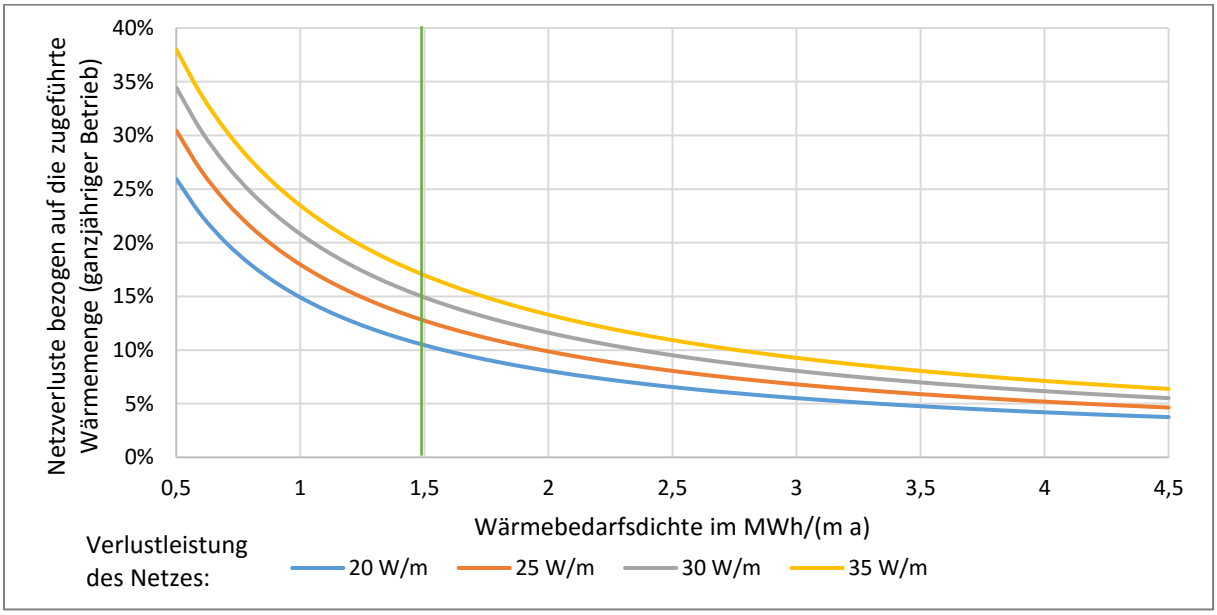
3.3.2 Wärmeverluste in Abhängigkeit von Wärmebedarfsdichten

Folgende Abbildung zeigt die rechnerischen Wärmenetzverluste in Abhängigkeit von der Wärmebedarfsdichte. Unter Wärmebedarfsdichte wird der jährliche Wärmebedarf pro Meter des Fernwärmenetzes verstanden. Bei den Wärmebedarfsdichten unter 1,5 MWh/(m a) steigen die prozentualen Wärmeverluste stark an. Je nach spezifischer Verlustleistung des Netzes können Wärmeverluste stark variieren. Bei neuen erdverlegten Wärmenetzen mit einem nicht zu hohen Temperaturniveau wird üblicherweise von einer spezifischen Verlustleistung von 25 W/m ausgegangen. Bei geringen Wärmebedarfsdichten sind Wärmeverluste in Höhe von bis zu 30 % bei einer ganzjährigen Betriebsweise des Netzes möglich. Für neue Netze sollten jedoch Netzverluste von maximal 10 % angestrebt werden. In Anbe-

[70] Dabei ist zu beachten, dass der durchschnittliche Anschlusswert pro Hausstation 137 kW nach AGFW beträgt.

tracht dieser Zielvorgabe sind neue Netze für Gebiete/Siedlungen mit Wärmebedarfsdichten unter 1,5 MWh/(m a) nicht zu empfehlen.

Abbildung 23: Fernwärme-Netzverluste – in Abhängigkeit von der Belegungsdichte



Wird der Ausbau von Wärmenetzen massiv forciert, hätte das jedoch eine Erschließung von Gebieten mit ungünstigen Wärmebedarfsdichten zur Folge. Daraus würden wiederum relative Netzverluste in Größenordnung von 20 – 30 % resultieren.

3.3.3 Einfluss der Wärmeverluste auf Fernwärmepreis

Im Folgenden wird der Einfluss der Netzverluste auf den Fernwärmepreis diskutiert. Dabei wird von einer einheitlichen Verlustleistung der Netze ausgegangen. Die Netzverluste sind proportional zur Netzlänge. Die betrachteten Netzverluste resultieren daher von unterschiedlichen Netzlängen. Die Netzlängen sind wiederum durch die Siedlungsstruktur bedingt.

In Anlehnung an die Angaben der AGFW wird der Standardfall wie folgt definiert:

- Netzverlust: 13 %
- Wärmepreis: 76,97 €/MWh (Netto-Mischpreis, Abnahmefall: 15 kW, 2014/2015)
- Anteil Netzkosten (kapitalgebundene Kosten und Stromkosten) am Wärmepreis: 20 %

Es werden folgende Parameter variiert:

- Netzverluste
    - 10 %
    - 13%
    - 15 %
    - 25 %

- Anteil Netzkosten am Fernwärmepreis
    - 10 %
    - 20 %
    - 30 %

Bei dem Standardfall wird unterstellt, dass der Wärmepreis so kalkuliert ist, dass der Betrieb des Netzes aus Sicht des Betreibers wirtschaftlich ist. Ändern sich die Rahmenbedingungen, z.B. durch höhere Netzverluste, muss der Betreiber den Wärmepreis so anpassen, dass ein wirtschaftlicher Betrieb des Netzes gewährleistet ist.

Bei den Berechnungen werden daher folgende Tendenzen berücksichtigt:

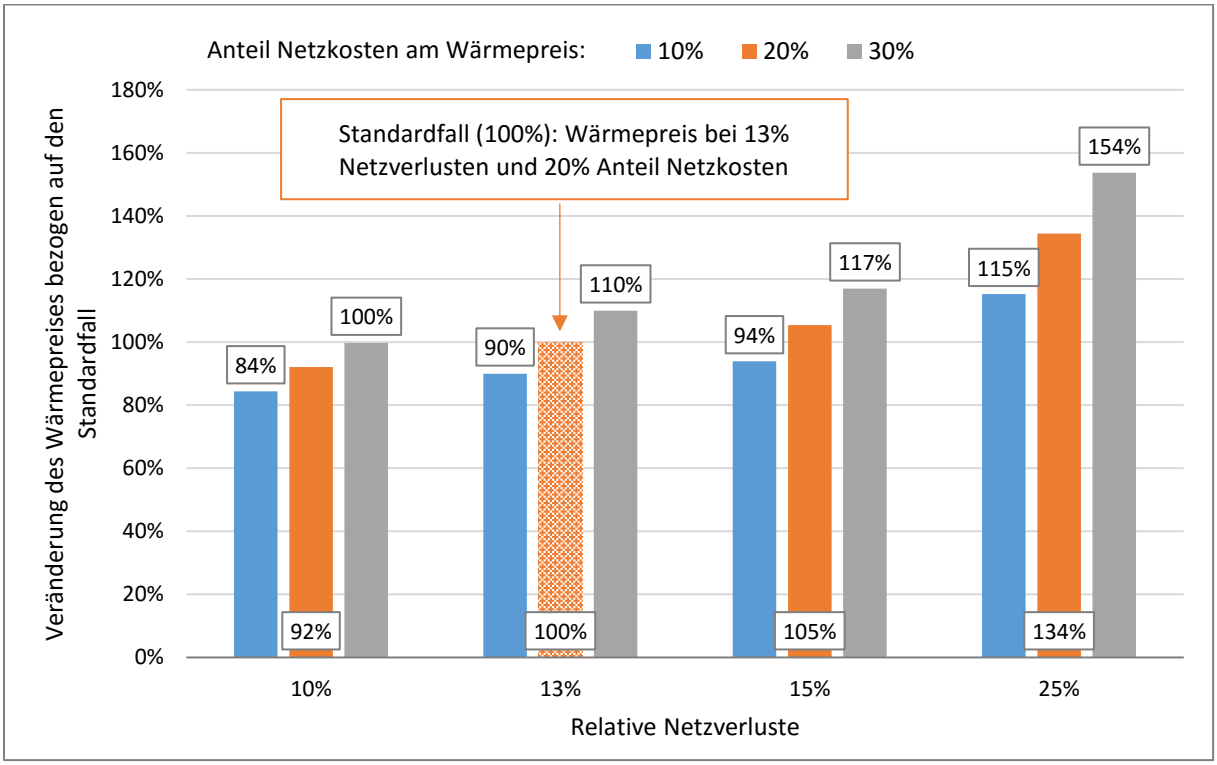
- Mit steigenden Netzverlusten sinkt die verkaufte Wärmemenge pro erzeugte Megawattstunde Wärme → gegenüber dem Standardfall wird dies durch höheren Wärmepreis ausgeglichen.
- Mit steigenden Netzlängen steigen die Netzkosten → gegenüber dem Standardfall wird dies durch eine weitere Erhöhung des Wärmepreises ausgeglichen.
- Bei gegenüber dem Standardfall niedrigeren Netzverlusten treten gegenläufige Tendenzen auf.

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen wird der Wärmepreis in Abhängigkeit von den Netzverlusten und dem Anteil der Netzkosten am Wärmepreis berechnet. Mit steigenden Netzverlusten und Netzkostenanteilen steigt der Wärmepreis (s. Tabelle 9). Aus den berechneten Zahlen wird eine relative Veränderung des Wärmepreises bezogen auf den Standardfall ermittelt. Abbildung 24 kann entnommen werden, dass der Wärmepreis je nach Preisstruktur und Höhe der Netzverluste zwischen 84 % und 154 % bezogen auf den Standardfall schwanken kann. Die hohen Wärmepreise sind dann zu erwarten, wenn durch den massiven Netzausbau auch Gebiete/Siedlungen erschlossen werden, die aufgrund der Siedlungsstruktur mit niedrigen Wärmebedarfsdichten und damit hohen Netzverlusten verbunden sind.

Tabelle 9: Wärmepreis in Abhängigkeit von den Netzverlusten und dem Anteil der Netzkosten am Wärmepreis

Wärmepreis (Mischpreis), brutto, in €/MWh		**Netzverluste**			
		10%	**13%**	**15%**	**25%**
Anteil Netzkosten am Wärmepreis	**10%**	77,3	82,4	86,0	105,6
	20%	84,3	91,6	96,6	123,2
	30%	91,4	100,8	107,1	140,8

Abbildung 24: Veränderung des Wärmepreises bezogen auf den Standardfall in Abhängigkeit von den Netzverlusten und dem Anteil der Netzkosten am Wärmepreis



3.4 Technisches Potenzial der Fern-/Nahwärmekonzepte

Das technische Potenzial der Fern-/Nahwärmekonzepte ist begrenzt. Der flächendeckende Ausbau von Wärmenetzen ist bedingt durch viele ungünstige Abnahmefälle z.B. im ländlichen Gebiet nicht möglich.

Insgesamt sind in Deutschland etwa 1.400 Wärmenetze mit ca. 21.000 km Trassenlänge in Betrieb. Der Großteil der heute bestehenden Netzstrukturen wurde bereits vor Jahrzehnten gebaut. Netzausbau und Netzverdichtungsmaßnahmen werden aktuell zwar im begrenzten Umfang vorgenommen, die Anschlussleistung stagniert jedoch seit etwa 15 Jahren bei ca. 50.000 MW[71].

3.5 Potenzial tatsächlich vorhandenen Wärmesenken für die zentrale Wärmeversorgung in Deutschland

Der Wärmebedarf der Gebäude (Raumwärme und Trinkwarmwasser) hat entscheidende Bedeutung auf den wirtschaftlichen Betrieb, Bau oder Ausbau von Wärmenetzen. Entsprechend dem Energiekonzept der Bundesregierung soll die Sanierungsrate für Gebäude von derzeit jährlich etwa 1% auf 2% des gesamten Gebäudebestandes verdoppelt werden. Durch steigende Effizienz der Gebäude im Zuge einer wirksamen Gebäudedämmung werden die Wärmeverbräuche der Gebäude zukünftig geringer. Dies führt zu geringeren „Leistungsdichten“ im Fernwärmenetz, der relative Anteil der Wärmeverluste

[71] Vgl. AGFW (2015), HIR (2015b)

steigt im Verhältnis zur benötigten Nutzwärme. Damit verschlechtern sich die Randbedingungen für Wärmenetze.

Anhand der vorhandenen Daten ist es nicht ohne Weiteres möglich, das Potential der zukünftig tatsächlich vorhandenen Wärmesenken für die zentrale Wärmeversorgung zu bestimmen. In der Literatur werden dazu unterschiedliche Werte angegeben. So werden z.B. im Auftrag von BMWi unterschiedliche Energieszenarien[72] betrachtet, die eine deutliche Verringerung der Nachfrage nach Fernwärme in den Sektoren Industrie, private Haushalte und GHD zwischen 2008 und 2050 prognostizieren. Im Bereich der privaten Haushalte verringert sich der Einsatz von Fernwärme um – je nach Zielszenario – 51 % bis 65 %. Als Ursache hierfür wird vor allem der insgesamt stark rückläufige Wärmebedarf genannt.

Abbildung 25: KWK-Potentiale der Fernwärme in Deutschland nach Szenarien, 2008-2050

	2008	2020	2030	2040	2050
KWK-Potentiale Fernwärme [TWh]					
Referenz	129,8	124,6	118,0	108,9	99,3
Szenario I A	129,8	117,9	95,5	72,0	51,9
Szenario II A	129,8	114,8	94,3	73,3	54,9
Szenario III A	129,8	114,9	94,3	73,3	54,9
Szenario IV A	129,8	113,1	87,1	64,4	47,2
Szenario I B	129,8	117,9	95,5	72,0	51,9
Szenario II B	129,8	114,8	94,3	73,3	54,9
Szenario III B	129,8	114,9	94,3	73,3	54,9
Szenario IV B	129,8	113,7	87,7	65,0	47,1

Quelle: Prognos AG / EWI / GWS (2010)

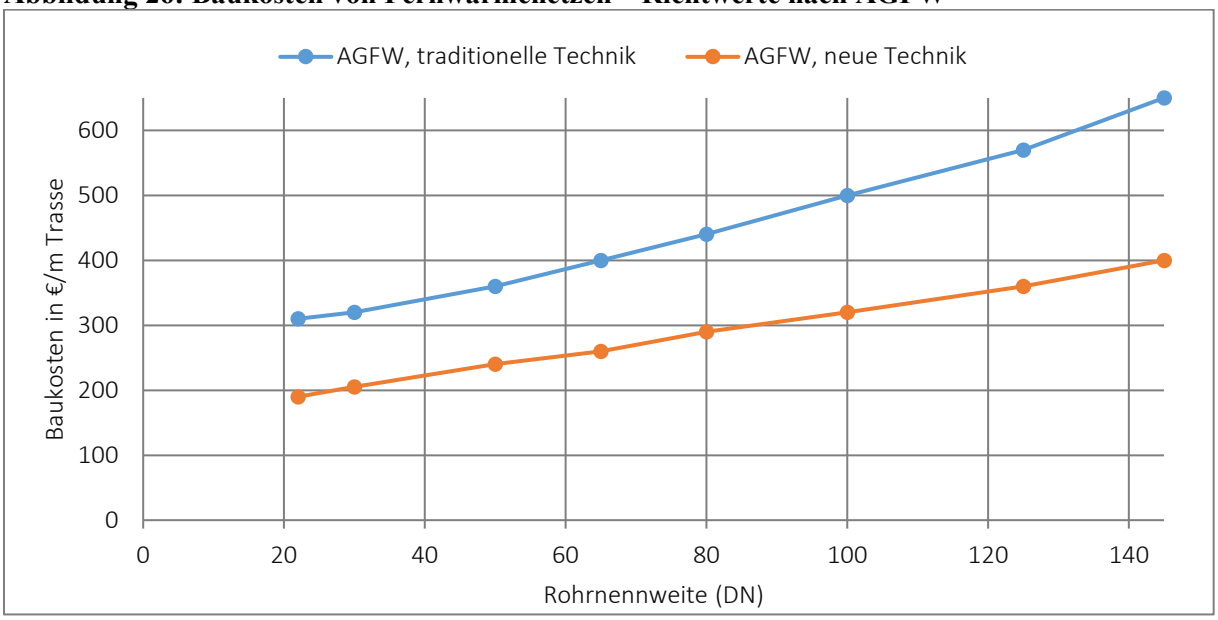
3.6 Kosten für den Bau eines neuen Nah-/Fernwärmenetzes bzw. eine Erweiterung von Bestandsnetzen

Kosten für den Bau eines neuen Nah-/Fernwärmenetzes bzw. die Erweiterung eines Bestandsnetzes sind projektbezogen und hängen von vielen Faktoren ab. Dazu zählen die Trassenlänge, der Leitungsquerschnitt, die Bebauungsdichte, die Art der eingesetzten Rohrleitungen und die Art der Verlegung. Allgemeine Aussagen zu den Kosten des Baus eines Netzes werden zwar in der Literatur getroffen, aufgrund von den wenigen Quellen ist es schwierig, diese zu verifizieren. In vielen Studien werden die in Euro umgerechneten Baukosten je Meter der Trassenlänge in Abhängigkeit von der Nennweite nach AGFW aus dem Jahr 1997 zitiert. Diese liegen je nach Nennweite und eingesetzter Technik zwischen

[72] Vgl. Prognos AG / EWI / GWS (2010)

rund 200 und 650 €/(m Trassenlänge). Dabei steigen die Kosten mit steigernder Nennweite (s. Abbildung 26).

Abbildung 26: Baukosten von Fernwärmenetzen – Richtwerte nach AGFW



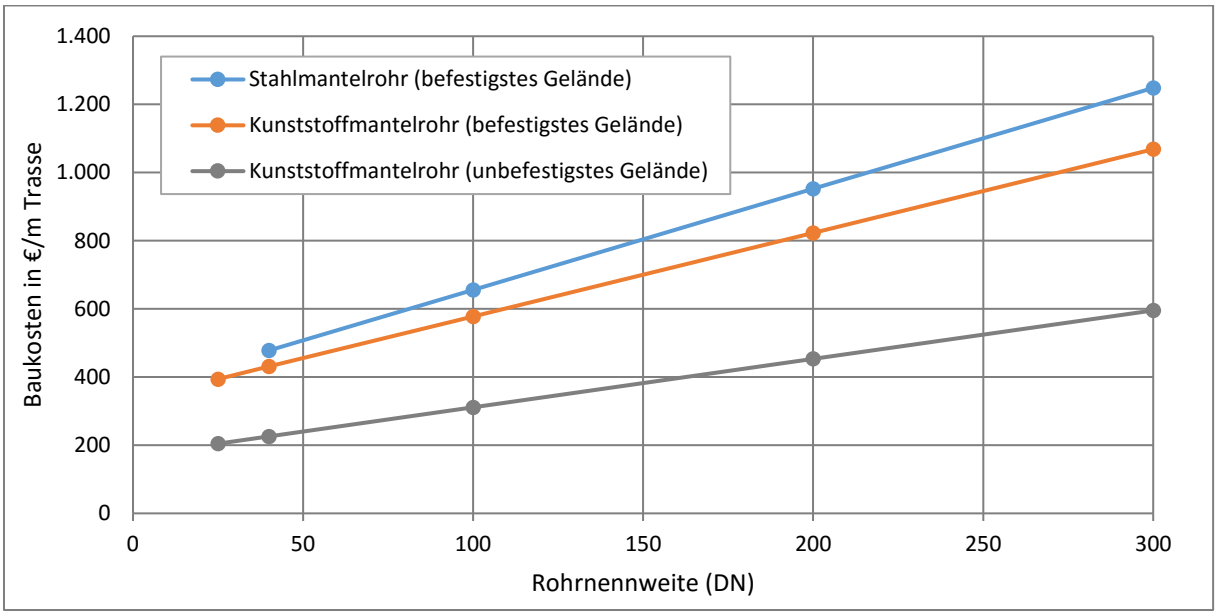
Quelle der Zahlenwerte: Wuppertal Institut, DLR Stuttgart, ie Leipzig (2006) unter Verwendung der Zahlenwerte der AGFW aus dem Schlussbericht 1997

Eine andere Quelle[73] gibt Kostenfunktionen für die Fernwärmeleitungen in Abhängigkeit von dem eingesetzten Material (Kunststoff oder Stahl) und der Verlegung (befestigtes oder unbefestigtes Gelände) an. Die abgeleiteten Kostenfunktionen basieren auf den Kostenkennwerten aus Kennziffernkatalog 2004 von Energie-Consulting[74]. Für die in Abbildung 27 dargestellten Kosten werden folgende Kostenfunktionen zugrunde gelegt, wobei X die Rohrnennweite der Fernleitung bedeutet:

- Stahlmantelrohr (befestigtes Gelände): k = 2,96 €/m * X + 360 €/m
- Kunststoffmantelrohr (befestigtes Gelände): k = 2,45 €/m * X + 333 €/m
- Kunststoffmantelrohr (unbefestigtes Gelände): k = 1,42 €/m * X + 169 €/m

[73] Vgl. Jagnow, K. / Heimlich, A. / Wolff, D. (2009).
[74] Vgl. Energie-Consulting (2004).

Abbildung 27: Baukosten von Fernwärmenetzen – Kostenfunktionen nach Jagnow/ Heimlich/Wolff



Quelle der Zahlenwerte: Jagnow, K. / Heimlich, A. / Wolff, D. (2009)

In dem bereits vorher zitierten Endbericht der Arbeitsgemeinschaft Wuppertal Institut, DLR Stuttgart, ie Leipzig [75] werden Verteilkosten nach Siedlungstypen definiert. Dabei werden allerdings nur die Leitungslängen der Unterverteilung und der Hausanschlüsse betrachtet. Aus den ausgewiesenen Kosten können mittlere Leitungskosten von ca. 250 – 290 €/m ermittelt werden.

Entsprechend C.A.R.M.E.N Merkblatt[76] liegen die Kosten bei mittleren Wärmenetzen zwischen 200 und 400 € je verlegten Trassenmeter. In der Regel ist eine Verlegung in einem bereits erschlossenen Gebiet teurer als bei einer Ersterschließung. Das korreliert mit Tendenzen aus Abbildung 27. Berücksichtigt man die durchschnittliche Trassenlänge pro Hausstation von 57 m nach AGFW, ergeben sich für den Bau eines Wärmenetzes Kosten pro Hausstation zwischen 11.400 € und 22.800 €.

[75] Vgl. Wuppertal Institut, DLR Stuttgart, ie Leipzig (2006).
[76] Vgl. https://www.carmen-ev.de/files/festbrennstoffe/merkblatt_Nahwaermenetz_carmen_ev.pdf, Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk e.V., Merkblatt Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen,

4 Energetische und ökologische Bewertung von zentralen vs. dezentralen Wärmeversorgungskonzepten, Stärken und Schwächen der Konzepte

Verfasser: Bert Oschatz, Andreas Pfnür, Bernadetta Winiewska

4.1 Nutzenunterschiede zwischen netzgebundener und gebäudeweiser Wärmeversorgung aus Sicht der Akteure

Unter zentraler netzgebundener Wärmeversorgung wird im Folgenden die Wärmeversorgung aus Nah-/Fernwärmenetzen verstanden. Mit dezentralen gebäudeweiser Wärmeversorgung wird die Wärmeerzeugung im Gebäude selbst (gebäudeintegriert oder in unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude, z.B. bei einer Außenaufstellung des Wärmeerzeugers) verstanden.

Bei der Bewertung beider Wärmeversorgungssysteme können deutliche Unterschiede z.B. hinsichtlich Kosten, Platzbedarf, Anbieterwechsel festgestellt werden. Einer der Vorteile der zentralen Wärmeversorgungssysteme ist ein geringer Platzbedarf der Hausübergabestation und daraus resultierende Möglichkeit einer anderwärtigen Nutzung des für die Heiztechnik sonst vorgesehenen Raumes. Im Vergleich zu brennstoffbetriebenen gebäudeweisen Wärmeversorgungssystemen können Kosten für den Bau oder Erneuerung eines Schornstein und die Schornsteinfegergebühren eingespart werden. Gleichzeitig sind anders bei Öl- und Pelletkesseln die Beschaffung, Vorfinanzierung und Lagerkapazitäten für die Brennstoffe nicht erforderlich.

Den Vorteilen der netzgebundenen Wärmeversorgung steht eine Reihe von Nachteilen gegenüber. Wie bereits im Abschnitt 2.4.3 beschrieben stellt jedes Fernwärmenetz ein natürliches Monopol dar. Ein Anbieterwechsel zu einem anderen Wärmeversorger, anders als das bei Gas und Strom üblich ist, ist nicht möglich. In der Regel binden lange Vertragslaufzeiten von bis zu zehn Jahren und Laufzeitverlängerungen von fünf Jahren den Anschlussnehmer (vgl. Positionspapier des Verbraucherzentrale Bundesverbandes e.V. (2016)). Durch die langfristige Bindung an einen Anbieter ist die Flexibilität bei der Wahl des Anbieters und Möglichkeit der Reaktion auf steigende Energiepreise nicht gegeben.

4.2 Randbedingungen der Bewertung

4.2.1 Repräsentative Fallbeispiele

Im Rahmen der Ausarbeitung werden folgende drei Fallbeispiele betrachtet:

- ein kleines Versorgungsgebiet, das für ein Dorf oder Stadtrandgebiet repräsentativ ist,
- ein mittleres Versorgungsgebiet, das für eine Kleinstadt repräsentativ ist,

- ein großes Versorgungsgebiet, das für eine Großstadt mit hoher Siedlungsdichte repräsentativ ist.

Für die betrachteten Versorgungsgebiete werden weiterhin repräsentative Gebäudetypen definiert:

- ein Einfamilienhaus mit einer Wohnfläche von 150 m², repräsentativ für ein kleines Versorgungsgebiet (EFH)
- ein mittelgroßes Mehrfamilienhaus mit 12 Wohneinheiten, repräsentativ für ein mittleres Versorgungsgebiet (M_MFH),
- ein großes Mehrfamilienhaus mit 24 Wohneinheiten, repräsentativ für ein großes Versorgungsgebiet (G_MFH).

Bei den betrachteten Gebäudetypen werden hinsichtlich des Energieverbrauchs folgende Szenarien berücksichtigt:

- unsanierter Altbau (Typ 1, s. Abbildung 28)
- teilsanierter Altbau (Typ 2, s. Abbildung 29)
- nach 2002 fertiggestellter Neubau (Typ 3, s. Abbildung 30)

Bei dem unsanierten EFH wird von einem Heizölverbrauch im Ausgangszustand von rund 2.900 Liter pro Jahr ausgegangen.

Bei der Wahl der Fallbeispiele wird besonderer Wert darauf gelegt, dass diese die Mehrheit des Gebäudebestandes in Deutschland beschreiben. Entsprechend 2.1 wird der Gebäudebereich durch Wohngebäude mit ein bis zwei Wohneinheiten dominiert. Ein- und Zweifamilienhäuser haben einen Anteil von ca. 82 % am Gesamtbestand. Der Anteil von Gebäuden mit drei und mehr Wohneinheiten wird mit ca. 18 % beziffert. Hinsichtlich des Wärmeschutzes überwiegen im deutschen Wohngebäudebestand energetisch unsanierte bzw. teilsanierte Gebäude. Dies wird mit den gewählten Szenarien und der Wichtung entsprechend berücksichtigt.

Abbildung 28: Wohngebäude Typ 1 am Beispiel eines EFH

Abbildung 29: Wohngebäude Typ 2 am Beispiel eines MFH

Abbildung 30: Wohngebäude Typ 3 am Beispiel eines EFH

Die Gebäudegeometrie bleibt innerhalb des Gebäudetyps bei den Bestandsgebäuden gleich. Das Neubaugebäude weist eine zum Teil andere Gebäudegeometrie aus. So wird z.B. bei dem Bestandseinfamilienhaus unterstellt, dass der Keller nicht beheizt wird. Im Falle des Neubaueinfamilienhauses werden zwei Fälle betrachtet:

- mit Keller innerhalb der thermischen Hülle
- ohne Keller

Bei den beiden Mehrfamilienhäusern unterscheiden sich die Gebäude nur durch die Dachform und die Raumhöhe. In den Bestandsgebäuden wird von einem Satteldach und niedrigeren Raumhöhen ausgegangen. Bei den Neubauten werden ein Flachdach und eine lichte Raumhöhe von 2,65 m unterstellt.

4.2.2 Typische gebäudeweise Versorgungskonzepte

Hinsichtlich der Anlagentechnik werden für jeden Gebäudetyp die aus heutiger Sicht typischen Lösungen betrachtet. Bei der Wahl der dezentralen gebäudeweisen Anlagentechnikvarianten werden die aktuellen Tendenzen im Heizungsmarkt berücksichtigt (vgl. Abbildung 10, Abbildung 11). Grundsätzlich werden folgende dezentrale Anlagenvarianten in die Berechnungen einbezogen, wobei nicht jede dezentrale Anlagenvariante in allen drei Gebäudetypen und unter Berücksichtigung aller drei Wärmeschutzniveaus abgebildet wird:

- Öl-/Gas-Brennwertkessel (BW)
- Öl-/Gas-Brennwertkessel + solare TWE
- Öl-/Gas-Brennwertkessel + solare TWE und HeizU
- Elektro-Wärmepumpe mit Wärmequelle Außenluft (L/W-EWP)
- Elektro-Wärmepumpe mit Erdreich als Wärmequelle (S/W-EWP)

- Pelletkessel

Die Zusammenstellung der betrachteten Anlagenvarianten stellt folgende Tabelle dar.

Tabelle 10: Variantenmatrix

		EFH, unsaniert	EFH, teilsaniert	EFH, neu	M-MFH, unsaniert	M-MFH, teilsaniert	M-MFH, neu	G-MFH, unsaniert	G-MFH, teilsaniert	G-MFH, neu
dezentral	Öl -BW	✓	✓	-	✓	✓		✓	✓	-
	Gas-BW	✓	✓	-	✓	✓		✓	✓	-
	Öl-BW + sol. TWE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gas-BW + sol. TWE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Öl-BW + sol. TWE/HeizU	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
	Gas-BW + sol. TWE/HeizU	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
	L/W-EWP	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓
	S/W-EWP	-	✓	✓	-	✓	✓	-	-	✓
	Pelletkessel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
zentral	Nah-/Fernwärme	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Bei den beiden Bestandsgebäuden wird nicht nach dem Ausgangszustand des Energieträgers differenziert. Es wird unterstellt, dass kein Energieträgerwechsel zwischen Erdgas und Heizöl stattfindet. Als Ausgangszustand wird ein mindestens 20 Jahre alter Niedertemperaturkessel (entweder heizöl- oder erdgasbetrieben) definiert. Der vorhandene Gas-Hausanschluss oder der vorhandene Heizöltank können weiterhin genutzt werden und werden bei der Berechnung der Investitionskosten nicht berücksichtigt. Gleichzeitig wird eine Sanierung der Anlagentechnik in betrachteten Bestandsgebäuden vorausgesetzt. Die bestehende Heizungs- und Warmwasseranlage muss erneuert werden, indem der mindestens 20 Jahre alte Kessel und der Warmwasserspeicher ersetzt werden. Die vorhandenen Heizflächen können bei Systemtemperaturen von 70/55°C weiter genutzt werden. Das betrifft alle Heizsysteme außer der Anlagenvariante mit Elektro-Wärmepumpe. Bei der Wärmepumpe wird ein Heizflächenaustausch mit anschließenden Systemtemperaturen von 55/45°C berücksichtigt.

Bei den Neubaugebäuden werden bei allen Anlagenvarianten außer EWP-Varianten freie Heizflächen mit Systemtemperaturen von 55/45°C unterstellt. Für die Anlagenvariante mit Elektrowärmepumpe wird Fußbodenheizung mit Systemtemperaturen von 35/28°C angenommen[77].

4.2.3 Randbedingungen für die Ergebnisdarstellung

4.2.3.1 Wichtung der Anlagenvarianten

Für die Hochrechnungen sowie die Ergebnisdarstellung wird eine mögliche Verteilung der betrachteten dezentralen gebäudeweisen Anlagenvarianten innerhalb der jeweiligen Häuser (Ein- und Mehrfamilienhaus / unsaniert, saniert, Neubau) angenommen. Die statistische Datenbasis ist für eine detaillierte Betrachtung nicht ausreichend. Es ist zwar möglich die Anteile der Energieträger nach Neubau und Bestand zu differenzieren, eine weitere Differenzierung lässt die vorhandene Statistik nicht ohne Weiteres zu.

Für die Neubaugebäude konnte aus den Zahlen des Statistischen Bundesamtes (2015a) die in Tabelle 11 ausgewiesene Verteilung (bezogen auf Wohnungen) abgeleitet werden.

Tabelle 11: Anteil der jeweiligen Versorgungsvariante an gesamter gebäudeweiser Wärmeerzeugung in Abhängigkeit von der Gebäudegröße

Versorgungsvariante	Wohngebäude mit 1 Wohnung	Wohngebäude mit 3 oder mehr Wohnungen
Öl-BW + sol. TWE	0,7%	0,5%
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	0,3%	0,1%
Gas-BW + sol. TWE	40,7%	58,4%
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	17,4%	14,6%
L/W-EWP	28,0%	10,2%
S/W-EWP	7,5%	6,1%
Pelletkessel	5,5%	10,0%

Für die Bestandsgebäude ist die Ermittlung der Verteilung der gebäudeweisen Versorgungskonzepte anhand statistischer Kennwerte noch schwieriger. Aus den Zahlen der Mikrozensus-Zusatzerhebung (2010)[78] konnte folgende Verteilung der Energieträger in Abhängigkeit von der Gebäudegröße ermittelt werden:

[77] Die Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (Energiepreise, Investitions- und Betriebskosten können Anhang 4.2. entnommen werden.
[78] Vgl. Statistisches Bundesamt (2012).

Tabelle 12: Verteilung der Energieträger in Abhängigkeit von der Gebäudegröße

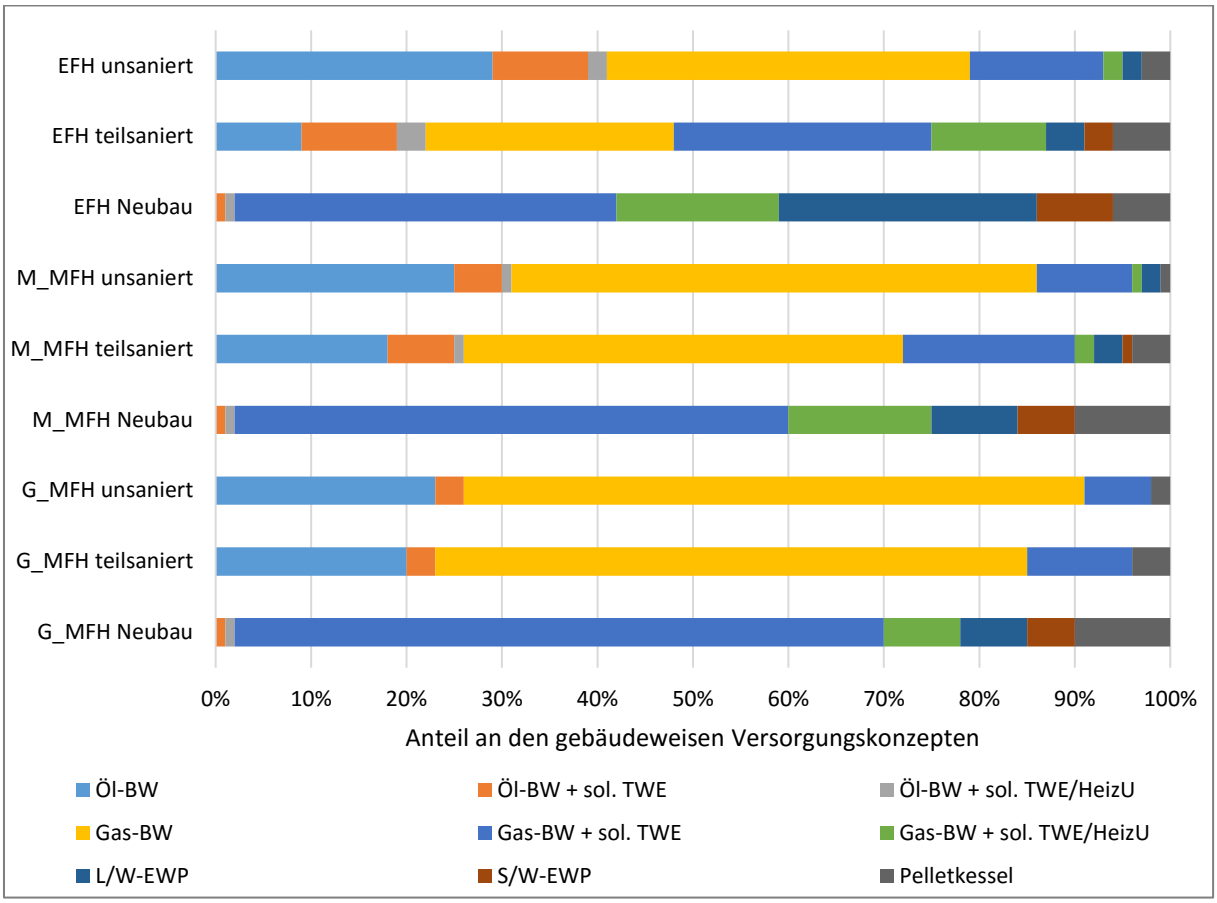
	Gas	Heizöl	Erd- und andere Umwelt-, Abluftwärme	Holz, Holzpellets
Wohngebäude mit 1 Wohnung	56,0%	38,4%	1,8%	3,8%
Wohngebäude mit 3 und mehr Wohnungen	70,9%	27,8%	0,3%	1,0%

Unter Berücksichtigung dieser Zahlen und Tendenzen, die man z.B. aus dem KfW-Monitoringbericht 2014 ableiten kann, werden Annahmen zu der Verteilung der dezentralen Versorgungssysteme getroffen. Im Rahmen der Ausarbeitung wird die Verteilung der Anlagenvarianten innerhalb des jeweiligen Gebäudetyps wie in folgender Tabelle dargestellt angenommen. Die unterstellten Anteile der jeweiligen Versorgungsvariante an gesamter gebäudeweiser Wärmeerzeugung in Abhängigkeit vom Gebäudetyp/Fallbeispiel werden in folgender Abbildung veranschaulicht.

Tabelle 13: Anteil der jeweiligen Versorgungsvariante an gesamter gebäudeweiser Wärmeerzeugung in Abhängigkeit von dem Gebäudetyp/Fallbeispiel

Anlagenvariante	Anteile der jeweiligen Variante an den dezentralen Versorgungssystemen in Abhängigkeit vom Gebäudetyp								
	EFH, unsaniert	EFH, teilsaniert	EFH, neu	M_MFH, unsaniert	M_MFH, teilsaniert	M_MFH, neu	G_MFH, unsaniert	G_MFH, teilsaniert	G_MFH, neu
Öl-BW	29%	9%	0%	25%	18%	0%	23%	20%	0%
Öl-BW + sol. TWE	10%	10%	1%	5%	7%	1%	3%	3%	1%
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2%	3%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%
Gas-BW	38%	26%	0%	55%	46%	0%	65%	62%	0%
Gas-BW + sol. TWE	14%	27%	40%	10%	18%	58%	7%	11%	68%
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	12%	17%	1%	2%	15%	0%	0%	8%
L/W-EWP	2%	4%	27%	2%	3%	9%	0%	0%	7%
S/W-EWP	0%	3%	8%	0%	1%	6%	0%	0%	5%
Pelletkessel	3%	6%	6%	1%	4%	10%	2%	4%	10%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Abbildung 31: Anteil der jeweiligen Versorgungsvariante an gesamter gebäudeweiser Wärmeerzeugung



4.2.3.2 Wichtung der Gebäudetypen

Für die Hochrechnung der Ergebnisse auf Versorgungsgebiete werden folgende Annahmen getroffen. Die Verteilung der Gebäudetypen (EFH/M_MFH/G_MFH) pro Siedlungstyp erfolgt entsprechend folgender Tabelle.

Tabelle 14: Anteil des jeweiligen Gebäudetyps an den Siedlungstypen

Gebäudetyp	Dorf und Stadtrandgebiete	Bebauung mittlere Dichte	Dichte und sehr dichte Bebauung
EFH und ZFH	96%	43%	3%
M_MFH	4%	37%	52%
G_MFH	0%	20%	44%

Quelle der Zahlenwerte: Berechnung in Anlehnung an Zahlenwerte im Forschungsvorhaben Wuppertal Institut / DLR Stuttgart / ie Leipzig (2006)

Für die im Rahmen der Studie betrachteten drei Wärmeschutzniveaus werden folgende Anteile für bestehende Siedlungen unterstellt:

- unsaniert: 70%

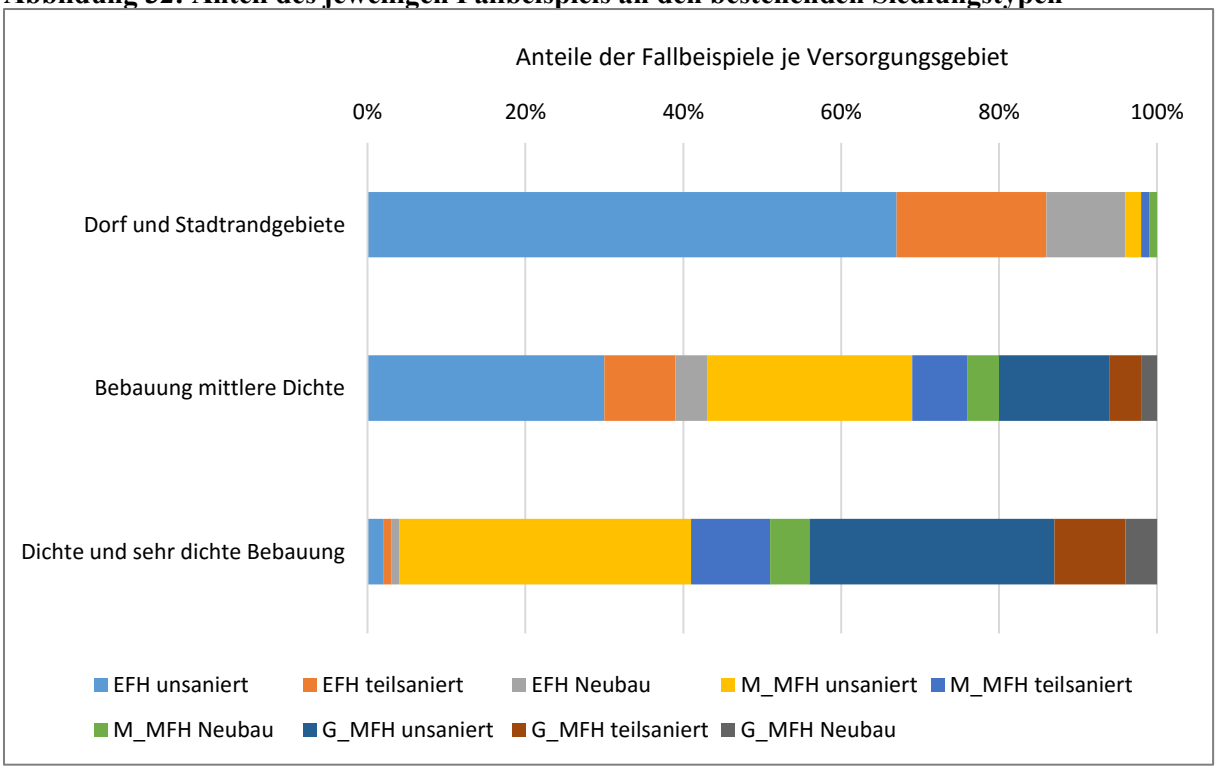
- teilsaniert: 20%
- Neubau: 10%

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen wird für die Ergebnisdarstellung für die bestehenden Siedlungstypen die Wichtung entsprechend Tabelle 15 vorgenommen und in folgender Abbildung veranschaulicht.

Tabelle 15: Anteil des jeweiligen Fallbeispiels an den bestehenden Siedlungstypen

Anlagenvariante	Anteil des jeweiligen Fallbeispiels an den Siedlungstypen								
	EFH, unsaniert	EFH, teilsaniert	EFH, neu	M_MFH, unsaniert	M_MFH, teilsaniert	M_MFH, neu	G_MFH, unsaniert	G_MFH, teilsaniert	G_MFH, neu
Dorf und Stadtrand-gebiete	67%	19%	10%	2%	1%	1%	0%	0%	0%
Bebauung mittlere Dichte	30%	9%	4%	26%	7%	4%	14%	4%	2%
Dichte und sehr dichte Bebauung	2%	1%	1%	37%	10%	5%	31%	9%	4%

Abbildung 32: Anteil des jeweiligen Fallbeispiels an den bestehenden Siedlungstypen



4.2.3.3 Wohnungsverteilung auf Gebäudetypen

Der Gebäudebestand wird durch Ein- und Zweifamilienhäuser dominiert, die meisten Wohnungen in Deutschland sind aber in Gebäuden mit 3 und mehr Wohnungen zu finden (2014: 52 %, s. Tabelle 16)

Tabelle 16: Wohnungsbestand in Deutschland nach Gebäudetyp

Gebäudetyp	Wohnungen	Anteil an der Gesamtanzahl der Wohnungen in Wohngebäuden
Wohngebäude mit 1 Wohnung	12.391.007	31%
Wohngebäude mit 2 Wohnungen	6.166.394	15%
Wohngebäude mit 3 und mehr Wohnungen	20.850.325	52%
Gesamt in Wohngebäuden	39.407.726	100%

Quelle der Zahlenwerte: Statistisches Bundesamt (2015b)

Eine weitere Differenzierung des Wohnungsbestandes in dem Gebäudetyp „Wohngebäude mit 3 und mehr Wohnungen“ lässt die o.g. Statistik nicht zu. Eine detailliertere Aufteilung ist jedoch nach den Zahlen der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 möglich (s. Tabelle 17).

Im Rahmen der Ausarbeitung werden dem betrachteten Gebäudetyp „mittleres Mehrfamilienhaus“ die Anteile für Wohngebäude mit 3 bis 12 Wohnungen zugeordnet. Das „große Mehrfamilienhaus“ wird als Wohngebäude mit mindestens 13 Wohnungen definiert. Für den Gebäudetyp „Einfamilienhaus“ werden die Anteile für Ein- und Zweifamilienhäuser zusammengefasst.

Tabelle 17: Anteil der Wohnungen nach Gebäudetyp

Gebäudetyp		Anteil an der Gesamtanzahl der Wohnungen
Wohngebäude mit:	1 Wohnung	29,5%
	2 Wohnungen	18,3%
	3 – 6 Wohnungen	21,0%
	7 – 12 Wohnungen	20,8%
	13 – 20 Wohnungen	4,5%
	21 und mehr Wohnungen	5,9%
Insgesamt		100 %

Quelle der Zahlenwerte: Berechnung in Anlehnung an Statistisches Bundesamt (2012)

Unter Zugrundelegung beider Statistiken und der getroffenen Annahmen, ergibt sich für die betrachteten Wohngebäude, die in folgender Tabelle ausgewiesene Verteilung.

Gebäudetyp	Anteil an der Gesamtanzahl der Wohnungen
EFH	47%
M_MFH	42%
G_MFH	11%

4.3 Energetische und ökologische Bewertung – Status quo

4.3.1 Einführende Bemerkungen

Im Folgenden werden die betrachteten netzgebundenen und gebäudeweisen Lösungen in Hinblick auf die Klimaschutzziele der Bundesregierung bewertet. Dafür wird der End- und Primärenergieverbrauch, die CO_2-Emissionen und der Anteil erneuerbarer Energien der jeweiligen Lösung im jedem Fallbeispiel bestimmt.

Die Grundlage für die Ermittlung der Endenergieverbrauchswerte und der darauf aufbauenden Berechnungen bilden die Verbrauchswerte für den spezifischen Endenergieverbrauch bei Wohngebäuden in Abhängigkeit von der Gebäudegröße und dem baulichen Wärmeschutz[79]sowie die mit einer kommerziellen Energieberatersoftware (Hottgenroth Energieberater 18599 8.0.8) berechneten Endenergiebedarfswerte der jeweiligen Lösung. Den Energiebedarfsberechnungen liegen gebäudeseitig das Monatsbilanzverfahren nach DIN V 4108-6 und anlagenseitig die DIN V 4701-10 zugrunde. Die Berechnung der Endenergiebedarfswerte erfolgt bis auf die Kennwerte des Wärmeerzeugers und die elektrische Leistungsaufnahme der Umwälzpumpen mit Standardwerten der Norm (DIN V 4701-10). Abweichend von Standardwerten werden für Brennwertkessel, Elektro-Wärmepumpen und Pelletkessel die in folgenden zwei Tabellen ausgewiesenen Produktkennwerte bzw. Anforderungswerte zugrunde gelegt[80].

Tabelle 18: Produktkennwerte - Brennwertkessel

Gas/Öl-Brennwertkessel	EFH	M_MFH	G_MFH
30% Teillast-Wirkungsgrad, brennwertbezogen	97,5%		
100% Vollast-Wirkungsgrad, brennwertbezogen	88,3%		
Bereitschaftswärmeverlust bei 70°C Kesseltemperatur	1,20%	0,30%	0,20%
Mittlere elektrische Leistungsaufnahme bei 30% Teillast in W	30	70	60
Mittlere elektrische Leistungsaufnahme bei 100% Volllast in W	70	100	140

[79] Vgl. BMVBS (2012).

[80] Gegenüber Verwendung von Standardwerten führt das zu einer geringfügigen Absenkung des Endenergiebedarfes und damit der Endenergieverbrauchswerte und daraus resultierenden Primärenergieverbrauchswerte und CO_2-Emissionen. In einem Bestands-EFH sinkt der Endenergieverbrauch durch die Verwendung von Produktkennwerten im Durschnitt um 4 % bei dezentralen Lösungen. Der Primärenergieverbrauch sowie die CO_2-Emissionen verringern sich jeweils um rund 5 %.

Tabelle 19: Kennwerte – Elektro-Wärmepumpen und Pelettkessel

	Neubau	Bestand
Luft/Wasser-EWP	Anforderungswert nach MAP, JAZ=3,5	Anforderungswert nach MAP, JAZ=3,5
Sole/Wasser-EWP	Berechnung mit Standardwerten der Norm, JAZ=4,1	Anforderungswert nach MAP, JAZ=3,8
Pelletkessel	brennwertbezogener Wirkungsgrad im stationären Betrieb: 86,6 % (Produktkennwert-PK)	
	Hilfsenergiebedarf Grundzyklus: $0{,}004 * Q_{N,max}$ (PK)	
	mittlere elektrische Leistungsaufnahme des Kessels: $3{,}23 * Q_{N,max}$ (PK)	
	Hilfsenergiebedarf Fördereinrichtung: mit Standardwerten der Norm	

Die durchschnittlichen Verbrauchswerte in Abhängigkeit von der Gebäudegröße und dem Wärmeschutzniveau stellt folgende Tabelle dar.

Tabelle 20: Durchschnittliche Endenergieverbrauchswerte in Wohngebäuden beim Energieträger Erdgas/Heizöl in kWh/m²a

Gebäudenutzfläche / Gebäudetyp	≤ 200 m²	200-500 m²	500-2000 m²	> 2000 m²
Neubau nach EnEV 2002	85	87	84	87
Neubau nach WSchV 95 oder komplett saniert	111	114	102	99
Vorwiegend unsaniert	155	141	133	128

Quelle: BMVBS (2012)

Für die Abbildung der Verhältnisse der Anlagenvarianten untereinander wird ein Ausgangszustand definiert und dessen Endenergiebedarf nach DIN V 4701-10 berechnet. Der Ausgangszustand entspricht dann dem in Tabelle 20 ausgewiesenen Wert in Abhängigkeit von der Gebäudegröße und dem Wärmeschutzniveau.

Für die Bestimmung des Ausgangszustandes zur Umrechnung der Bedarfswerte in die Verbrauchswerte wird jeweils eine mittlere Ausstattung entsprechend Tabelle 21 definiert.

Tabelle 21: Ausführung des Ausgangszustandes für Energiebedarfsberechnung

	vorwiegend unsaniert	komplett saniert	Neubau
Wärmeschutz	entsprechend WSchV84	entsprechend Typologie nach 1995	entsprechend der Referenzausführung nach EnEV 2014
Wärmeerzeuger	Niedertemperaturkessel vor 1984	Niedertemperaturkessel	Brennwertkessel
Verteilung	Dämmung der Leitungen halbe EnEV	Dämmung der Verteilleitungen nach EnEV Dämmung der Anbinde- und Strangleitungen halbe EnEV	Dämmung der Leitungen nach EnEV
	nicht hydraulisch abgeglichen	hydraulisch abgeglichen	hydraulisch abgeglichen
Übergabe	alte TRV	TRV mit 2K	TRV mit 1K
	Freie Heizflächen, Systemtemperaturen 70/55°C	Freie Heizflächen, Systemtemperaturen 70/55°C	Freie Heizflächen, Systemtemperaturen 55/45°C

4.3.2 Endenergieverbrauch

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Vorgehensweise wird im Folgenden der Endenergieverbrauch der betrachteten Anlagenvarianten dargestellt. Dabei werden die Endenergiebedarfswerte der einzelnen dezentralen Lösungen entsprechend der Vorgehensweise im Abschnitt 4.2.3.1 gewichtet, als Kennwert „dezentrale Versorgungssysteme“ ausgewiesen und dem Kennwert der zentralen Lösung mit Fernwärme gegenübergestellt.

Es wird zum einen der Endenergieverbrauch an der Gebäudegrenze in Form von Brennstoff/Strom (gewichtet) oder Wärme aus dem Wärmenetz und zum anderen die Hilfsenergie ausgewiesen. Die Verbrauchswerte werden in Abbildung 33, Abbildung 34 und Abbildung 35 jeweils für das EFH, das mittlere MFH und das große Mehrfamilienhaus veranschaulicht. Bei dem dargestellten EFH Neubau handelt es sich um das betrachtete Gebäude ohne Keller. Die Verhältnisse zwischen den dezentralen Versorgungssystemen und Fernwärme sehen in beiden EFH Neubau-Gebäudevarianten vergleichbar aus. Aus Übersichtlichkeitsgründen wird an der Stelle auf die Darstellung beider Gebäude verzichtet.

Abbildung 33: Endenergie- und Hilfsenergieverbrauch im EFH

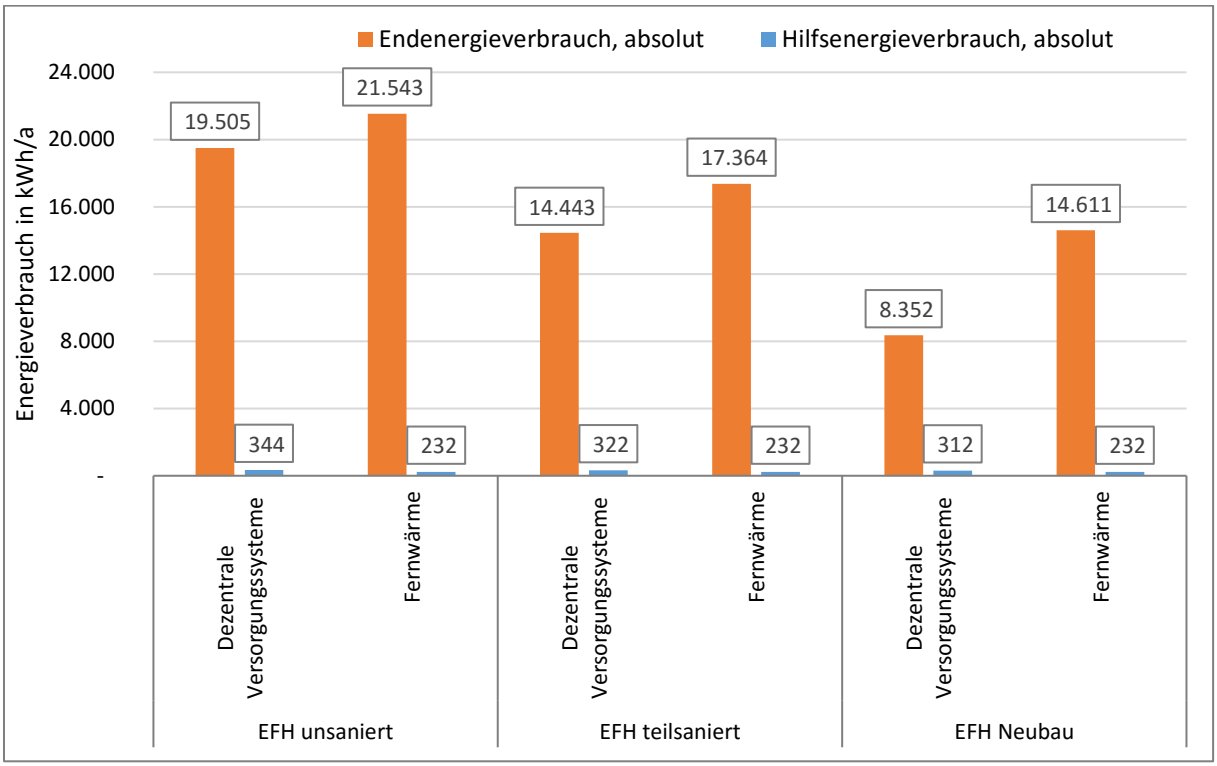


Abbildung 34: Endenergie- und Hilfsenergieverbrauch im M_MFH

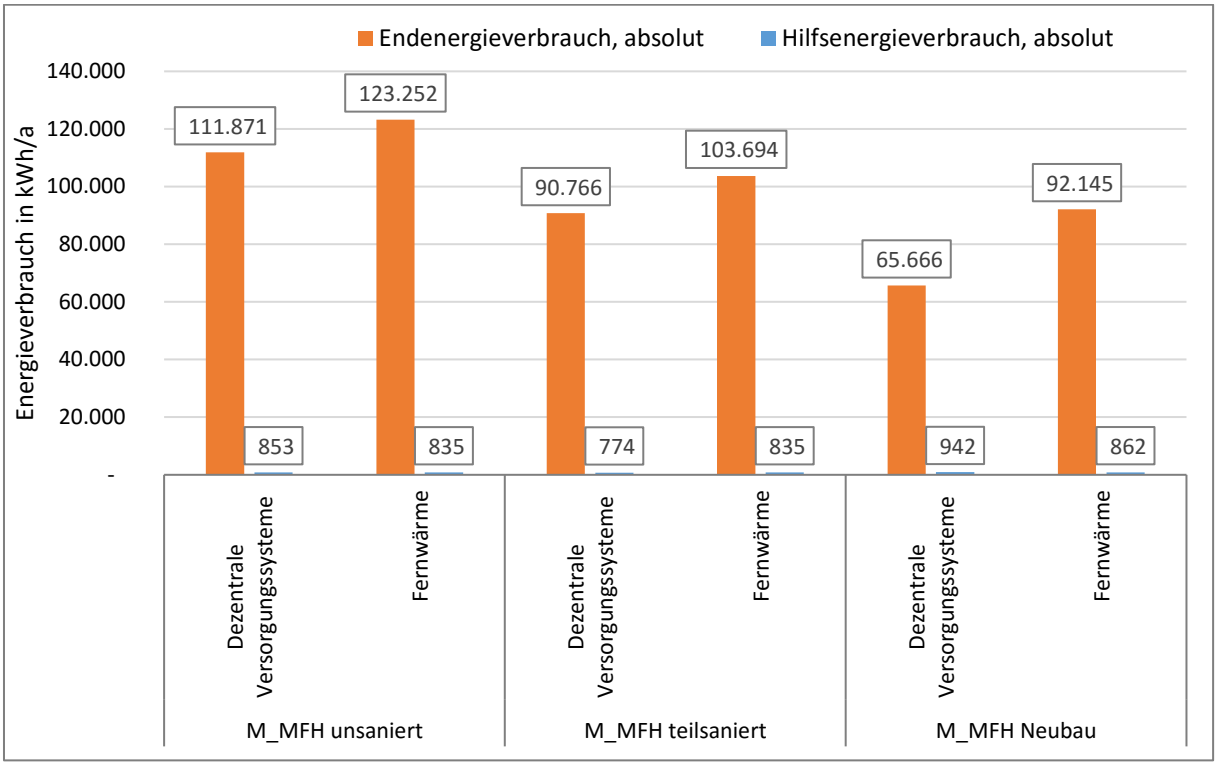
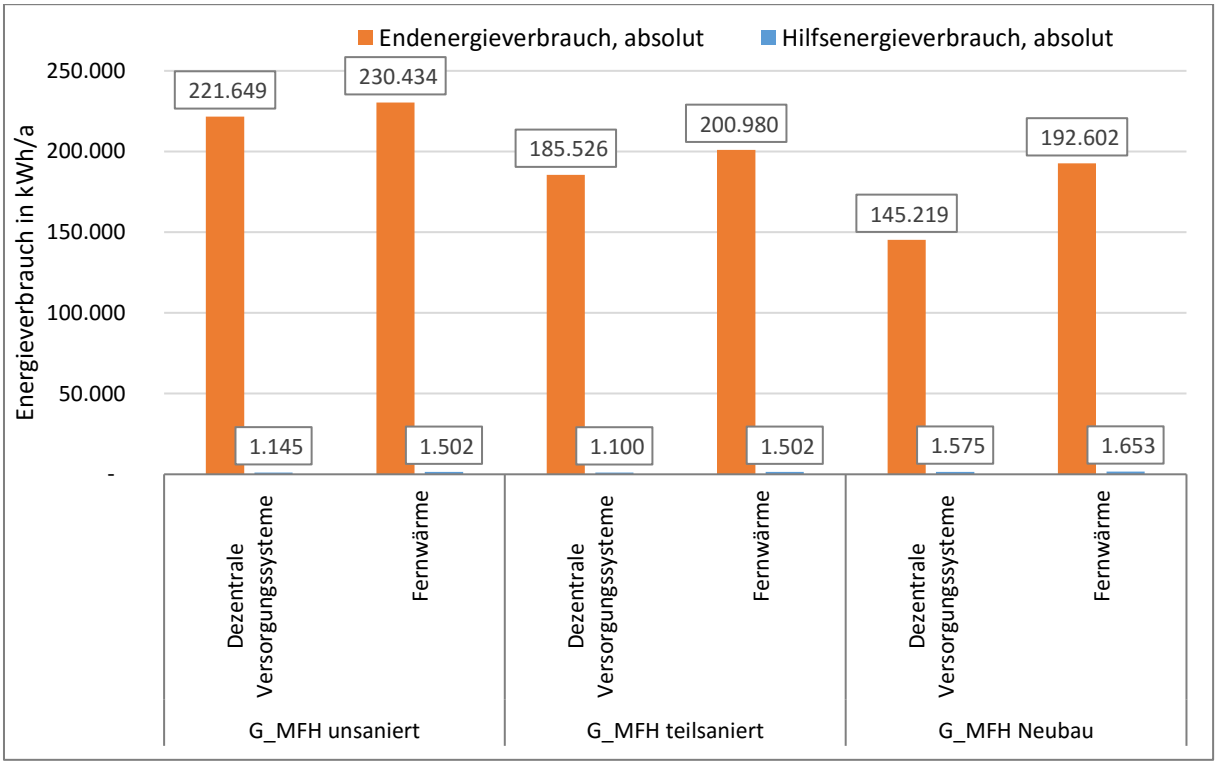


Abbildung 35: Endenergie- und Hilfsenergieverbrauch im G_MFH



4.3.3 Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen

Basierend auf dem Endenergieverbrauch werden im Folgenden der Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen der betrachteten Lösungen (dezentral und zentral) ermittelt.

Der Primärenergieverbrauch wird unter Berücksichtigung der aktuell nach EnEV gültigen Primärenergiefaktoren berechnet. Bei der Berechnung der Primärenergieverbrauchswerte werden die Primärenergiefaktoren nach DIN V 18599-1:2011-12, verwendet. Entsprechend EnEV 2014 erfolgt ein Bezug auf den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs.

Um die mögliche Bandbreite bei Fernwärmesystemen zu verdeutlichen, werden drei Typen der Erzeugungsstruktur eines Wärmenetzes betrachtet:

- Fern-/Nahwärme aus KWK mit erneuerbaren Brennstoff (f_p=0,0)
- Fern-/Nahwärme aus KWK mit fossilem Brennstoff (f_p=0,7)
- Fern-/Nahwärme aus Heizwerken mit fossilem Brennstoff (f_p=1,3)

Wird ein Wärmenetz ausschließlich mit industrieller Abwärme betrieben, folgt ein niedriger Primärenergiefaktor, der üblicherweise nahe Null liegt. Vereinfachend kann für diese Art der Fernwärme ein Primärenergiefaktor von f_p=0,0 angenommen werden. So dass die im Folgenden dargestellten Zusammenhänge für Fern-/Nahwärme aus KWK mit erneuerbaren Brennstoff näherungsweise genauso für Fern-/Nahwärme aus industrieller Abwärme gelten.

Die Kohlendioxidemissionen ergeben sich aus der Multiplikation der ermittelten Endenergieverbrauchswerte mit den spezifischen CO_2-Emissionsfaktoren (vgl. Tabelle 2). Analog der Vorgehensweise bei der Ermittlung des Primärenergieverbrauchs wird die mögliche Bandbreite der CO_2-Emissionen eines Fernwärmesystemens durch unterschiedliche Erzeugungsstrukturen verdeutlicht. Die CO_2-Emissionsfaktoren werden wie folgt angenommen:

- 0 g/kWh für Fern-/Nahwärme aus KWK mit erneuerbaren Brennstoff
- 158 g/kWh für Fern-/Nahwärme aus KWK mit fossilem Brennstoff (f_p=0,7)
- 274 g/kWh für Fern-/Nahwärme aus Heizwerken mit fossilem Brennstoff (f_p=1,3)

Den berücksichtigten Primärenergiefaktoren für Nah-/Fernwärme liegt die Stromgutschriftenmethode zugrunde.

Der resultierende Primärenergiebedarf sowie die CO_2-Emissionen der dezentralen Versorgungssysteme und der Fernwärme werden am Beispiel der Neubaugebäude in Abbildung 36 bis Abbildung 38 für das Einfamilienhaus, mittlere Mehrfamilienhaus und das große Mehrfamilienhaus ausgewiesen[81].

[81] Die Kennwerte für die weiteren betrachteten Fallbeispiele können dem Anhang 4.3 entnommen werden.

Abbildung 36: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im EFH Neubau

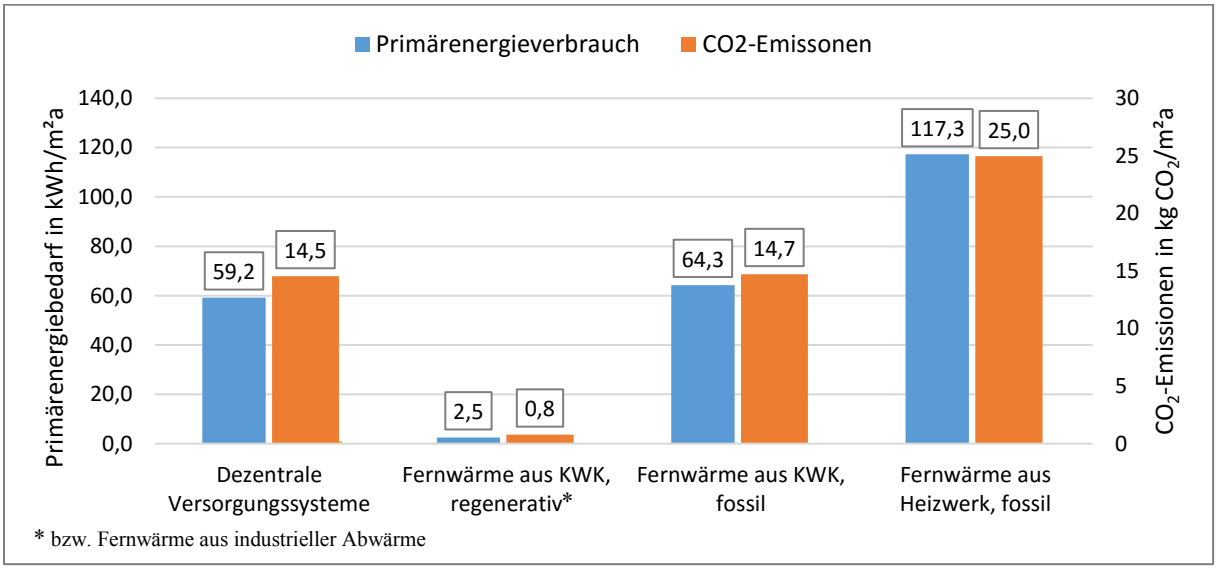


Abbildung 37: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im M_MFH Neubau

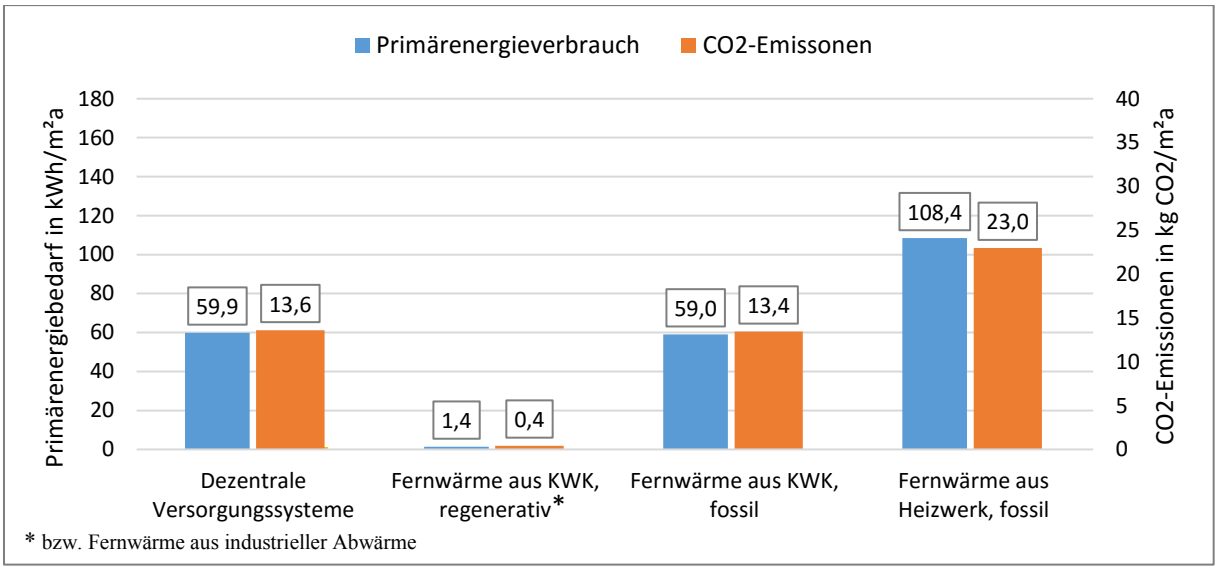
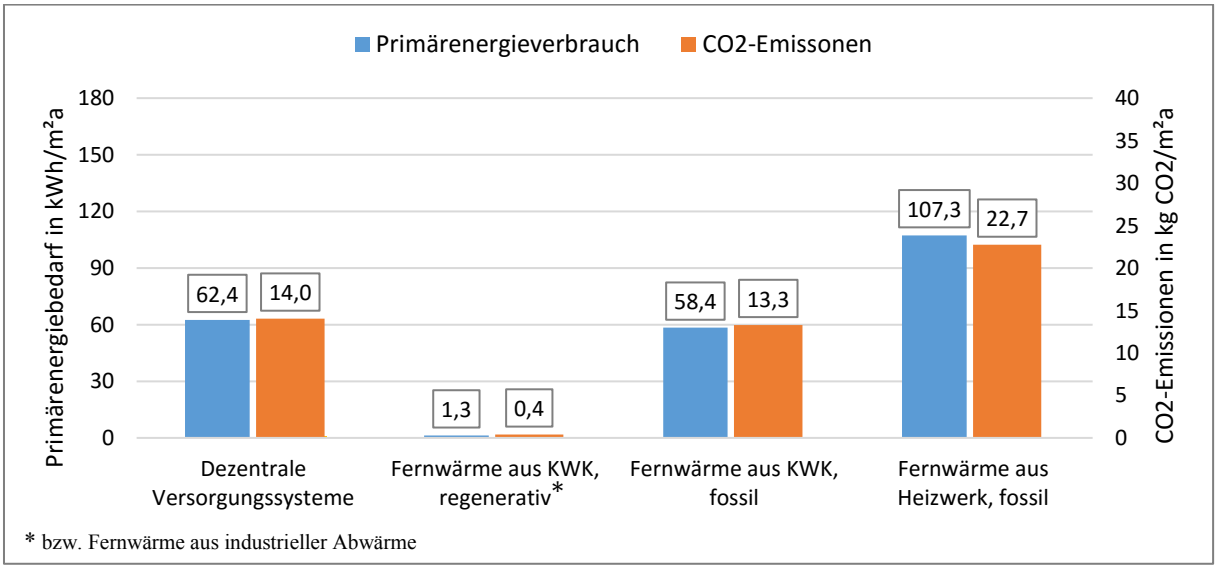


Abbildung 38: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im G_MFH Neubau



4.3.4 Anteil erneuerbarer Energien

Der Anteil erneuerbarer Energien wird aus dem Verhältnis des erneuerbaren Anteils der Primärenergie zum gesamten Primärenergieeinsatz (Brennstoff bzw. Strom, Hilfsenergie, Solarenergie und Umweltwärme) bestimmt.

$$\text{Anteil erneuerbarer } \textbf{Primärenergie} = \frac{\textbf{Erneuerbarer Anteil der Primärenergie} \text{ aus Brennstoff bzw. Strom, Hilfsenergie, Solarenergie und Umweltwärme}}{\textbf{Gesamter Primärenergieeinsatz} \text{ (Brennstoff/Strom, Hilfsenergie, Solarenergie, Umweltwärme)}}$$

Zur Berechnung des gesamten Primärenergieeinsatzes wird der gesamte Primärenergiefaktor, der sowohl den erneuerbaren als auch den nicht erneuerbaren Anteil der Primärenergie enthält, verwendet.

Die der Berechnung des Anteils erneuerbarer Energien aktuell zugrunde liegende Primärenergiefaktoren können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 22: Berücksichtigte Primärenergiefaktoren

	Primärenergiefaktoren		
	nicht erneuerbarer Anteil	**gesamt**	**erneuerbarer Anteil**
Erdgas, Heizöl	1,1	1,1	0,0
Strom	1,8	2,8	1,0
Solarenergie, Umweltwärme	0,0	1,0	1,0
Holz	0,2	1,2	1,0
Fernwärme aus KWK, regenerativ	0	0,7	0,7
Fernwärme aus KWK, fossil	0,7	0,7	0,0
Fernwärme aus Heizwerk, fossil	1,3	1,3	0,0

Bei der Berechnung des Anteils erneuerbarer Energien werden als **erneuerbar** berücksichtigt:

- Solare Energieerträge
- Umweltwärme
- Erneuerbare Anteile der Primärenergie bei Nah-/Fernwärme
- Erneuerbare Anteile der Primärenergie bei Strom für Wärme und Hilfsenergie

Da alle Systeme Strom zumindest als Hilfsenergie benötigen, gibt es auch bei allen Varianten einen gewissen Deckungsanteil durch erneuerbare Energien.

Folgende Diagramme liefern eine Übersicht zum erneuerbaren Anteil der Primärenergie in den drei betrachteten Gebäuden (Einfamilienhaus, mittleres und großes Mehrfamilienhaus).

Abbildung 39: Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch im Einfamilienhaus

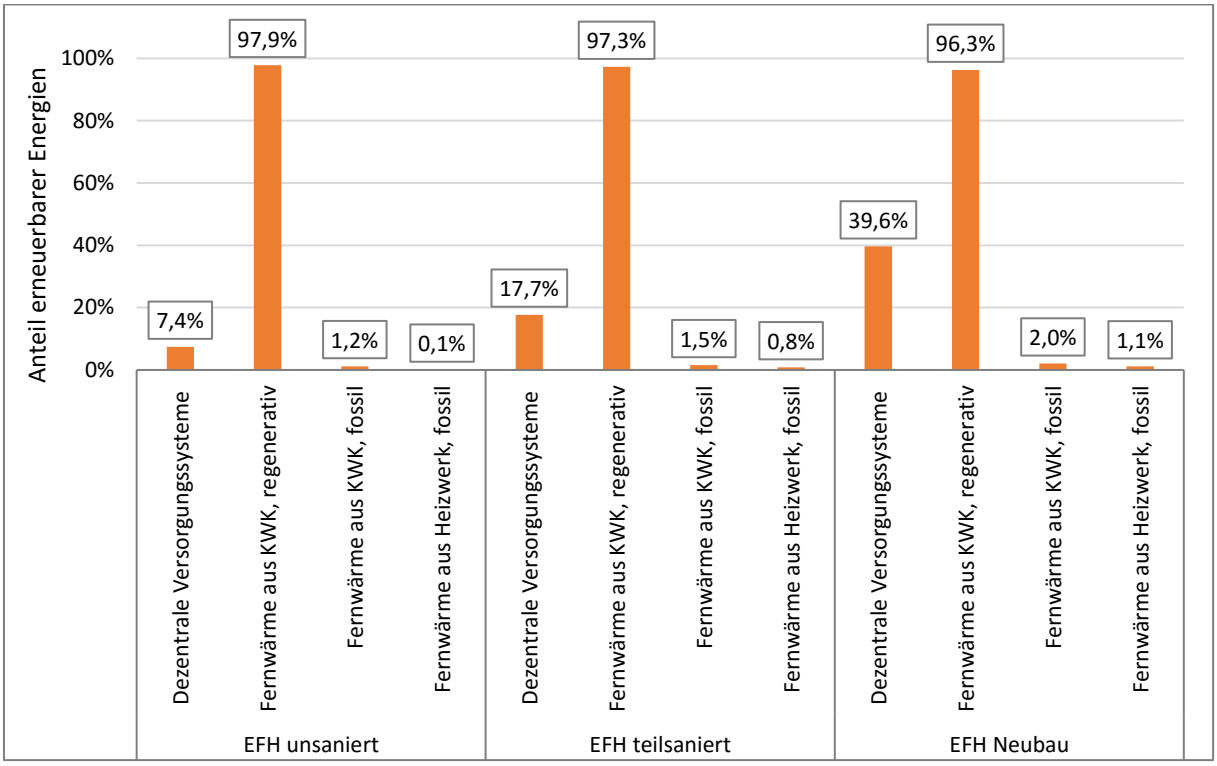


Abbildung 40: Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch im mittleren Mehrfamilienhaus

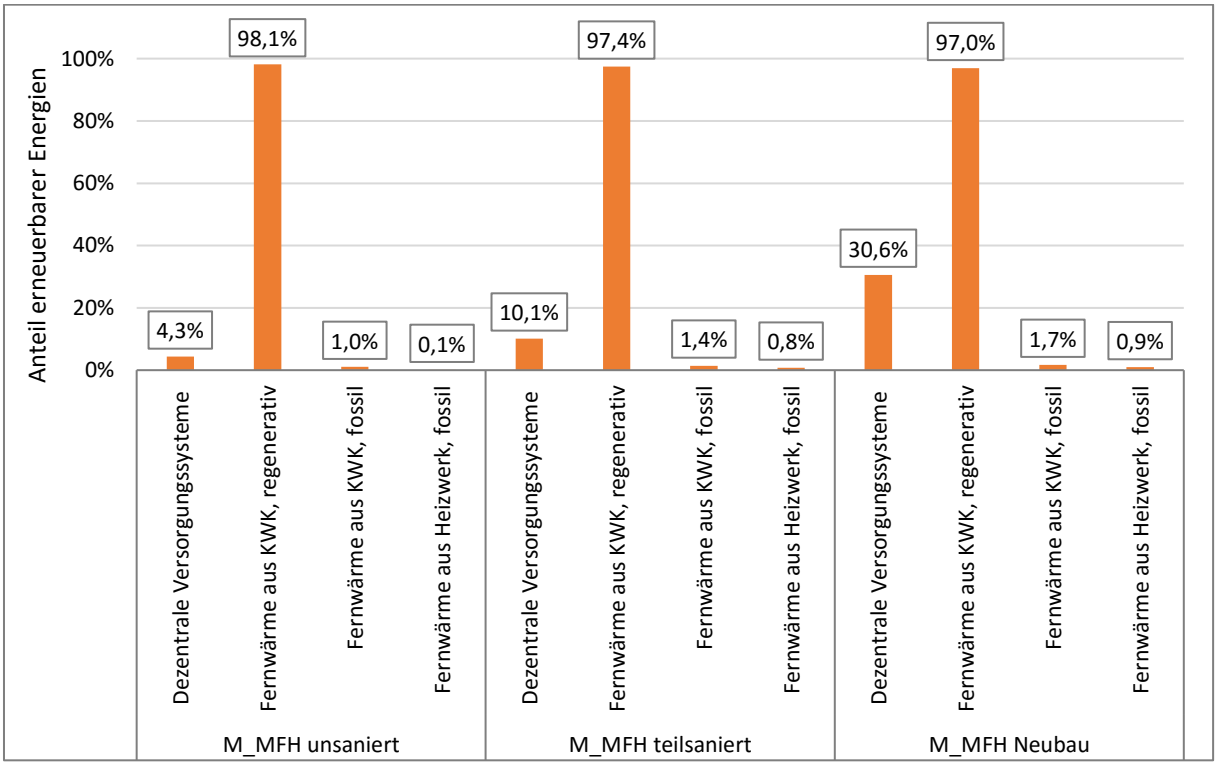
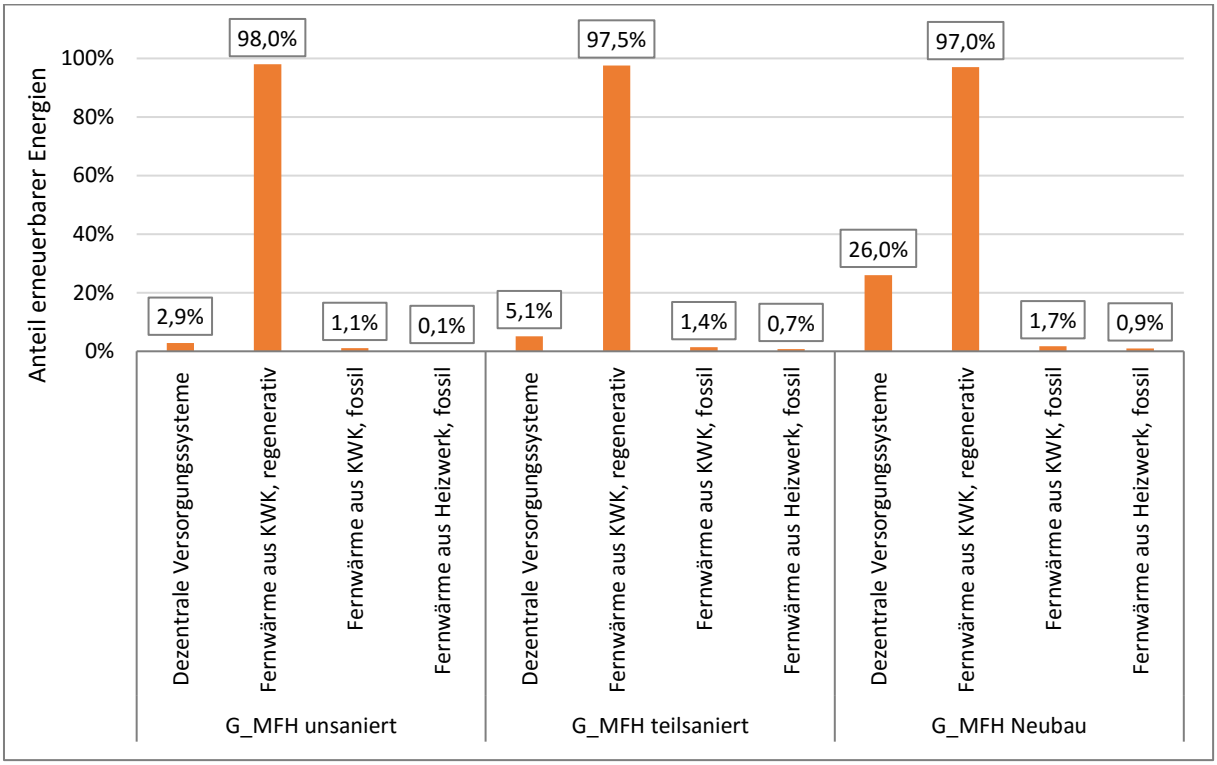


Abbildung 41: Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch im großen Mehrfamilienhaus



4.3.5 Fazit

4.3.5.1 Gebäudeweise Betrachtung

Aus der zuvor ausgewiesenen vergleichenden Bewertung der Primärenergieverbrauchswerte und der CO_2-Emissionen der dezentralen Versorgungssysteme und der Fernwärmelösung kann entnommen werden, dass die Erzeugungsstruktur der Fernwärme eine entscheidende Rolle für diese Betrachtung spielt. Gleichzeitig ist sichtbar, dass mit dem sich verändernden Mix der dezentralen Versorgungssysteme der Vorteil der Fernwärmelösung sinkt.

Im Folgenden werden die Kennwerte für die Fernwärme ausgewiesen, die zu einer Gleichheit der dezentralen Versorgungssysteme und Fernwärme in den jeweiligen Gebäudetypen führen. Dabei werden in Abbildung 42 die erforderlichen Primärenergiefaktoren der Fernwärme genannt, die die primärenergetische Gleichheit beider Lösungen bewirken. Abbildung 43 stellt dagegen die erforderlichen CO_2-Emssionsfaktoren der Fernwärme, bei denen sowohl bei dezentralen Versorgungssystemen als auch bei der Fernwärmelösung die gleichen CO_2-Emissionsfaktoren resultieren würden.

Abbildung 42: Erforderliche Primärenergiefaktoren der Fernwärme zur Erreichung der primärenergetischen Gleichheit der dezentralen Versorgungssysteme und Fernwärme in den jeweiligen Gebäudetypen

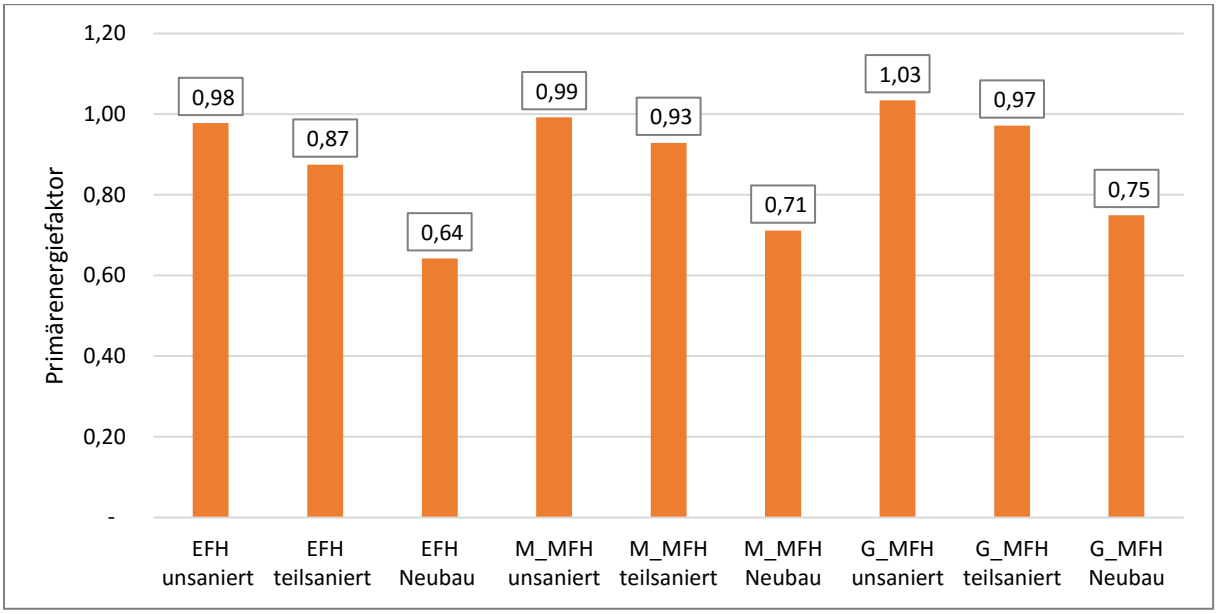
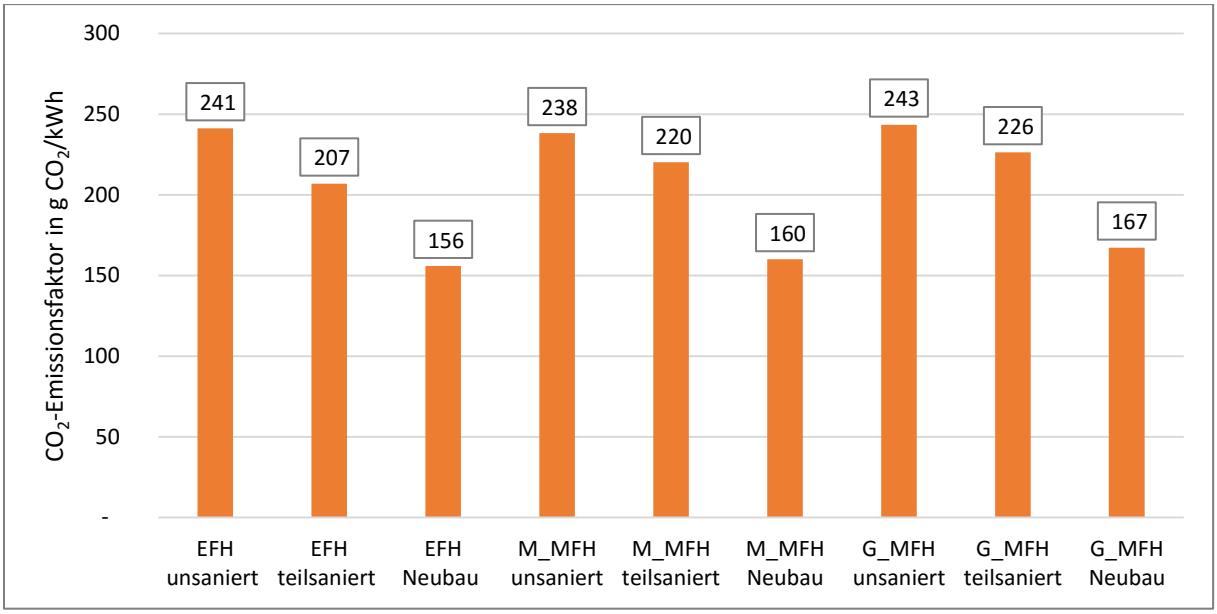


Abbildung 43: Erforderliche CO_2-Emissionsfaktoren der Fernwärme zur Erreichung der Gleichheit (hinsichtlich der CO_2-Emissionen) der dezentralen Versorgungssysteme und Fernwärme in den jeweiligen Gebäudetypen



Im Umkehrschluss bedeutet das, dass die dezentralen Lösungen bei einer gebäudeweisen Betrachtung bis zu einem konkreten Primärenergiefaktor bzw. CO_2-Emssionsfaktor der Fernwärme ökologische Vorteile ausweisen (s. Tabelle 23). Für ein Einfamilienhaus Neubau ist z.B. der Anschluss an ein Nahwärmenetz mit einem Primärenergiefaktor von mehr als 0,64 aus primärenergetischer Sicht nicht sinnvoll.

Tabelle 23: Ökologischer Vorteil dezentraler Versorgungssysteme gegenüber Fernwärme

Gebäudetyp	Ökologischer Vorteil dezentraler Versorgungssysteme gegenüber Fernwärme	
	bis zu einem Primärenergiefaktor der Fernwärme in Höhe von	bis zu einem CO_2-Emissionsfaktor der Fernwärme in Höhe von
	-	g CO_2/kWh
EFH unsaniert	0,98	241
EFH teilsaniert	0,87	207
EFH Neubau	0,64	156
M_MFH unsaniert	0,99	238
M_MFH teilsaniert	0,93	220
M_MFH Neubau	0,71	160
G_MFH unsaniert	1,03	243
G_MFH teilsaniert	0,97	226
G_MFH Neubau	0,75	167

4.3.5.2 Bestehende Siedlungen

Für bestehende Siedlungen können die Ergebnisse entsprechend der im Abschnitt 4.2.3.2 beschriebenen Vorgehensweise ausgegeben werden. So werden in Abbildung 44, Abbildung 45, Abbildung 46 spezifische Primärenergieverbrauchswerte und CO_2-Emissionen jeweils in einem Dorf bzw. Stadtrandgebiet, in einem städtischen Bereich mit Bebauung mittlerer Dichte und im innerstädtischen Bereich mit dichter und sehr dichter Bebauung dargestellt.

Aus den Zahlen lässt sich, analog der gebäudeweisen Betrachtung, ableiten bis zu welchem Primärenergiefaktor bzw. CO_2-Emssionsfaktor der Fernwärme die dezentralen Versorgungssysteme ökologische Vorteile in bestehenden Siedlungen ausweisen (s. Tabelle 24). Für ein Dorf oder Stadtrandgebiet ist z.B. der Anschluss an ein Nahwärmenetz mit einem Primärenergiefaktor von mehr als 0,98 aus primärenergetischer Sicht nicht sinnvoll. Dieser Primärenergiefaktor würde sich ergeben, wenn der Anteil von KWK-Wärme niedrig ist und die Netzverluste tendenziell hoch.

Tabelle 24: Ökologischer Vorteil dezentraler Versorgungssysteme gegenüber Fernwärme

Siedlungstyp	Ökologischer Vorteil dezentraler Versorgungssysteme gegenüber Fernwärme	
	bis zu einem Primärenergiefaktor der Fernwärme in Höhe von	bis zu einem CO_2-Emissionsfaktor der Fernwärme in Höhe von
	-	g CO_2/kWh
Dorf und Stadtrandgebiete	0,93	227
Bebauung mittlere Dichte	0,97	231
Dichte und sehr dichte Bebauung	0,98	232

Abbildung 44: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen in einem Dorf und Stadtrandgebiet

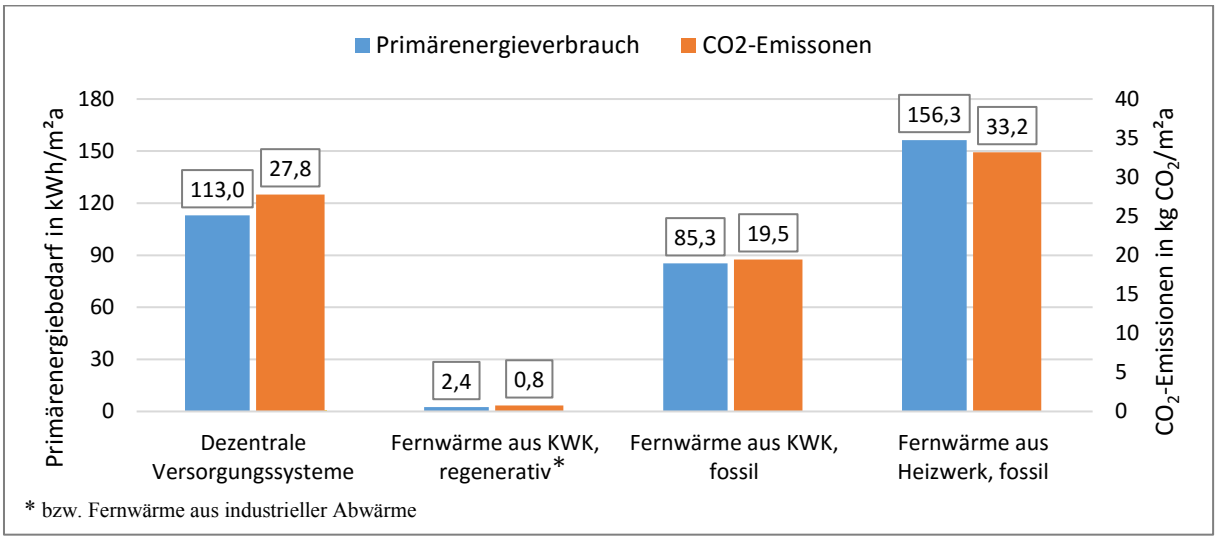


Abbildung 45: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen in Siedlungen mit Bebauung mittlerer Dichte

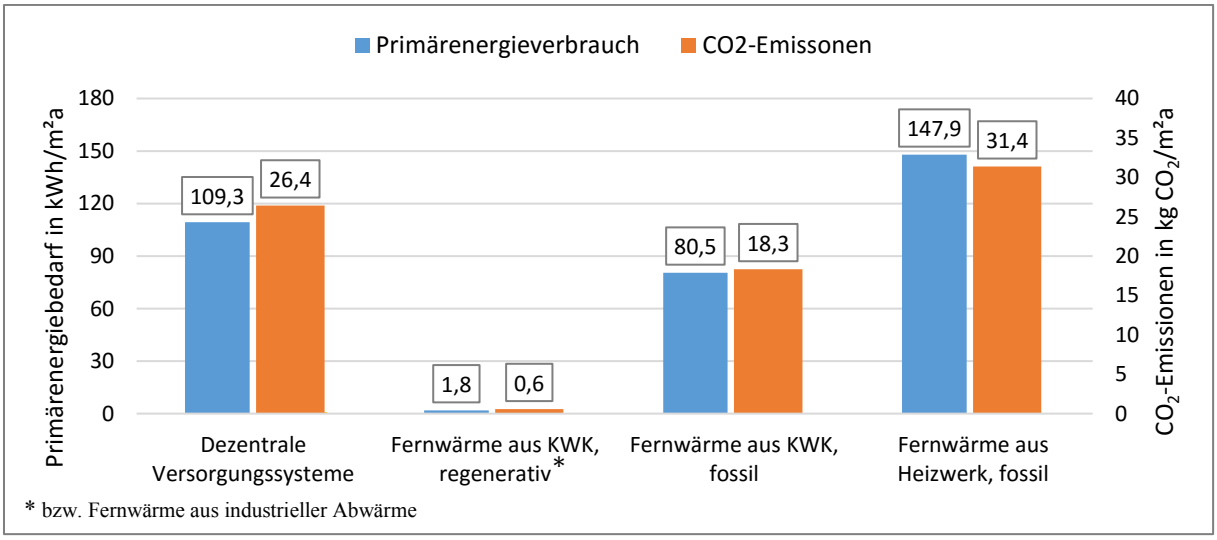
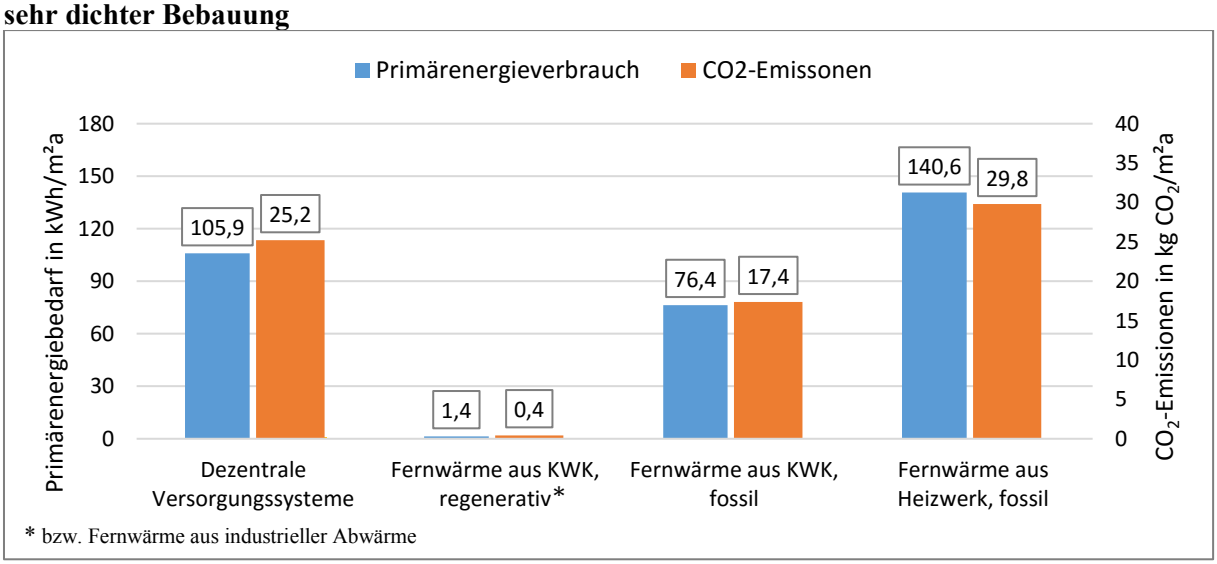


Abbildung 46: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen in Siedlungen mit dichter und sehr dichter Bebauung



4.4 Energetische Bewertung – zukünftig

4.4.1 Einführende Bemerkungen

Im Folgenden soll gezeigt werden, welche Auswirkungen der verstärkte Ausbau von Fernwärmenetzen in Gebieten mit niedrigen Wärmebedarfsdichten zur Folge hat und inwieweit die Änderung der Allokationsmethode die primärenergetische Bewertung von Fernwärmenetzen zusätzlich beeinflussen kann. Darüber hinaus wird das Thema des Verdrängungsstrommixes andiskutiert.

4.4.2 Einfluss der Netzverluste

Durch den geplanten Ausbau von Wärmenetzen werden auch Gebiete erschlossen, die durch die ungünstige Siedlungs- und Wärmebedarfsdichte mit hohen Netzverlusten verbunden sind. Dies betrifft vor allem Dörfer und Stadtrandgebiete. Um die ungünstige Siedlungsdichte zu verdeutlichen, wird für die weiteren Berechnungen ein relativer Netzverlust in Höhe von 25 % unterstellt.

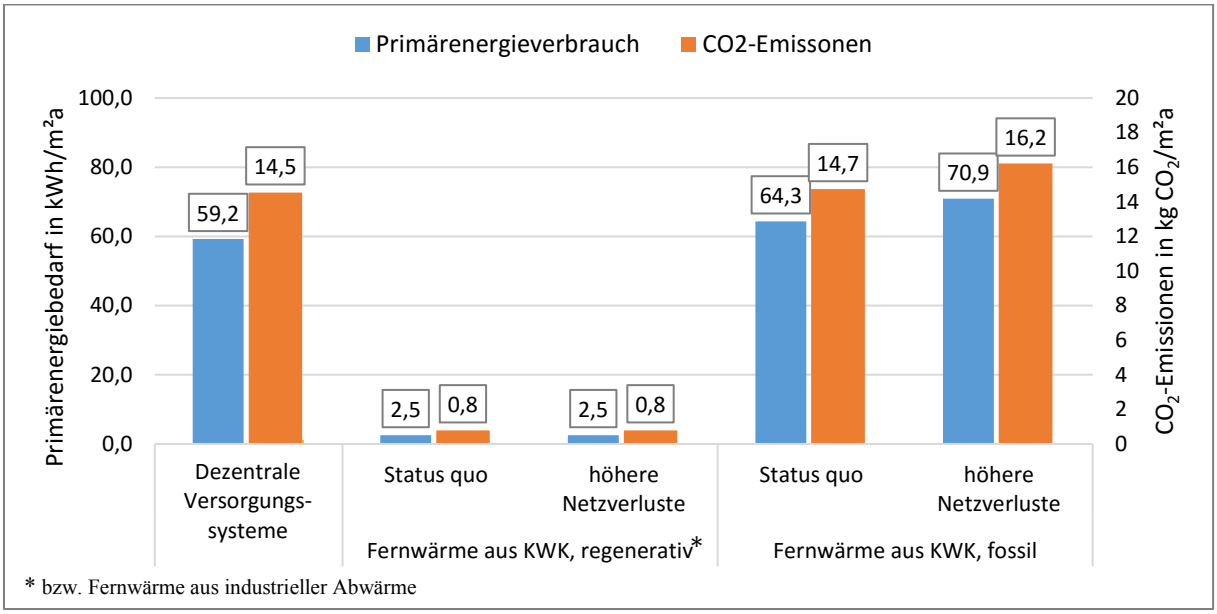
Es wird nur Wärme aus KWK fossil und regenerativ betrachtet. Dabei wird ein Anteil von KWK-Wärme in Höhe von 70 % und ein BHKW mit einer Stromkennzahl von 0,75 unterstellt. Fernwärme aus fossilen Heizwerken, die ohnehin primärenergetisch ungünstiger ist als dezentrale Versorgungskonzepte wird nicht berücksichtigt.

Unter Berücksichtigung der aktuell noch gültigen Stromgutschriftenmethode für die Bewertung von KWK-Anlagen ist der Einfluss der höheren Netzverluste nur bei der Fernwärmevariante aus KWK fossil sichtbar. Beim Einsatz eines regenerativen Brennstoffes erhöht sich der Primärenergiefaktor trotz der höheren Netzverluste aufgrund der günstigen Bewertung nicht (s. folgende Tabelle und Abbildung 47). Dabei wird mit Status quo der aktuell normative Primärenergiefaktor beschrieben.

Tabelle 25: PE-Faktoren und CO_2-Emissionsfaktoren

		Primärenergiefaktor	CO_2-Emissionsfaktor, äquivalent
Fernwärme aus KWK, regenerativ	Standardvariante – Status quo	0,0	0 g/kWh
	Parametervariation: 25% Netzverluste	0,0	0 g/kWh
Fernwärme aus KWK, fossil	Standardvariante – Status quo	0,70	158 g/kWh
	Parametervariation: 25% Netzverluste	0,77	175 g/kWh

Abbildung 47: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im EFH Neubau unter Berücksichtigung der höheren Netzverluste

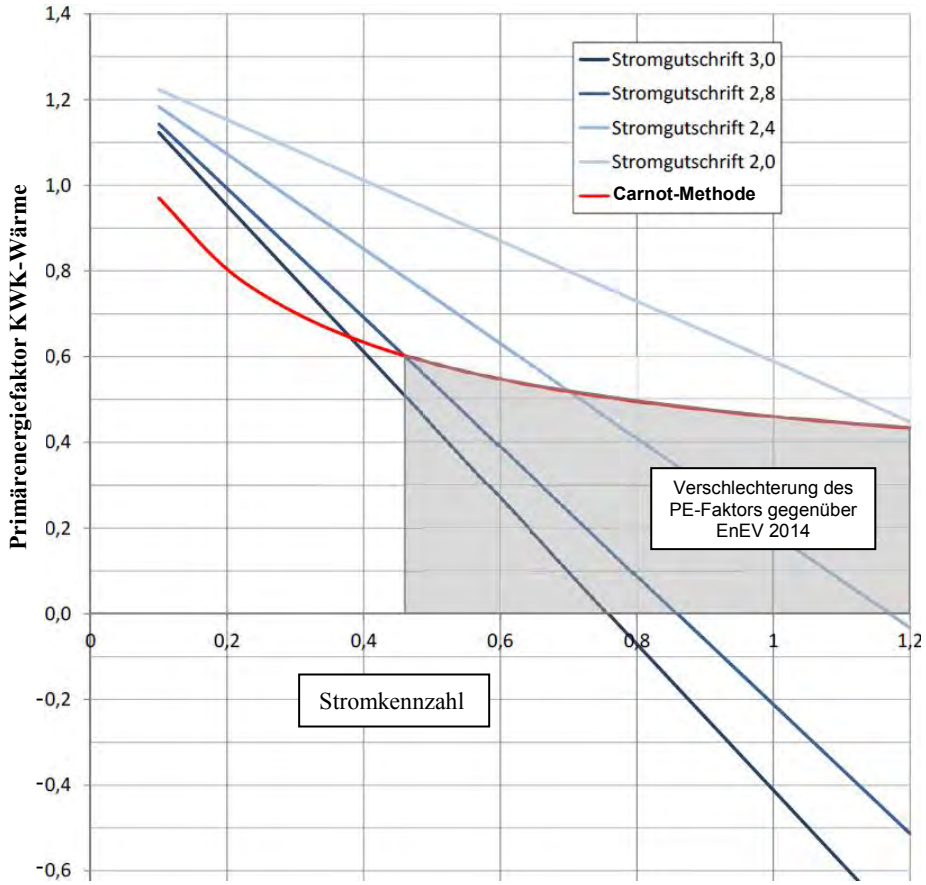


4.4.3 Zusätzlicher Einfluss der Allokationsmethode

Im Folgenden werden zusätzlich zum zuvor genannten Einfluss der höheren Netzverluste auf den Primärenergiefaktor die Auswirkungen der Änderung der Allokationsmethode diskutiert. Dabei wird der Primärenergiefaktor abweichend von der aktuell gültigen Stromgutschriftenmethode für ein Beispielnetz bestimmt. Als zukünftig mögliche Allokationsmethode wird die Carnot-Methode diskutiert.

Die Carnot-Methode berücksichtigt die energetische Qualität der Produkte Wärme und Strom, ist eine rein physikalische Methode und erlaubt relativ konsistente physikalische Vergleiche im Hinblick auf Energie, Exergie sowie Klimaschutz. Besonders bei größeren Anlagen mit hohen Stromkennzahlen führt die Verwendung dieser Methode zu höheren Primärenergiefaktoren als die Stromgutschriftenmethode mit dem aktuell gültigen Primärenergiefaktor für Verdrängungsstrommix (f_p=2,8). Die „Verschlechterung“ der Primärenergiefaktoren der KWK-Wärme gegenüber der aktuellen Stromgutschriftenmethode kann folgender Abbildung entnommen werden. Es ist deutlich, dass der ausgekoppelten Wärme anders als bei der Stromgutschriftenmethode immer ein Brennstoffaufwand zugeordnet wird und damit der Primärenergiefaktor nie Null werden kann.

Abbildung 48: Primärenergiefaktor der ausgekoppelten KWK-Wärme in Abhängigkeit von der Stromkennzahl



Quelle: Dr.-Ing. T. Sander, Aufteilung des Brennstoffs auf die Produkte Strom und Wärme

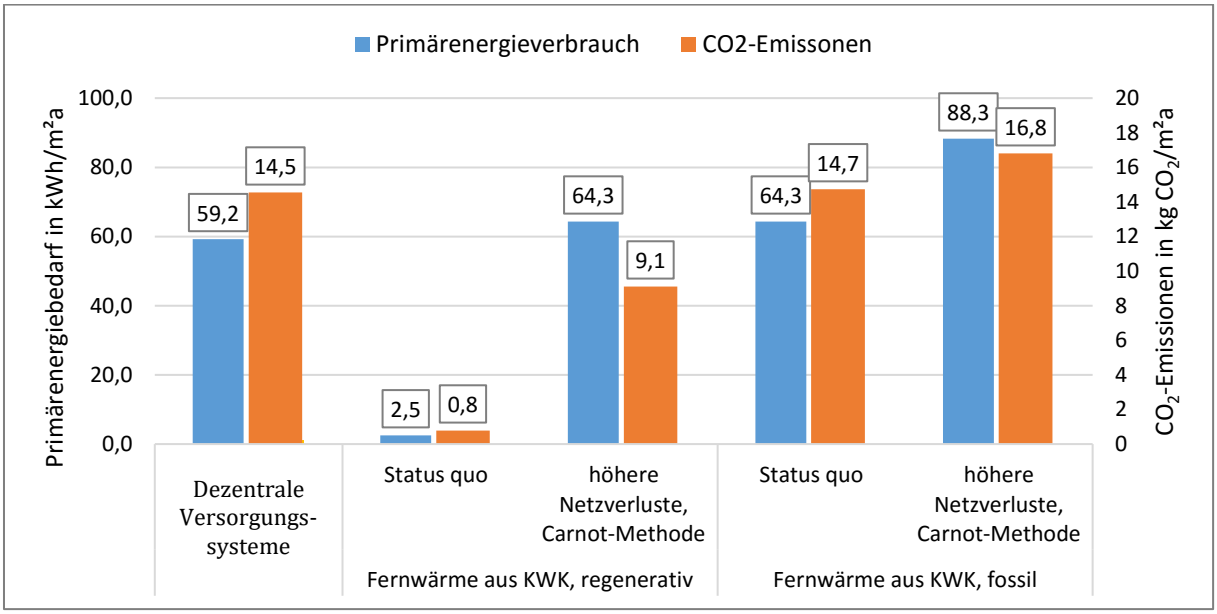
Für das zuvor betrachtete Beispielnetz ergeben sich daher höhere Primärenergiefaktoren. Aus der Carnot-Methode als zukünftig möglicher Allokationsmethode resultiert die Erhöhung der Primärenergiefaktoren bei beiden KWK-Varianten. Die in folgender Tabelle ausgewiesenen Werte berücksichtigen die gegenüber dem Status quo höheren Netzverluste und die geänderte Allokationsmethode für Wärme aus KWK.

Tabelle 26: PE-Faktoren und CO_2-Emissionsfaktoren – andere Allokationsmethode

		Primärenergiefaktor	CO_2-Emissionsfaktor, äquivalent
Fernwärme aus KWK, regenerativ	Standardvariante – Status quo	0,0	0 g/kWh
	Parametervariation: 25% Netzverluste und Carnot-Methode	0,70	94 g/kWh
Fernwärme aus KWK, fossil	Standardvariante – Status quo	0,70	158 g/kWh
	Parametervariation: 25% Netzverluste und Carnot-Methode	0,97	182 g/kWh

Ändert sich perspektivisch die Allokationsmethode, sind die dezentralen Versorgungssysteme aus primärenergetischen Sicht auf vergleichbaren Niveau wie Fernwärme aus KWK-Anlagen mit regenerativem Brennstoff (s. Abbildung 49). Die Änderung der Allokationsmethode hätte keinen Einfluss auf die primärenergetische Bewertung von Fernwärme aus industrieller Abwärme.

Abbildung 49: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im EFH Neubau unter Berücksichtigung der höheren Netzverluste und Carnot-Methode



4.4.4 Einfluss des Verdrängungsstrommixes

Sollte keine Änderung der Allokationsmethode zukünftig erfolgen, wäre das mit dem Verbleib der Stromgutschriftenmethode und einem eventuell vom Status quo abweichenden Primärenergiefaktor für den Verdrängungsstrom verbunden. Inwieweit sich der Primärenergiefaktor für verdrängten Strom perspektivisch ändert, ist schwer zu beziffern.

Bezüglich der möglichen Änderung werden unterschiedliche Meinungen vertreten. Bedingt durch die Merit Order geht die FfE (2009a) davon aus, dass regenerative Erzeuger wie Windkraftanlagen und Photovoltaikmodule aufgrund von fehlenden Brennstoffkosten Grenzkosten von nahezu Null aufweisen und damit immer laufen würden. Die KWK-Anlagen würden damit jeweils die Kraftwerke mit den höchsten Grenzkosten und nicht den gesamten Strommix verdrängen. Ebenso wird in BDEW (2015) die Meinung vertreten, dass der Verdrängungsstrommix trotz zunehmenden regenerativen Anteilen an der Stromerzeugung in Zukunft kaum oder nur unwesentlich abfällt.

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch ist im Jahr 2014 auf 27,4 % nach BMWi (2015) angestiegen. Mit der zum 1. August 2014 in Kraft getretenen grundlegenden Novelle des EEG verfolgt die Bundesregierung das Ziel, den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien sicherzustellen. Bis zum Jahr 2025 sollen 40 bis 45 Prozent des in Deutschland verbrauchten Stroms aus erneuerbaren Energien produziert werden, bis zum Jahr 2035 sollen es 55 bis 60 Prozent sein.

Inwieweit der von der Bundesregierung angestrebte Entwicklungspfad den Verdrängungsstromix beeinflussen wird, ist schwer zu beziffern. Der Ausbau erneuerbarer Energien im Stromsektor könnte die Verkürzung der Laufzeiten von fossil betriebenen KWK-Anlagen zur Folge haben, was wiederum zur Erhöhung der Laufzeiten von Heizwerken führen könnte.

Eine verbesserte Effizienz der konventionellen Stromerzeugung und wachsende erneuerbare Anteile führen dazu, dass der Verdrängungsstrommix immer „grüner“ wird. Gutschriften durch die KWK-Stromerzeugung werden damit perspektivisch kleiner, Vorteile in der Umweltbilanz werden bei KWK-Anlagen zunehmend geringer. Sollte perspektivisch die primärenergetische Gutschrift geringer sein, hätte diese besonders bei fossil betriebenen KWK-Anlagen höhere Primärenergiefaktoren zur Folge (vgl. Abbildung 48).

4.4.5 Primärenergiefaktoren – Ausblick in die Zukunft

Unabhängig von der zukünftigen Allokationsmethode bzw. Höhe des Verdrängungstrommixes bleibt die Fernwärme aus KWK in Verbindung mit biogenen Brennstoffen und die Fernwärme aus industrieller Abwärme eine primärenergetisch sinnvolle Lösung. Ebenso vorteilhaft ist die Nutzung von erneuerbaren Energien u.a. biogenen Brennstoffen, besonders dann, wenn deren Einsatz in dezentraler Wärmeversorgung nicht ohne Weiteres möglich ist.

Die Entwicklung des Wärmebedarfs der Wohngebäude wird vor allem durch Sanierungseffekte bestimmt. Eine weitere Einflussgröße bildet die Veränderung der Wohnflächensummen. Die zukünftige energetische Sanierung des Gebäudebestandes wird zur Senkung des Wärmeverbrauchs führen. Damit würden sich die Rahmenbedingungen für die Fern-/Nahwärmenetze verschlechtern. Wird der Ausbau von Wärmenetzen zukünftig massiv forciert, hätte das gleichzeitig eine Erschließung von Gebieten mit ungünstigen Wärmebedarfsdichten zur Folge. Niedrige Wärmebedarfsdichten würden höhere Netzverluste bedeuten. Das hätte einen gegenüber dem Status quo höheren primärenergetischen Aufwand für das Betrieb des Fern-/Nahwärmenetzes zur Folge. Ob der höhere primärenergetische Aufwand sich in dem höheren Primärenergiefaktor für Fernwärme aus KWK wiederspiegeln wird, hängt von der zukünftigen energetischen Bewertung von KWK und damit in erster Linie von politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen.

Eine pauschale Bewertung von Nah- und Fernwärme ist damit nicht sinnvoll und der jeweilige Anwendungsfall muss genau betrachtet werden, um korrekte Aussagen zur Umweltbilanz machen zu können.

5 Wirtschaftlichkeit von Fern- und Nahwärmekonzepten aus Sicht der beteiligten Akteure

Verfasser: Andreas Pfnür

5.1 Vorgehensweise und Methodik zur Berechnung der ökonomischen Wirkungen netzgebundener Wärmekonzepte

In den folgenden Abschnitten wird die Frage beantwortet, wie Fernwärmekonzeptionen heute und bei dem beabsichtigtem Ausbau mittel- und langfristig im Vergleich zu modernisierten, wärmenetzunabhängigen, individuellen Heizungsanlagen wirtschaftlich zu bewerten sind. Die Bewertung erfolgt aus den Perspektiven der beteiligten Akteure. Das sind zunächst die Eigentümer, Selbstnutzer und Mieter aber auch die Gesamtwirtschaft. Die Prognose erfolgt anhand der zuvor im Kapitel 4 definierten Beispielfälle von Wohnsituationen und Hauswärmekonzepten. Diese Beispielfälle sind so ausgewählt, dass unter der Prämisse der Überschaubarkeit und Transparenz der modellhaften Abbildung der Realität ein möglichst breites Spektrum der Hauswärmeversorgung in Deutschland abgebildet wird.

5.1.1 Projektbezogene Darstellung aller Zahlungen der Wärmeversorgung in einem vollständigen Finanzplan

Im Rahmen umfassender Wirtschaftlichkeitsrechnungen werden die Zahlungsströme, die durch alternative Sanierungsvarianten des Hauswärmekonzepts in den verschiedenen Musterfällen verursacht werden, prognostiziert und in vollständigen Finanzplänen abgebildet (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27: Aufbau des projektbezogenen vollständigen Finanzplans (Prinzipschaubild)

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Investition								
Investitionskosten	- 16.200							
Zufluss Fördermittel	-							
Restwert Heizungsanlage								6.350
Finanzierung								
Kapitalzufluss zur Finanzierung d. Investition	16.200							
Finanzierungskosten Investition		- 243	- 243	...	- 243	- 243	- 243	- 243
Rückzahlung Kapital in t15								- 16.200
Lfd. Betrieb								
Wartungskosten		- 110	- 112	...	- 151	- 154	- 157	- 160
Instandhaltungskosten		- 156	- 159	...	- 214	- 218	- 223	- 227
Schornsteinfeger/ Versicherung		-	-	...	-	-	-	-
Energiekosten								
Energiekosten		- 1.362	- 1.403	...	- 2.186	- 2.252	- 2.319	- 2.389
Projektkonto								
Cash-Flow I: Auszahlungen für Hauswärme	-	- 1.871	- 1.918	...	- 2.794	- 2.867	- 2.942	- 12.870
Verzinsung Projektkonto		-	- 28	...	- 606	- 657	- 709	- 764
Cash-Flow II: Bestandsminderung Projektkonto im lfd. Jahr		- 1.871	- 1.946	...	- 3.400	- 3.524	- 3.652	- 13.634
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert		- 1.871	- 3.817	...	- 43.773	- 47.297	- 50.949	- 64.583
Kennzahlen								
Endwert der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 64.583							
Barwert (DCF) der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 47.736							

Der vollständige Finanzplan ist vereinfachend zu verstehen als Projektkonto der Wärmesystemerneuerung, auf dem alle Ein- und Auszahlungen periodengerecht (hier jährlich) erfasst werden.

Er enthält zunächst eine Auszahlung in Höhe der Investitionskosten sowie die ggf. gezahlten Fördermittel zum Projektbeginn. Die Restwerte der Heizungsanlage am Ende des Betrachtungshorizonts werden durch lineare Abschreibung in einer Nebenrechnung ermittelt und die Summe dem Finanzplan gutgeschrieben.[82]

Die Investitionszahlung nach Abzug der Förderung bedarf der Finanzierung. Diese erfolgt in Form eines endfälligen Darlehens zum Kalkulationszinssatz. Der Kalkulationszinssatz ist über den Planungshorizont fest vereinbart. Da es sich hier um eine projektbezogene Rechnung handelt, wird an dieser Stelle keine weitere Annahme über die Finanzierungsstruktur oder die konkreten Finanzierungskonditionen getroffen. Es erfolgt eine laufende Zinszahlung. Das Darlehen wird am Ende der Betrachtungsperiode in einer Summe getilgt.

Jede Heizungsanlage verursacht laufende Kosten. Diese werden in die Positionen Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie ggf. Schornsteinfeger/Versicherung untergliedert. Den größten Anteil der Wärmekosten verursachen regelmäßig die Energiekosten. Sowohl Betriebs- als auch Energiekosten unterliegen im Zeitablauf Preisänderungen, die durch entsprechende Preissteigerungsraten erfasst werden.

Die vollständige Finanzplanung ist eine dynamische Investitionsrechnung, die Verzinsungseffekte berücksichtigt. Die oben dargestellten originären Zahlungen der Wärmeversorgung führen dazu, dass in der periodischen Saldierung aller Zahlungen negative Cashflows entstehen. Der negative Saldo des Projektkontos für die Wärmeversorgung muss durch eine entsprechende Finanzierung in jeder Periode ausgeglichen werden. Dieser Ausgleich verursacht periodische Zinszahlungen. Anders als bei der Finanzierung der langfristigen Investition der Heizungserneuerung werden diese laufenden Kontounterdeckungen zu einem kurzfristig für eine Periode geltenden Zinssatz finanziert. Dieser Vorgang führt zu Zinszahlungen auf dem Projektkonto. Da jede Periode erneute Wärmeversorgungskosten entstehen, nimmt der Saldo des Projektkontos von Jahr zu Jahr weiter ab. Der zu finanzierende Fehlbetrag und damit die Zinszahlungen nehmen im Zeitablauf zu.

Am Ende des Betrachtungshorizonts wird das Darlehen zur Finanzierung der Heizungsanlage zurückgezahlt und der Restwert der Heizungsanlage dem Konto gutgeschrieben. Der danach verbleibende Saldo des Kontos ist der Endwert der Investition, der in unserem Fall dem Endwert der Wärmekosten nach Ablauf der Planungsperiode entspricht. Methodisch ist diese Endwertbetrachtung mit Hilfe der vollständigen Finanzplanung die derzeit beste Möglichkeit, alternative Investitionen – in diesem Fall

---

[82] Alle Investitionsrechnungen, wie insbesondere auch der vollständige Finanzplan sind strikt zahlungsorientiert. Der Restwert ist zunächst eine buchhalterische Größe. Wir unterstellen deshalb mit diesem Vorgehen, dass das Haus am Ende der Planungsperiode veräußert wird und aus dem Veräußerungserlös ein Anteil auf die Heizungsanlage entfällt. Dieser Anteil entspricht vereinfachend angenommen dem Restwert bei linearer Abschreibung.

alternative Wärmekonzepte – auf Basis monetärer Größen zu vergleichen. Dasjenige Wärmekonzept, welches über den Betrachtungshorizont den höchsten Endwert und damit die geringsten Wärmekosten aufweist, ist wirtschaftlich gesehen effizient.

In vielen anderen Studien wird der Barwert als Entscheidungsgröße für die Effizienz einer Investition herangezogen. Methodisch basieren beide Verfahren auf der dynamischen Investitionsrechnung. Entsprechend ist der Endwert der Wärmeversorgung ohne Probleme durch einfache Abzinsung zum Kalkulationszins in den Barwert überführbar. Entsprechend ist neben dem Endwert auch der Barwert jeder Wärmeversorgungsvariante berechnet worden. Definitionsgemäß entspricht der Barwert der Investition dem Zeitwert aller Ein- und Auszahlungen zum Entscheidungszeitpunkt. In unserem Fall ist der Barwert damit die Summe aller Kosten der Wärmeversorgung, die aufgrund der Kapitalisierungseffekte auf den Entscheidungszeitpunkt abgezinst wurden. Anders interpretiert entspricht der Barwert dem maximalen Preis, zu dem ein Nutzer die Wärmeversorgung für die gesamte Projektlaufzeit beispielsweise in Form eines vollumfänglichen Contractings bei einem Dienstleister zum heutigen Zeitpunkt in einer Summe einkaufen würde.

Die Musterfälle unterscheiden sich nach Wohnsituationen in die Kategorien

- unsanierte Bestandsgebäude,
- sanierte Bestandsgebäude sowie
- Neubau.

Bei den beiden Varianten an Bestandsgebäuden besitzt das Haus bereits ein Wärmesystem. Für die teilsanierten und unsanierten Bestandsgebäude wird die Wirtschaftlichkeit der Investition anhand des Status quo vor der Erneuerung der Wärmeversorgung bewertet. Aus Projektsicht sind so die Endwerte der Wärmekosten nach Ablauf der Betrachtungsperiode in den alternativen Wohnsituationen und Hauswärmekonzepten zu ermitteln. Um diesen Vergleich zu ermöglichen, wurde nach dem gleichen Prinzip wie oben ein vollständiger Finanzplan für den Status quo der Wärmeversorgung ermittelt. Dabei wurde unterstellt, dass die bestehende Anlage bereits voll finanziert und abgeschrieben ist. Investitions- und Finanzierungszahlungen fallen deshalb nicht an. Der vollständige Finanzplan des Status quo besteht folglich aus Auszahlungen für den Betrieb, die Energie und Zinszahlungen in Folge des negativen Saldos des Projektkontos, über das annahmegemäß die Hauswärmezahlungen im Status quo finanziert werden (siehe Tabelle 28).

Tabelle 28: Aufbau des vollständigen Finanzplans zur Erfassung der Wärmezahlungen im Status quo

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Lfd. Betrieb								
Wartungskosten		- 180	- 184		- 247	- 252	- 257	- 262
Instandhaltungskosten		- 285	- 291		- 391	- 399	- 407	- 415
Schornsteinfeger/ Versicherung		- 105	- 107		- 144	- 147	- 150	- 153
Energiekosten								
Energiekosten		- 1.818	- 1.872		- 2.917	- 3.004	- 3.094	- 3.187
Projektkonto								
Cash-Flow I: Auszahlungen für Hauswärme	-	- 2.388	- 2.453		- 3.699	- 3.802	- 3.908	- 4.018
Verzinsung Projektkonto		-	- 36		- 788	- 855	- 925	- 997
Cash-Flow II: Bestandsminderung Projektkonto im lfd. Jahr		- 2.388	- 2.489		- 4.487	- 4.657	- 4.833	- 5.015
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert		- 2.388	- 4.877		- 57.000	- 61.657	- 66.490	- 71.505
Kennzahlen								
Endwert der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 71.505							
Barwert (DCF) der Wärmekosten nach 20 Jahren	- 52.852							

Durch Addition der End- beziehungsweise Barwerte der Wärmekosten ist eine Aussage darüber möglich, ob die Investition in eine neue Heizungsanlage im betrachteten Fall und unter den angenommenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich ist. Dies ist immer dann der Fall, wenn Wärmekosten nach der Investition niedriger ausfallen als im Status quo. Je höher diese Differenz ausfällt, um so effizienter ist die Erneuerung der Heizungsanlage auf wirtschaftlicher Sicht.

Bei Neubauten ist dieser Vergleich mangels Vergleichsalternative nicht möglich. Hier können allerdings alternative Wärmekonzepte anhand der durch sie verursachten End- beziehungsweise Barwerte verglichen werden. Das Wärmekonzept mit dem höchsten (betragsmäßig kleinsten) Endwert ist effizient.

Mit dem oben dargestellten Bewertungsverfahren lassen sich grundsätzlich alle Wärmekonzepte wirtschaftlich vergleichen. Nachfolgend ist der Vergleich von Wärmenetzgebundenen Versorgungssystemen und dezentralen Wärmeversorgungssystemen von besonderem Interesse.

5.1.2 Vollständige Finanzplanungen aus Sicht der Eigentümer

Im Falle vermieteten Wohnraums entscheiden die Eigentümer über die Wärmeerzeugung und deren Sanierung. Er hat damit auch die Finanzierung bereit zu stellen. Dazu wird er in der Regel einen Anteil an Eigenkapital einsetzen und für den nach Abzug des Betrags eventueller Förderung ein Darlehen aufnehmen. Wie bereits oben wird auch hier angenommen, dass dieses Darlehen endfällig zu einem Festzins über die gesamte Betrachtungsperiode bereitgestellt wird.

Nach herrschendem Recht sind die Eigentümer berechtigt, denjenigen Teil der Investitionskosten, der als mehrwertstiftende energetische Sanierung – und nicht Durchführung einer Instandhaltung – zu qualifizieren ist, auf die Mieter mittels Mieterhöhung (derzeit gem. § 559 BGB maximal 11 % der Investitionskosten p.a.) umzulegen. Ob dies gelingt oder nicht ist eine Frage der Zahlungsfähigkeit und Zahlungsbereitschaft der Mieter. Vereinfachend wird zunächst angenommen, dass die rechtlich zulässige Umlage des modernisierenden Investitionskostenanteils in Form einer Mieterhöhung in voller Höhe durchsetzbar ist.

Für den Eigentümer verändern sich durch die Erneuerung der Heizungsanlage die nicht umlegbaren und somit auf ihn entfallenden Betriebskosten. Die bestehende Anlage verursacht gegenüber einem modernen Heizsystem aufgrund von altersbedingtem Verschleiß zumeist höhere Instandhaltungskosten.

Der Periodensaldo aus wärmeinvestitionsbedingten Ein- und Auszahlungen kann, je nach Wirtschaftlichkeit der Investition positiv oder negativ ausfallen. Sollte der Saldo des Projektkontos einen positiven Stand aufweisen, so erwirtschaftet dieses Kapital in der Folgeperiode mittels einer Anschlussinvestition (z.B. Festgeld) eine Zinszahlung. Im Falle eines negativen Saldos des Projektkontos muss dieser Saldo finanziert werden, was eine Sollzinszahlung auslöst. In der Summe ergibt sich folgender schematischer Aufbau des Finanzplans aus Eigentümersicht (Tabelle 29):

Tabelle 29: Aufbau des vollständigen Finanzplans aus der Eigentümersicht (Prinzipschaubild)

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Investition	- 8.288							
Restwert Heizungsanlage								1.210
Anteil mieterhöhungsfähiger modernisierender Instandhaltung	- 4.144							
Eigenkapital	1.658							
Fremdkapital (Valuta Darlehen, endfällig)	6.630	6.630	6.630	...	6.630	6.630	6.630	6.630
Mieterhöhung durch Investitionsumlage		456	456	...	456	456	456	456
Finanzierungskosten FK (endfällig)		- 99	- 99	...	- 99	- 99	- 99	- 99
Δ nicht umlagefähige Instandhaltungszahlungen		95	97	...	130	133	136	138
Zahlungsströme Konto Eigentümer								
Cash-Flow I: Originärer Zahlungsstrom	-	451	453	...	487	489	492	- 4.925
Verzinsung Projektkonto			2	...	39	41	44	47
Cash-Flow II: Bestandsänderung Projektkonto im lfd. Jahr	-	451	456	...	526	531	536	- 4.879
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert	-	451	907	...	8.281	8.812	9.348	4.469
Kennzahlen aus Eigentümersicht								
Endwert der Investition	2.812							
Barwert der Investiton	2.242							
Nebenrechnung VoFi EK-Rendite	- 1.658	0	0	...	0	0	0	4.469
VoFi Eigenkapitalrendite	5,08%							

Auch aus Sicht der Eigentümer ergeben sich aus der vollständigen Finanzplanung ein Investitionsendwert sowie der entsprechende Barwert. Positive Investitionsbarwerte bedeuten, dass es sich um eine vorteilhafte Investition handelt.

Da der Eigentümer annahmegemäß die Modernisierungsinvestition zu Teilen aus Eigenkapital finanziert hat, lässt sich zudem die Vorteilhaftigkeit der Investition anhand der Eigenkapitalrendite bewerten. In der immobilienwirtschaftlichen Praxis ist die Eigenkapitalrendite das wichtigste finanzwirtschaftliche Entscheidungskriterium zwischen unterschiedlichen Investitionsalternativen. Die hier berechnete spezielle VoFi-Eigenkapitalrendite ist die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des eingesetzten Kapitals auf den Endwert. Methodenimmanent können gültige Werte für die Eigenkapitalrendite nur dann berechnet werden, wenn der Endwert der Investition positiv ist. Das ist nachfolgend nicht in allen Berechnungen der Fall, sodass in den entsprechenden Feldern der Eintrag „negativer Endwert“ (neg. EW) erscheint.

Anhand des Kriteriums der Eigenkapitalrendite können alle Investitionen als wirtschaftlich betrachtet werden, deren Eigenkapitalrenditen höher sind als die Renditen möglicher Alternativen. Dabei ist darauf zu achten, dass als Vergleich nur Alternativen herangezogen werden, die hinsichtlich Laufzeit

und Risikostruktur tatsächlich auch vergleichbar sind. In unserem Fall sind dies regelmäßig Investitionen in Immobilien oder deren Sanierung. Es sei an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass es aus betriebswirtschaftlicher Sicht zwar notwendig aber nicht hinreichend ist, wenn ein positiver Wert für die Eigenkapitalrendite erzielt wird. Vielmehr erfordert die Entscheidung zugunsten einer Investition, dass diese zumindest die Opportunitätskosten des eingesetzten Kapitals erwirtschaftet. Diese bestimmen sich anhand eines als Basiszinssatz bezeichneten Preises für risikofrei investiertes Kapital zuzüglich eines Risikoaufschlags. Alle Immobilieninvestitionen sind grundsätzlich risikobehaftet. Über die Höhe des Risikos und des entsprechenden Risikoaufschlags entscheidet der Investor anhand seiner konkreten Situation. Dabei hat die Übernahme des Investitionsrisikos regelmäßig einen Marktpreis. Als Indikator für diesen Marktpreis gelten beispielsweise die Immobilienrenditen in den Marktberichten oder die Liegenschaftszinssätze der Gutachterausschüsse.

5.1.3 Vollständige Finanzplanungen aus Sicht der Mieter

Aus Sicht der Mieter verändert sich durch die Sanierung der Wärmeversorgung im Regelfall sowohl die Miethöhe als auch die Höhe der Wärmekosten. Wie bereits aus der Sicht der Eigentümer erläutert, können diese bis zu 11 % der modernisierenden Sanierungsinvestitionen pro Jahr auf die Miete aufschlagen. Annahmegemäß werden diese 11 % in den nachfolgenden Berechnungen von den Eigentümern auch voll ausgeschöpft. Im Gegenzug verringern sich durch die Sanierungsinvestition für die Mieter die Wärmekosten. Zusätzlich verursacht die neue Wärmeversorgung regelmäßig andere auf die Mieter entfallenden Betriebskosten. Je nachdem, wie effizient die neue Wärmeversorgung aus Sicht der Mieter ausfällt, verursacht die Sanierung teils positive und teils negative Veränderungen der periodenbezogenen Kosten der Wärmeversorgung. Wie bereits aus Projektsicht und aus Sicht der Mieter oben dargestellt, werden auch hier diese Änderungen der Wärmekosten über die Projektlaufzeit auf einem virtuellen Projektkonto verbucht. Sofern dieses Projektkonto einen positiven Saldo aufweist, werden in der Folgeperiode Anschlussinvestitionen getätigt, die sich zu einem Kalkulationshabenzins verzinsen oder im Falle eines negativen Saldos wird dieser durch eine Kreditaufnahme, die dann eine Zinsauszahlung in Höhe des Kalkulationssollzinses verursacht, ausgeglichen. Der vollständige Finanzplan aus Mietersicht hat folgenden Aufbau (siehe Tabelle 30):

Tabelle 30: Aufbau des vollständigen Finanzplans aus der Mietersicht (Prinzipschaubild)

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Mieterhöhung		- 456	- 456	...	- 456	- 456	- 456	- 456
Heizkostenersparnis		358	369	...	574	592	609	628
Δ Lfd. Betrieb		75	77	...	103	105	107	109
Zahlungsströme Konto Mieter								
Cash-Flow I: Originärer Zahlungsstrom		- 23	- 11	...	222	241	261	281
Verzinsung Projektkonto			- 0	...	7	8	9	10
Cash-Flow II: Bestandsänderung Projektkonto im lfd. Jahr		- 23	- 11	...	228	249	270	292
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert		- 23	- 34	...	1.573	1.822	2.092	2.383
Kennzahlen aus Mietersicht								
Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	- 2.383							
Δ Wärmekosten im ersten Jahr	23							
Durchschnittliches Δ Wärmekosten d. nächsten 20 Jahre p.a.	- 116							

Aus Mietersicht entscheidet ganz maßgeblich der Endwert der Wärmekosten darüber, ob die Sanierung der Heizungsanlage aus ihrer Perspektive wirtschaftlich ist. Als Vergleichssituation werden die Mieter regelmäßig den Endwert der Wärmekosten bei Fortschreibung des Status quo heranziehen. Entsprechend ist die oben dargestellte Finanzplanung bereits als Differenzbetrachtung aufgebaut. In der immobilienwirtschaftlichen Praxis ergibt sich dabei oft die Situation, dass diese Wirtschaftlichkeit zu Beginn des Betrachtungszeitraums noch nicht gegeben ist. Vielmehr gestalten sich mit steigenden Energiekosten bei zeitlich konstanter Investitionsumlage (Mieterhöhung) die Investitionen von Jahr zu Jahr als vorteilhafter. Um diesen Effekt sichtbar zu machen, werden neben dem Endwert der Wärmekosten über die gesamte Betrachtungsperiode hinaus zusätzlich die Veränderung der Wärmekosten im ersten Jahr und die durchschnittliche jährliche Veränderung der Wärmekosten über den gesamten Zeitraum als weitere Kennzahlen errechnet.

5.1.4 Vollständige Finanzplanungen aus Sicht der Selbstnutzer

Die finanzwirtschaftliche Sicht der Selbstnutzer auf die Erneuerung der Heizungsanlage vereint Komponenten der oben bereits dargestellten Eigentümer- und Mietersichten. Die Selbstnutzer sind zunächst in der Verpflichtung, die Investitionen zu finanzieren. Annahmegemäß werden auch sie, wie im Fall der Eigentümer des vermieteten Wohnhauses, einen Eigenkapitalanteil einsetzen und den nach Abzug der Förderung verbleibenden Betrag über ein endfälliges Darlehen mit über die Laufzeit festgeschriebenem Zinssatz finanzieren. Nach Ablauf des Planungshorizonts wird, wie oben bereits erläutert, der Restwert der Heizungsanlage dem fiktiven Projektkonto gut geschrieben. Die Selbstnutzer werden im Gegenzug dieselben Energiekostenersparnisse verbuchen können, die die Mieter für sich verbuchen können. Schließlich treffen die Selbstnutzer alle durch den Wärmesystemwechsel verursachten Veränderungen der Betriebskostenpositionen.

Wie bereits oben erläutert, werden auch hier alle anfallenden Periodensalden auf einem fiktiven Projektkonto gesammelt, das im Falle von Haben-Salden zum Kalkulationshabenzinssatz verzinste Anschlussinvestitionen auslöst und im Falle von Soll-Salden zum Kalkulationssollzinssatz verzinste Kreditaufnahmen. Der vollständige Finanzplan aus der Selbstnutzerperspektive hat folgenden Aufbau (siehe Tabelle 31):

Tabelle 31: Aufbau des vollständigen Finanzplans aus der Selbstnutzersicht (Prinzipschaubild)

Perioden (Betrachtungshorizont T=20)	0	1	2	...	17	18	19	20
Investition	- 8.288							
Restwert Heizungsanlage								1.210
Eigenkapital	1.658							
Fremdkapital (Valuta Darlehen, endfällig)	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630	6.630
Heizkostenersparnis		358	369	380	574	592	609	628
Finanzierungskosten FK (endfällig)		- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99	- 99
Δ Summe Betriebskosten		170	173	177	233	238	243	248
Zahlungsströme Konto Eigentümer								
Cash-Flow I: Originärer Zahlungsstrom	-	429	443	457	708	730	753	- 4.644
Verzinsung Projektkonto			2	4	46	49	53	57
Cash-Flow II: Bestandsänderung Projektkonto im lfd. Jahr	-	429	445	462	754	780	806	- 4.587
Saldo Projektkonto: Cash-Flow kumuliert	-	429	873	1.335	9.855	10.635	11.441	6.854
Kennzahlen								
Endwert der Investition	5.196							
Barwert der Investiton	3.841							
	- 1.658	0	0	0	0	0	0	6.854
VoFi Eigenkapitalrendite	7,36%							

Die Selbstnutzer bewerten aus ihrer Sicht die Investition nach den gleichen finanzwirtschaftlichen Kennzahlen wie die Eigentümer. Sie entscheiden anhand der End- beziehungsweise Barwerte darüber, welcher Wärmeversorgungsvariante sie aus finanzwirtschaftlicher Sicht den Vorzug geben. Stehen keine Alternativen zur Verfügung, so muss der Barwert der Investition größer als Null sein, um zu einem effizienten Ergebnis der Investition zu gelangen. Die VoFi-Eigenkapitalrendite muss bei alternativlosen Investitionen höher sein als diejenige von Alternativinvestitionen (siehe hierzu die obigen Erläuterungen des Finanzplans aus Eigentümersicht). Gibt es mehrere Alternativen für die Sanierung der Wärmeversorgung, wird nach finanzwirtschaftlichen Kriterien derjenigen Variante der Vorzug gegeben, die die höchste Eigenkapitalrendite erwirtschaftet.

Aus Sicht der Selbstnutzer ist auch die Annuität der Wärmekosten eine aufschlussreiche Ergebnisgröße. Bei dieser Kennzahl wird derjenige jährlich aufzuwendende Betrag gesucht, bei dem der Barwert der Investition gleich Null wird. Damit wird unter Berücksichtigung dynamischer Verzinsungseffekte berechnet, wie hoch die durchschnittlichen Wärmekosten pro Periode sind.

5.2 Prämissen und Eingangsdaten der Wirtschaftlichkeitsrechnung

5.2.1 Grundlegendes Verständnis der finanzwirtschaftlichen Modellierung

Die oben dargestellte Herangehensweise der finanzwirtschaftlichen Modellierung von alternativen Investitionen in die Wärmeversorgung mittels vollständiger Finanzpläne sowie die auf Investitionswerte und Renditen ausgelegte Berechnung von Bewertungskriterien unterstellt, dass der Investor seine Entscheidung einzig und allein nach finanzwirtschaftlichen, Cashflow basierten Kriterien trifft. Sollten sich durch die Sanierung des Wärmesystems unterschiedliche Auswirkungen auf andere mögliche Entscheidungsgrößen wie beispielsweise Sozialprestige der Wohnsituation oder das Raumklima ergeben, so werden diese zunächst bei der Entscheidungsfindung annahmegemäß nicht berücksichtigt.

Ferner werden alle verarbeiteten Informationen mit ihrem erwarteten Wert angenommen. Naturgemäß findet jede Bauinvestition in der Realität unter Unsicherheit über die zu erwartenden Zahlungsströme

statt. Diese Unsicherheit ist die Quelle von Investitionsrisiken, die man methodisch zwar grundsätzlich gut bewerten kann. Der dazu nötige Aufwand rechtfertigt an dieser Stelle nicht den entstehenden Nutzen. Um die grundsätzlichen Wirkungen von Unsicherheit beispielsweise über Energiepreisentwicklungen oder die Entwicklung von Zinsen auf die Robustheit der Berechnungsergebnisse zu verdeutlichen, werden nachfolgend im Abschnitt 5.3.5 Sensitivitätsanalysen durchgeführt.

5.2.2 Struktur der vollständigen Finanzplanung

Die Betrachtungsperiode beträgt 20 Jahre. Die Investition erfolgt in voller Höhe zu Beginn des Betrachtungshorizonts. Alle laufenden Zahlungen werden über das jeweilige Jahr hinweg gesammelt und vereinfachend zum Ende eines jeden Jahres in die Berechnung des vollständigen Finanzplans aufgenommen.

5.2.3 Finanzwirtschaftliche Prämissen

Zum Zeitpunkt der Bearbeitung dieser Studie (06/2016) befindet sich der deutsche Kapitalmarkt in einer historischen Niedrigzinsphase. Die Zinsstruktur für ausgewählte, risikoarme Kapitalanlagen hat folgendes Aussehen (siehe Tabelle 32):

Tabelle 32: Zinsstruktur ausgewählter risikoloser Kapitalmarktprodukte (in % p.a.)

Restlaufzeit in Jahren	Bundes-anleihen	Euro-Staatsanleihen	Pfandbriefe/ Inhaberschuldv.	Wohnungsbaukredite an Private (Bundesbank 03/2016)
0	-0,48	-0,45	0,43	2,01
1	-0,50	-0,44	0,15	
2	-0,50	-0,39	0,15	
3	-0,47	-0,28	0,19	1,63
4	-0,39	-0,23	0,27	
5	-0,32	-0,15	0,29	
6	-0,22	-0,01	0,48	
7	-0,09	0,32	0,50	
8	0,01	0,49	0,69	1,63
9	0,15	0,41	0,72	
10 bis 15	0,29	0,69	0,97	1,81
>15	0,80	1,30	1,58	

Quellen: Börse Stuttgart (2016)[83].

Die Eigentümer und Selbstnutzer finanzieren die Investitionen in den nachfolgenden Berechnungen mit einem Eigenkapitalanteil von jeweils 20 % der Investitionssumme. Die mögliche staatliche Förderung nehmen sie in voller Höhe in Anspruch. Vereinfachend wird angenommen, dass diese Zahlungen als Investitionszuschuss zu Beginn der Investition (Zeitpunkt t_0) in voller Höhe auf das Projektkonto eingezahlt werden. Der verbleibende Finanzierungsanteil wird durch die Eigentümer und Selbstnutzer

[83] , https://www.boerse-stuttgart.de/de/boersenportal/tools-und-services/ zinsstrukturkurve/ Abruf v. 23.05.16. Bundesbank, https://www.bundesbank.de/Redaktion/DE/Downloads/Statistiken/Geld_Und_Kapitalmaerkte/Zinssaetze_Renditen/S510ATHYP.pdf?__blob=publicationFile

über ein für die gesamte Betrachtungsperiode laufendes Darlehen mit einer Zinsbindung über den Betrachtungshorizont finanziert. Der Zinssatz wird mit 1,5 % angenommen. Das Darlehen wird zu Beginn der Investition auf das virtuelle Projektkonto in voller Höhe eingezahlt und ist endfällig. Die Tilgung erfolgt am Ende des Betrachtungshorizonts zu Lasten des virtuellen Projektkontos.

In der Finanzplanung aus der Projektsicht wird unterstellt, dass die Investition zum Kalkulationszins für langfristige Investitionen erfolgt. Dieser ist grundsätzlich nur individuell in Abhängigkeit von den Opportunitätskosten des eingesetzten Kapitals, den Risiken der Investition sowie weiteren Parametern bestimmbar. Vereinfachend wird hier allerdings angenommen, dass im Falle aller nachfolgend gerechneten Sanierungsvarianten der gleiche Kalkulationszins zur Anwendung kommt. Dieser beträgt vereinfachend über die gesamte Betrachtungsperiode 1,5 %.

In allen Finanzplanungen werden dynamische Kapitalisierungseffekte von Investitionen mittels einer Soll- beziehungsweise Habenverzinsung der virtuellen Projektkonten berücksichtigt. Auch diese Zinssätze müssten im Falle einer realitätsnahen Modellierung den individuellen Rahmenbedingungen angepasst werden (siehe vorausgehender Absatz). Aus Gründen der Vereinfachung werden für alle nachfolgenden Rechnungen über den gesamten Planungszeitraum die gleichen Zinssätze verwendet. Dies ist eine stark vereinfachende Abstraktion von der Realität, da hier sowohl Maßnahmenspezifische, Wirtschaftssubjektbezogene als auch temporäre Unterschiede an der Tagesordnung sein werden. Der kurzfristige Soll-Zinssatz wird mit 1,5 % und der kurzfristige Haben-Zinssatz mit 0,5 % angenommen.

5.2.4 Renditeerwartungen der Eigenkapital gebenden Hauseigentümer

Die Renditeerwartungen von Immobilieneigentümern auf ihr eingesetztes Eigenkapital unterscheiden sich je nach Geschäftszweck und Geschäftsmodell erheblich. Während international agierende opportunistische institutionelle Investoren zumeist zweistellige Renditeerwartungen haben, die nicht selten über 15 % liegen, agieren langfristig orientierte Immobilienbestandsgesellschaften defensiver. Kapitalgeleitete Unternehmen in der Rechtsform der AG, die zumeist an Börsen notiert sind, haben einer Studie von Lohse zufolge eine Renditeerwartung zwischen 5 und 6 Prozent.[84] Nicht auf Gewinnerzielung ausgerichtete, aber zumeist auf den langfristigen Werterhalt des Kapitals angewiesene Unternehmen, die zumeist in der Rechtsform der Genossenschaft oder als öffentliches Unternehmen fungieren, haben der Erhebung durch Lohse zufolge eine Renditeerwartungen zwischen 3 und 4 Prozent. Aufgrund des nicht unerheblichen Risikos von Investitionen in Wohnimmobilien erscheint, unabhängig von der Lage des Objekts, ein Risikozuschlag von 3 Prozent aus wirtschaftlicher Sicht die unterste Grenze für den langfristigen Erhalt des eingesetzten Eigenkapitals. Aufgrund der derzeitigen Tiefzins-

[84] Vgl. Lohse, Moritz (2006): Die wirtschaftliche Situation deutscher Wohnungsunternehmen – eine empirische Untersuchung, in: Pfnür, Andreas (Hrsg.): Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 7, Darmstadt 2006, S. 12.

phase werden nachfolgend historisch vergleichsweise sehr niedrige Renditeerwartungen von 5 % für kapitalgeleitete Investoren und 3 % für nicht gewinnorientierte aber auf Kapitalerhalt angewiesene Investoren angenommen.

5.2.5 Preissteigerung und Preisindizes

Die Preissteigerung wird in dem Berechnungsmodell in jedem einzelnen Eingangsdatum berücksichtigt, wo diese zu erwarten ist. Auf die Verwendung einer allgemeingültigen Inflationsrate wird verzichtet, um die Preissteigerungen in den Eingangsdaten variabler und damit wirklichkeitsgetreuer erfassen zu können. Die Berechnungen enthalten dazu Annahmen über die Preisentwicklung der Energieträger sowie der Betriebskosten. In vergleichbaren Studien wird die langfristige durchschnittliche Energiepreissteigerung pro Jahr mit maximal 1,5 % angenommen.[85] Diese Eingangsgröße ist naturgemäß von hoher Bedeutung, da von ihr die einsparbaren Energiekosten von Mietern und Selbstnutzern abhängen. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat in seinem Umweltgutachten 2016 empfohlen, die Energiepreise der privaten Haushalte zukünftig anzuheben. Vergleichbare Statements verlautbaren aus unterschiedlichen Richtungen des Stakeholderspektrums der Energiepolitik. Es erscheint daher im Bereich des Möglichen, dass die Energiepreise zukünftig durch staatliche Eingriffe doch stärker wachsen, als es Angebot und Nachfrage an den Energiemärkten erwarten lassen. Die Energiekosten werden deshalb unabhängig vom Energieträger mit einer jährlichen linearen Preissteigerungsrate von 3 % über die nächsten 20 Jahre angenommen. Inklusive der dynamischen Effekte der Preissteigerung wachsen die Energiekosten innerhalb des Betrachtungshorizonts auf das 1,8-Fache des Ausgangszustands an.

Die Preisentwicklung der Betriebskosten von Wärmesystemen ist im Wesentlichen abhängig von den Personalkosten und den Kosten für Austausch- und Verschleißteile sowie der allgemeinen Entwicklung der Handwerkskosten sowie der Inflation. Nach Angaben des Sanitär Heizungen und Klima Handwerks liegen die Preisentwicklungen der Stundenverrechnungssätze der letzten Jahre 2000 bis 2014 bei 1,4 – 1,5 %.[86] Angesichts zukünftig vermehrter Bautätigkeit aufgrund des Wohnraummangels und der Verschärfung energetischer Vorschriften im Bestand, ist zu erwarten, dass die Preise in den nächsten Jahren eher stärker wachsen. Die hier angenommene jährliche Betriebskostensteigerung beträgt deshalb 2 %.

5.2.6 Umlage der Investitionskosten in vermieteten Objekten

Im Falle vermieten Wohnraums verteilen sich die Kosten der Sanierungsmaßnahme auf Vermieter und Mieter. Der Schlüssel der Kostenverteilung wird dabei durch zwei Variable bestimmt. Dabei handelt es sich zunächst um den Anteil modernisierender Instandhaltung an der gesamten Maßnahme. Dieser

---

[85] Vgl. zu einer Übersicht: Pfnür/Müller (2013), S. 55.
[86] Vgl. ZVSHK (2015), S. 81.

kann im Gegensatz zur Instandsetzung den Mietern nach Maßgabe des § 559 BGB zugrechnet und als Investitionsumlage unabhängig von der Höhe der ortsüblichen Vergleichsmiete auf die laufend fällige Mietzahlung aufgeschlagen werden. Die Instandhaltung dient in Abgrenzung zur Modernisierung dem Erhalt der Mietsache im vertraglich zugesicherten Zustand. Dies ist in Mietverträgen allein Sache des Vermieters. Die Abgrenzung der Investitionskostenanteile, die der Instandsetzung dienen von denen, die als eine für die Nutzer wertverbessernde Modernisierung anzusehen sind, ist in der Praxis regelmäßig schwierig. In Bezug auf die Modernisierung der Heizungsanlage wird in der Praxis zumeist so verfahren, dass die Erneuerung einer noch intakten Heizungsanlage durch eine modernere und effizientere Anlage zu weit überwiegenden Teilen, wenn nicht sogar zur Gänze, als Modernisierung angesehen wird. Sofern die Heizungsanlage defekt ist und deshalb durch eine neue ersetzt werden muss, findet eine Aufteilung der Investitionskosten in Instandsetzungsanteil und Modernisierungsanteil statt. Je moderner und technisch aufwendiger die Heizungsanlage ausfällt, desto größer ist in der Praxis der Anteil der Modernisierung gegenüber der Instandhaltung. Diese Aufteilung als Grundlage einer Mieterhöhung muss gem. § 559 b Abs. 2 BGB so ausgestaltet sein, dass der Mieter sie nachvollziehen kann. Dazu reicht die Angabe eines Prozentsatzes in der Regel nicht aus. Vielmehr holt der Eigentümer regelmäßig einen Kostenvoranschlag für die Instandsetzung oder den technisch gleichwertigen Ersatz der Anlage ein. In diesem Fall ist dann regelmäßig der verbleibende Investitionskostenanteil auf die Mieter umlagefähig.[87]

Im Ergebnis streut der Anteil der umlagefähigen Investitionskosten an der Gesamtmaßnahme im Falle einer Heizungserneuerung stark. Er kann je nach konkreter Situation zwischen 0 und 100 Prozent liegen. Eine aktuelle Übersicht über konkret vereinbarte Umlageanteile gibt es nicht. Eine nicht repräsentative Befragung des GdW unter seinen Mitgliedern ergab, dass bei Heizkesseln im Durchschnitt 41-56 % der Sanierungskosten als umlegbar eingestuft wurden.[88] Schulze Darup/Neitzel/Vogler errechnen aus Kostenschätzungen von Bauvorhaben den umlagefähigen Anteil bei Heizkesseln mit 48,5 %.[89] Für nachfolgende Berechnungen wird vereinfachend angenommen, dass die Vermieter 50 % der Investitionskosten auf die Mieter umlegen können.

Wie hoch der jährliche Anteil dieser umlegbaren Modernisierungskosten ist, entscheidet der Vermieter. Maximal darf nach § 559 BGB 11 % der umlegbaren Modernisierungskosten pro Jahr auf die Miete aufgeschlagen werden. Dabei können sowohl die ortsübliche Vergleichsmiete als auch die Kappungsgrenze überschritten werden, allerdings sind die Grenzen für eine Mietpreisüberhöhung (gem. § 5 WiStG) und für Mietwucher (gem. § 291 StGB) einzuhalten. In nachfolgenden Berechnungen wird davon ausgegangen, dass jährlich 11 % der umlegbaren Modernisierungskosten tatsächlich auch auf die Miete aufgeschlagen werden. Diese Annahme ist gegenüber der Realität recht verallgemeinernd. In

[87] Vgl. zur intensiveren Darstellung der Modernisierungsbedingten Mieterhöhung insb. Schulze Darup/Neitzel/Vogler (2011), S. 131 ff.
[88] Vgl. GdW zitiert bei Schulze Darup/Neitzel/Vogler (2011), S. 134.
[89] Vgl Schulze Darup/Neitzel/Vogler (2011), S. 135.

der Praxis wird die maximale Höhe der Investitionsumlage von 11 % in vielen Fällen nicht erreicht. Dies gestaltet sich immer dann als schwierig, wenn die Mieter eine Mieterhöhung aus finanziellen Gründen nicht tragen können oder aufgrund von günstigen Alternativen am Wohnungsmarkt nicht tragen wollen.

5.3 Berechnungsergebnisse

Nachfolgend werden die Berechnungsergebnisse der vollständigen Finanzplanung für die unterschiedlichen Haustypen Einfamilienhaus, mittelgroßes Mehrfamilienhaus sowie großes Mehrfamilienhaus in den unterschiedlich untersuchen Sanierungszuständen (unsaniert, teilsaniert, Neubau) mit unterschiedlichen Wärmesystemen zusammenfassend dargestellt. Die ausführlichen Berechnungen der vollständigen Finanzpläne sind im Anhang 5.13 dargestellt.

5.3.1 Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung auf der Projektebene

5.3.1.1 Ergebnisse für unsanierte Häuser

Hier und in den folgenden Abschnitten sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen zusammenfassend dargestellt. Die detaillierten Berechnungsergebnisse für die unterschiedlichen Heizungssysteme finden sich jeweils in den Anhängen zu dieser Studie, hier im Anhang 5.1. Die Modellierung der Zahlungsströme der Wärmeversorgung zeigt, dass durch die Erneuerung der Heizungsanlage sich die Endwerte der Wärmekosten im Fall des Ersatzes durch einen Heizungskessel mit Brennwerttechnik (BW) deutlich verringern. Dieser Wärmekostenvorteil ist zwar kleiner, sobald zusätzlich eine solare Trinkwassererwärmung (sol. TWE) eingebaut wird, aber immer noch gegeben. Die Verringerung der Kosten setzt sich in abgeschwächter Form durch eine zusätzliche solare Unterstützung der Heizung (HeizU) fort. Diese Kostenveränderungen gelten sowohl für Öl- als auch für Gasheizungen. Hingegen steigen die Heizkosten zum Beispiel bei Einbau einer Erdwärmepumpe an (siehe Anhang 5.1). Gleiches gilt für den Anschluss an ein Fernwärmesystem (siehe Tabelle 33).

Tabelle 33: Veränderungen der Wärmekosten bei Heizungserneuerungen in unsanierten EFHs

Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems	Endwert Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Endwert in € ggü. Status quo	Barwert (DCF) Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Barwert in € ggü. Status quo	Veränderung ggü. Ausgangszustand in %
Einfamilienhaus (EFH)					
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-65.875	10.258	-48.910	7.617	-16,2%
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	-80.631	-12.040	-59.866	-8.939	14,9%
Mittelgroßes Mehrfamilienhaus (M_MFH)					
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-260.013	56.467	-193.052	41.925	-21,6%
M_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-354.515	-78.331	-263.217	-58.158	22,1%
Großes Mehrfamilienhaus (G_MFH)					
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-461.157	110.610	-342.396	82.125	-24,1%
G_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-632.522	-129.786	-469.629	-96.362	20,5%

Berechnet man den mit den in der Realität durchgeführten Sanierungsanteilen der jeweiligen Wärmesystemvarianten gewichteten Durchschnitt dezentraler Wärmesysteme, so verringern sich die Wärmekosten um 16,2 %. Ein Anschluss an ein Fernwärmesystem hingegen würde zu einem Kostenanstieg um 14,9 % führen. Im Vergleich von dezentralen und zentralen Wärmesystemen bedeutet das ein Kostenunterschied zu Lasten zentraler Systeme von 31,1 %. Das durchschnittliche dezentrale Wärmesystem ist im Falle des hier betrachteten unsanierten Einfamilienhauses bei einer Größe von 168,26 qm im Endwertvergleich über den 20-Jahreszeitraum um 14.757 Euro günstiger als die Fernwärme Variante.

Prinzipiell treten bei Ein- und Mehrfamilienhäusern ähnliche Effekte in der Wirtschaftlichkeit von zentraler und dezentraler Wärmeversorgung ein (siehe Anhang 5.1). Berechnet man den mit den in der Realität durchgeführten Sanierungsanteilen der jeweiligen Wärmesystemvarianten gewichteten Durchschnitt dezentraler Wärmesysteme, so verringern sich die Wärmekosten in mittelgroßen Mehrfamilienhäusern um 21,6 % und in großen Mehrfamilienhäusern um 24,1 %. Ein Anschluss an ein Fernwärmesystem hingegen würde zu einem Kostenanstieg bei mittelgroßen Mehrfamilienhäusern um 22,1 % und bei großen Mehrfamilienhäusern um 20,5 % führen. Im Vergleich von dezentralen und zentralen Wärmesystemen bedeutet das in beiden Größenordnungen der Mehrfamilienhäuser einen Kostenunterschied zu Lasten zentraler Systeme von circa 44 %. Für das große Mehrfamilienhaus mit einer Größe von 2.115,01 Quadratmetern ergibt sich ein Unterschied im Endwert der Wärmekosten zwischen durchschnittlicher dezentraler und zentraler Wärmeversorgung in Höhe von 81 Euro pro Quadratmeter. Bei einer 100 Quadratmeter großen Wohnung in diesem Haus beträgt der Wärmekostenunterschied statisch gerechnet 8.102,30 / 20 Jahre / 12 Monate = 34 Euro pro Monat.

5.3.1.2 Ergebnisse für teilsanierte Häuser

Im Falle teilsanierter Objekte ist die einzusparende Energiemenge aufgrund eines geringeren Energieverbrauchs vor der Sanierung naturgemäß kleiner. Gleichzeitig verursacht eine Erneuerung des Wärmesystems ähnliche zusätzliche Kosten wie im Fall eines unsanierten Hauses, die allerdings hier nicht zu entsprechend hohen Einsparungen bei den Wärmekosten führen (siehe zur Übersicht die Tabelle 34). Die Berechnungsergebnisse für die jeweiligen Wärmesystemvarianten sind im Anhang 5.2 detailliert dargestellt.

Tabelle 34: Veränderungen der Wärmekosten bei Heizungserneuerungen in teilsanierten EFHs

Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems	Endwert Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Endwert in € ggü. Status quo	Barwert (DCF) Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Barwert in € ggü. Status quo	Veränderung ggü. Ausgangszustand in %
Einfamilienhaus (EFH)					
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-61.604	-2.222	-45.739	-1.650	2,1%
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	-68.485	-15.634	-50.848	-11.608	22,8%
Mittelgroßes Mehrfamilienhaus (M_MFH)					
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-193.137	21.760	-143.398	16.156	-10,0%
M_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-298.505	-79.277	-221.631	-58.861	26,6%
Großes Mehrfamilienhaus (G_MFH)					
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-397.976	59.877	-295.485	44.457	-15,4%
G_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-549.948	-148.119	-408.320	-109.974	26,9%

Während die durchschnittliche dezentrale Erneuerung eines Heizungssystems in diesem Fall mit Mehrkosten für die Wärmeversorgung in Höhe von 2,1 % zu Buche schlägt, verursacht ein Anschluss an ein Fernwärmesystem 22,8 % höhere Kosten gegenüber dem Zustand vor der Erneuerungsinvestition. Das durchschnittliche dezentrale Wärmesystem ist im Falle des hier betrachteten teilsanierten Einfamilienhauses bei einer Größe von 168 qm im Endwertvergleich über den 20-Jahreszeitraum um 6.881 Euro günstiger als die Fernwärme Variante.

Auch bei den teilsanierten Objekten bestätigen die Ergebnisse für die Mehrfamilienhäuser die bei den Einfamilienhäusern festgestellten Kostendifferenzen. Auch hier ist der Wirtschaftlichkeitsvorteil der Heizungserneuerung aufgrund einer vergleichsweise geringeren Energieeinsparung niedriger als bei den unsanierten Mehrfamilienhäusern. Absolut gesehen sind hier allerdings sowohl bei den mittelgroßen als auch den großen Mehrfamilienhäusern im Durchschnitt der dezentralen Wärmeversorgungssysteme noch Vorteile zu erzielen. So ist der Barwert der Wärmekosten in einem kleinen Mehrfamilienhaus bei dezentraler Wärmeversorgung um durchschnittlich 12,1 % (maximal 21,1 %) und in einem großen Mehrfamilienhaus bei ebenfalls dezentraler Wärmeversorgung um durchschnittlich 15,4 %

(maximal 19,2 %) zu reduzieren. Der Anschluss an ein Fernwärmesystem verursacht hingegen 26,6 % bzw. 26,9 % höhere Kosten gegenüber dem Zustand vor der Erneuerungsinvestition. Aus der Projektsicht betrachtet, verursacht die Erneuerung des Wärmesystems im zentralen Fall um circa ein Viertel höhere Wärmekosten (Barwert der Wärmekosten) als die Sanierung mittels des durchschnittlichen dezentralen Wärmesystems.

5.3.1.3 Ergebnisse für den Neubau

Wie im vorausgehenden Kapitel 4 ausführlich erläutert, sind im Rahmen der hier durchgeführten Berechnungen zwei unterschiedliche Einfamilienhausneubauten untersucht worden. Dabei handelt es sich um ein großes Einfamilienhaus (254 qm) mit Keller sowie ein kleineres Einfamilienhaus ohne Keller (166 qm).

Die detaillierten Berechnungsergebnisse zu den jeweiligen Wärmesystemen finden sich im Anhang 5.3. Der Vorteil dezentraler Wärmesysteme gegenüber Wärmenetzen reduziert sich mit dem Energieverbrauch. Entsprechend schneiden Wärmenetze in dem hier untersuchten Fall des kleineren Einfamilienhauses ohne Keller aus Sicht der Wärmekosten besser ab als bei großen Neubauten (siehe Tabelle 35).

Tabelle 35: Wärmekosten bei Neubau EFHs

Hausvarianten	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren	Barwert (DCF) Wärmekosten nach 20 Jahren	Mehrkosten ggü. Endwert günstigster Lösung (absolut)	Mehrkosten ggü. Endwert günstigster Lösung (in %)
Hausvarianten Neubau Einfamilienaus groß mit Keller				
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-77.276	-57.375	-7.258	9,5%
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, regenerativ	-88.005	-65.341	-11.898	15,6%
Hausvarianten Neubau mittelgroß ohne Keller				
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-68.141	-50.593	-5.148	8,2%
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, regenerativ	-65.977	-48.986	-2.984	4,7%
Hausvarianten mittelgroße Mehrfamilienhäuser				
M_MFH Neubau, dezentral erwärmt Durchschnitt	-258.580	-191.988	-36.653	16,5%
M_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-302.628	-224.692	-80.701	36,4%
Hausvarianten große Mehrfamilienhäuser				
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-477.711	-354.686	-58.143	13,9%
G_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-594.599	-441.472	-175.032	41,7%

Anders als bei Bestandsgebäuden, bei denen der Energieträgerwechsel im Zuge einer Sanierung des Wärmesystems eher unwahrscheinlich ist, wählt der Vermieter im Falle des Neubaus vermutlich unbefangen die für ihn wirtschaftlich günstigste Variante. Deshalb sind in der Tabelle 35 bei Neubauten

auch die Kostendifferenzen zur wirtschaftlichsten Variante in absoluten und relativen Größen angegeben.

Neubau MFHs zeigen deutliche Wirtschaftlichkeitsvorteile dezentraler Versorgungssyteme

Wie bereits bei den Einfamilienhäusern zeigen sich auch bei den Mehrfamilienhäusern deutliche Vorteile der finanzwirtschaftlich effizientesten dezentralen Versorgungssysteme gegenüber einer zentralen Wärmeversorgung. Die Vorteile dezentraler Systeme steigen mit der Größe des betrachteten Hauses an. Während im obigen Fall der Einfamilienhäusern die Kostendifferenz zwischen der wirtschaftlichsten Variante und der Fernwärmeversorgung bei einem Einfamilienhaus noch 15,6 % bzw. 4,7 % betrug, errechnen sich bei einem mittelgroßen Mehrfamilienhaus 36,4 % Endwertvorteil und bei einem großen Mehrfamilienhaus 41,7 %.

5.3.1.4 Zwischenergebnis

Grundsätzlich zeigen alle Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalysen recht deutlich die Wirtschaftlichkeitsnachteile zentraler Wärmeversorgungssysteme gegenüber dezentralen Lösungen. Je größer die durch die Heizung einzusparende Energiemenge ist, desto größer wird ceteris paribus der Vorteil moderner und effizienter dezentraler Wärmesysteme gegenüber den zentralen Wärmenetzen. Dieses Ergebnis zeigt sich im Vergleich unsanierter, teilsanierter und neuer Gebäude ebenso wie im Vergleich der kleinen mit den größeren Ein- und Mehrfamilienhäusern.

5.3.2 Wirtschaftlichkeit in vermieteten Objekten

Die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsinvestitionen im Falle vermieteten Wohnraums ist getrennt aus den Perspektiven der Vermieter und Mieter zu untersuchen. Dabei treffen Vermieter regelmäßig die Entscheidung, ob und in welcher Variante teilsaniert wird. Ein Teil der Investitionskosten können dann, wie oben dargestellt, auf die Mieter umgelegt werden. Für die Beurteilung, ob zentralen oder dezentralen Wärmesystemen nach den hier untersuchten finanzwirtschaftlichen Kriterien der Vorzug zu geben ist, fällt die Sicht der jeweiligen Akteure, wie auch in der Realität, sehr unterschiedlich aus.

5.3.2.1 Ergebnisse für unsanierte Häuser

Die im Anhang 5.4 im Detail dargestellten Ergebnisse für vermietete unsanierte Einfamilienhäuser zeigen, dass die Renditen der Vermieter bei dezentraler Erneuerung der Heizung zwar mit einer Ausnahme positiv sind, aber gemessen an üblichen Zielrenditen von Immobilieneigentümern für ihr eingesetztes Eigenkapital sind diese eher gering. Die einfache Sanierungsvariante mit einem Brennwertkessel und unter Verzicht auf Solarthermie ist die aus Sicht der Vermieter effiziente Variante. Dabei werden die durchschnittlichen Zielrenditen von kapitalgeleiteten Eigentümern in Höhe von 5 % und von auf Kapitalerhalt ausgerichteten Vermietern in Höhe von 3 % entweder gar nicht oder nur knapp er-

reicht (siehe Anhang 5.4).[90] Aus Vermietersicht schneidet der Anschluss an eine zentrale Wärmeversorgung hingegen mit einer Eigenkapitalrendite von 6,05 % deutlich positiver ab (siehe Tabelle 36).

Tabelle 36: Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung aus Vermieter- und Mietersicht im Falle eines unsanierten EFH

Hausvarianten	Endwert der Investition	VoFi Eigenkapitalrendite	Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	Δ Wärmekosten im ersten Jahr	Durchschnittliches Δ Wärmekosten d. nächsten 20 Jahre p.a.
Einfamilienhaus (EFH)					
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	1.969		-8.329	-178	-405
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	4.764	6,05%	17.359	694	754
Mittelgroßes Mehrfamilienhaus (M_MFH)					
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	2.612		-49.153	-36.495	-1.488
M_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	10.033	7,54%	89.509	66.458	3.110
Großes Mehrfamilienhaus (G_MFH)					
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	5.477		-95.759	-71.098	-3.043
G_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	15.088	7,88%	146.626	108.865	5.050

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass diesen Ergebnissen die Prämissen zugrunde liegen, dass 50 % der gesamten Investitionskosten umlagefähig und in maximal rechtlich zulässiger Höhe von 11 % dieses Betrags pro Jahr auf die Miete aufgeschlagen werden können. Wie die nachfolgenden Sensitivitätsanalysen zeigen, können Abweichungen von diesen beiden Annahmen die Wirtschaftlichkeit stark verändern (siehe Abschnitt 5.3.5.2).

Die Zeche der Heizungsinvestition zahlen - bei voller Ausschöpfung der rechtlich möglichen Mieterhöhung durch die Vermieter - die Mieter. Aus ihrer Sicht ergeben sich nach Anschluss an ein Wärmenetz Wärmekostensteigerungen gegenüber dem Status quo im ersten Jahr von 694 Euro und durchschnittlich über die nächsten 20 Jahre von 754 Euro. Dezentrale Versorgungssysteme schaffen in vielen Wärmesystemvarianten in diesem Haustyp einen teils deutlichen Kostenvorteil gegenüber dem Status quo. In den günstigsten Varianten des Brennwertkessels mit solarer Trinkwassererwärmung und Heizunterstützung können so bis zu 11.359 Euro an Wärmekosten auf Mieterseite eingespart werden.

Mit steigenden Energiepreisen – die zugrunde liegende Annahme lautet 3 % p.a. – nimmt die Wärmekostenmehrbelastung moderat von Jahr zu Jahr ab. Das führt ganz allgemein dazu, dass die Mieter einen möglichen Vorteil einer Sanierung der Wärmeanlage zumindest nicht in voller Höhe zu Beginn der Investitionsmaßnahme realisieren, sondern oft erst sehr viel später. Nicht selten zahlen sie gleich

[90] Eine Durchschnittsbildung aus Renditen ist an dieser Stelle nicht möglich.

nach der Sanierung einen höheren Preis für die Wärmeversorgung als vorher. Mit steigenden Energiekosten dreht sich diese Differenz über die Jahre ins Positive.

Summa summarum kann festgehalten werden, dass im Fall unsanierter Einfamilienhäuser die dezentrale Sanierung der Heizung im hier betrachteten Fall zu einer Win-Win-Situation zwischen Vermietern und Mietern führt. Eine zentrale Wärmeversorgung generiert auf Seiten der Vermieter eine über den Zielrenditen liegende Verzinsung, wohingegen für die Mieter in Summe wie auch in jedem einzelnen Jahr des Betrachtungshorizonts gegenüber dem Status quo steigende Wärmekosten entstehen.

Mehrfamilienhäuser dominieren den Mietwohnungsmarkt

An den deutschen Wohnungsmärkten werden vorwiegend Wohnungen in Mehrfamilienhäusern vermietet. Deshalb sind die Ergebnisse zu diesen Objekttypen aus Sicht von Mietern und Vermietern sowie ihren Interessenvertretern in Politik und Gesellschaft von besonderer Bedeutung. Für die Vermieter erwirtschaftet die Heizungsinvestition ausschließlich im Falle des Anschlusses an ein Fernwärmenetz Renditen oberhalb der hier unterstellten Zielrendite kapitalgeleiteter Unternehmen in Höhe von 5 %. Die Investition in das mittelgroße Mehrfamilienhaus bringt es in diesem Fall auf 7,54 % und in das große Mehrfamilienhaus auf 7,88 %. Die dezentrale Erneuerung des Wärmesystems schneidet aus Sicht der Vermieter deutlich schlechter ab und überschreitet im effizienten Fall des Brennwertkessels ohne solare Komponenten gerade eben die Investitionsschwelle des auf Kapitalerhalt zielenden Eigentümers (3 %). Zur Erinnerung, dabei wurde unterstellt dass 50 % der Investitionskosten als umlagefähig anerkannt und zu 11 % p.a. auf die Mieter umgelegt werden können (siehe Anhang 5.4).

Aus Sicht der Mieter steigen die Wärmekosten durch den Anschluss an ein Wärmenetz um 3.110 Euro p.a. im Falle eines mittelgroßen Mehrfamilienhauses und um 5.050 Euro p.a. im Falle eines großen Mehrfamilienhauses an, während sie im Falle der durchschnittlichen dezentralen Wärmesystemerneuerung um 1.488 Euro bzw. 3.043 Euro fallen. Um die Werte für die Hausgrößen vergleichbar zu machen, sind Aussagen zu den Kostenentwicklungen pro Quadratmeter hilfreich. Der Barwert der Wärmekosten der nächsten 20 Jahre erhöht sich aus Sicht des Mieters eines mittelgroßen Mehrfamilienhauses durch den Fernwärmeanschluss um 2,94 Euro pro Quadratmeter während sich der Barwert eines großen Mehrfamilienhauses um 2,81 Euro pro Quadratmeter erhöht. Würde sich der Vermieter zu einer effizienten dezentralen Sanierung seines Wärmesystems in Form eines Brennwertkessels mit solarer Trinkwassererwärmung sowie Heizunterstützung entschließen, so würde der Mieter im Falle eines mittelgroßen Mehrfamilienhauses 49,59 Euro pro Quadratmeter weniger an Barwert der Wärmekosten zahlen. Im Fall des großen Mehrfamilienhauses würde der Barwert der Wärmekosten pro Quadratmeter um maximal 39,60 Euro sinken. Summa summarum erreichen Vermieter bei Netz gebundener Wärmeversorgung eine für sie wirtschaftlich effiziente Lösung, wohingegen die Mieter dezentrale Wärmeversorgungsvarianten bevorzugen sollten.

5.3.2.2 Ergebnisse für teilsanierte Häuser

Im Falle des teilsanierten Einfamilienhauses ist die Investition in die Heizungssanierung nur noch im Ausnahmefall finanzwirtschaftlich effizient. Die Ergebnisse zu den einzelnen Wärmesystemen sind im Anhang 5.5 im Detail dargestellt. Im Durchschnitt stellt sich aus Sicht der Vermieter bei dezentralen Lösungen ein negativer Investitionsendwert ein. Der Anschluss dieses Haustyps an ein Wärmenetz erwirtschaftet aus Sicht des Vermieters eine positive Rendite in Höhe von 3,79 %, die als Risikoprämie für den Kapitalerhalt zwar annahmegemäß (> 3 %) ausreicht, aber für Kapital geleitete Investoren nicht attraktiv erscheint. Aus Sicht der Mieter ist im Durchschnitt mit Wärmekostensteigerungen zu rechnen. Dabei verursachen aber einzelne Varianten wie insbesondere Wärmenetze ungünstigere Lösungen als Brennwertkessel. Wärmenetze verursachen gemessen an der Veränderung des Endwerts gegenüber der Fortschreibung des Status quo vor Sanierung mehr als fünf Mal so hohe Wärmekostensteigerungen wie die durchschnittliche dezentrale Wärmeversorgung (siehe Tabelle 37).

Tabelle 37: Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung aus Vermieter- und Mietersicht im Falle eines teilsanierten EFH

Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems	Endwert der Investition	VoFi Eigenkapitalrendite	Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren
Einfamilienhaus (EFH)			
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-397		3.472
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	2.351	3,8%	18.310
Mittelgroßes Mehrfamilienhaus (M_MFH)			
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-1.776		-21.778
M_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	5.799	5,7%	85.787
Großes Mehrfamilienhaus (G_MFH)			
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-2.095		-56.887
G_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	8.714	5,9%	157.953

Auf eine Analyse der Neubauobjekte kann an dieser Stelle verzichtet werden, da die Ergebnisse auf dem Abschnitt zu projektbezogenen Wirtschaftlichkeit hierher übertragen werden können.

Bei teilsanierten Mehrfamilienhäusern Wärmesystemerneuerung nur mittels Wärmenetz für Vermieter wirtschaftlich durchführbar

Im Falle des teilsanierten Mehrfamilienhauses ist die Investition in die Heizungssanierung mittels einer dezentralen Erneuerung des Wärmesystems finanzwirtschaftlich nicht mehr effizient durchführbar. Eine Zielrendite oberhalb der als Kapitalerhalt geltenden Schwelle von 3 % gelingt nur noch durch den Anschluss an ein Wärmesystem. Hier ist im Falle des mittelgroßen Mehrfamilienhauses für

die Vermieter 5,7 % und im Falle des großen Mehrfamilienhauses 5,9 % realisierbar (siehe Anhang 5.5).

Aus Sicht der Mieter ist die dezentrale Sanierungsvariante mittels Brennwertkessel und solarer Trinkwassererwärmung sowie Heizunterstützung in beiden Haustypen deutlich effizienter als der Anschluss an ein Wärmenetz. Während die dezentrale Lösung im Durchschnitt zu einer leichten Verringerung der Wärmekosten führt, erhöhen zentrale Systeme die Wärmekosten der Mieter. Beispielsweise bedeutet eine Steigerung des Endwerts der Wärmekosten in einem großen Mehrfamilienhaus, welches an ein Fernwärmenetz angeschlossen wird, um 157.953 bei einer Hausgröße von 2.115 Quadratmetern eine Kostensteigerung für die Mieter in Höhe von 74,68 Euro pro Quadratmeter im Zeitraum von 20 Jahren oder überschlägig um 0,31 Cent pro Monat. Die Wärmekosten einer 100 Quadratmeter großen Wohnung würden durch den Fernwärmeanschluss gegenüber dem Status quo entsprechend um 31 Euro pro Monat steigen.

5.3.3 Wirtschaftlichkeit in selbstgenutzten Objekten

Selbstnutzer richten ihre Investitionsentscheidung aus finanzwirtschaftlicher Sicht, wie auch die Eigentümer vermieteten Wohnraums, am Investitionswert oder an der Rendite auf das eingesetzte Eigenkapital aus.[91] Sie zahlen alle Betriebskostenpositionen, den Wertverlust der Wärmeanlage, deren Finanzierung sowie die Energiekosten selber. Somit saldieren sich die jeweiligen Vor- und Nachteile der Erneuerungsinvestitionen der Wärmesysteme aus den oben dargestellten Ergebnissen der Vermieter und Mieter. Im Falle unsanierter Einfamilienhäuser fallen die Ergebnisse so positiv aus, wenn die alte Wärmeversorgung durch einen Brennwertkessel ersetzt wird, dass die hier angenommene Zielrendite von kapitalgeleiteten Investoren (> 5 %) deutlich überschritten wird. Kommt zusätzlich Solarthermie zum Einsatz, so ist zumindest die hier angenommene Mindestverzinsung zur Erreichung des nachhaltigen Kapitalerhalts (>3 %) zu erzielen. Die meisten Wärmesystemvarianten führen zu finanzwirtschaftlich effizienten Lösungen (siehe Anhang 5.6).

Eine für Selbstnutzer sehr anschauliche Entscheidungsgröße ist die Annuität der Investition als Ausdruck des durchschnittlichen jährlichen Investitionserfolgs, die in der Tabelle auch auf den Monatsbetrag heruntergerechnet wurde. Wählt der Selbstnutzer des betrachteten unsanierten Einfamilienhauses die für ihn finanzwirtschaftlich vorteilhafteste Lösung des Brennwertkessels, so spart er sowohl bei Öl als auch bei Gas durch die Sanierung pro Monat circa 20 Euro (33,71 bzw. 54,73) an Wärmekosten. Im Fall des Anschlusses an ein Wärmenetz würde er hingegen 40,73 Euro pro Monat mehr an Wärmekosten zahlen als bei Aufrechterhaltung des Status quo (siehe Anhang 5.6).

---

[91] Sofern die Investitionsendwerte negativ (neg. EW) sind, ist eine Rendite nicht berechenbar.

Im gewichteten Durchschnitt über alle dezentralen Wärmesysteme lassen sich durch die Sanierung der Wärmeversorgung im unsanierten Einfamilienhaus 37,31 Euro monatlich (gemessen an der monatlich anteiligen Annuität der Investition) einsparen, während durch den Anschluss an eine zentrale Wärmeversorgung hier 40,73 Euro an Mehrkosten entstehen. Die Tabelle 38 fasst die Ergebnisse des Anhangs 5.6 für alle Haustypen zusammen. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die Annuitäten des Investitionserfolgs der Wärmesystemerneuerung pro Quadratmeter dargestellt.

Im Falle des teilsanierten Einfamilienhauses fallen, wie bereits oben erläutert, die Energieeinsparungen geringer aus. Deshalb sind alle Investitionsendwerte negativ. Die Selbstnutzer zahlen gegenüber der Fortschreibung des Status quo höhere Wärmekosten. Gemessen an der monatlich anteiligen Annuität der Investition führt der Anschluss an ein Fernwärmenetz pro Quadratmeter zu einer 25 Cent pro Monat höheren Wärmekostenbelastung als bei Anschluss an ein durchschnittliches dezentrales Wärmeversorgungssystem. Wählt der Selbstnutzer in diesem Fall die wirtschaftlichste Sanierungsvariante des Brennwertkessels ohne Solarkomponenten kann er im Falle von Öl 55,75 Euro und im Falle von Gas 71,64 Euro gegenüber der Fernwärmeversorgung einsparen.

Tabelle 38: Wirtschaftlichkeit der Sanierung eines EFH aus Sicht von Selbstnutzern

Hausvarianten	Endwert der Investition	Barwert der Investiton	Annuität des Investitionserfolgs	Monatliche Annuität pro qm
Unsaniertes EFH				
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	10.352	7.686	448	0,22
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	-11.301	-8.391	-489	-0,24
Teilsaniertes EFH				
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-3.214	-2.387	-139	-0,07
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	-14.895	-11.059	-644	-0,32
Unsaniertes mittelgroßes MFH				
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	51.837	38.488	2.242	0,18
M_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-77.270	-57.370	-3.342	-0,26
Teilsaniertes mittelgroßes MFH				
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	23.968	17.796	1.037	0,08
M_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-78.285	-58.124	-3.385	-0,27
Unsaniertes großes MFH				
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	101.300	75.212	4.381	0,17
G_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-128.315	-95.270	-5.549	-0,22
Teilsaniertes großes MFH				
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	54.865	40.736	2.373	0,09
G_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	-146.704	-108.923	-6.344	-0,25

Selbstgenutzte Mehrfamilienhäuser kommen durch den Trend zum eigenen Heim in innerstädtischen Lagen in der letzten Zeit immer häufiger in der Rechtskonstruktion von Wohnungseigentumsgemeinschaften vor. Die Wirtschaftlichkeit aus Selbstnutzersicht (siehe Anhang 5.6) bestätigt das oben für die Einfamilienhäuser bereits aus der Sicht der Selbstnutzer gesagte. Allerdings fallen die finanzwirtschaftlichen Effekte in den Mehrfamilienhäusern geringer aus. Betrachtet man die monatliche Annuität des Investitionserfolgs auf der Ebene eines Quadratmeters, so lassen sich Unterschiede zwischen durchschnittlichen dezentralen und zentralen Wärmeversorgungssystemen in der Größenordnung von 34 bis 44 Cent pro Quadratmeter und Monat identifizieren. Für eine Wohnung mit einer Größe von 100 Quadratmetern ergeben sich folglich für Selbstnutzer Wärmekostendifferenzen pro Monat in Höhe von 34 bis 44 Euro.

Auf eine Analyse der Neubauobjekte kann an dieser Stelle verzichtet werden, da die Ergebnisse auf dem Abschnitt zur projektbezogenen Wirtschaftlichkeit hierher übertragen werden können.

5.3.4 Renditen der Erneuerungsinvestitionen im Überblick

Die Entscheidungen, ob und in welcher Variante eine Erneuerungsinvestition im Wärmesystem durchgeführt wird, verantworten die Vermieter. Unterstellt man dabei, dass die Wirtschaftlichkeit das alleinige Entscheidungskriterium ist, so dürfte vor allem die Eigenkapitalrendite der Investition ausschlaggebend sein. Nachfolgend ist deshalb in einer Übersicht dargestellt, welche Investitionen überhaupt die Zielrenditen der Eigentümer übertreffen.

Dabei wird zunächst unterstellt, dass 50 % der Investitionen als anteilige Sanierungsinvestition auf die Vermieter zu 11 % p.a. umlegbar sind. Wie bereits oben ausgeführt ist diese Prämisse in der Realität in vielen Märkten nicht gegeben, da die Mieter diese Mieterhöhung entweder aufgrund von preisgünstigeren Alternativen nicht zahlen wollen oder mangels wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit einfach gar nicht können.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Fall vermieteten Wohnraums die Eigentümer in jedem Fall die Fernwärmeversorgung[92] als wirtschaftlichste Variante bevorzugen werden. Dezentrale Lösungen schneiden dementgegen deutlich schlechter ab und erreichen nur im Fall des unsanierten Einfamilienhauses ohne solare Komponenten die Zielrendite von > 5 %. Die dezentrale Heizungserneuerung in unsanierten Mehrfamilienhäusern lässt sich bestenfalls mit einer Rendite knapp über 3 % (hier definiert als Grenze des Kapitalerhalts) realisieren. Die Erneuerung der Heizung in teilsanierten Häusern ist selbst zu dieser geringen Rendite nicht möglich (siehe Tabelle 39).

[92] In der Tabelle 39 dargestellten Renditen für die Fernwärmelösungen gelten für alle drei hier untersuchten Wärmeerzeugungsvarianten KWK regenerativ, KWK fossil und Heizwerk fossil.

Aus Sicht der Selbstnutzer ist jede Investition mittels Fernwärmeanschluss ein Verlustgeschäft (negativer Endwert der Investition). Hingegen sind dezentrale Varianten der Heizungserneuerung in der Regel sogar zumeist ausgesprochen profitabel mit Zielrenditen von oft über 10 % in der Spitze bis zu 17,53 % im Falle eines unsanierten großen Mehrfamilienhauses.

Angesichts dieser beispielhaften Ergebnisse ist fraglich, warum die Heizungsbestände in den deutschen Häusern großflächig derart veraltet sind und der Erneuerungsstau nicht schneller abgearbeitet wird.

Tabelle 39: Renditen von ausgewählten Wärmesystem-Ersatzinvestitionen - Übersicht

Hausvarianten Bestand	Vermieter: VoFi EK-Rendite	Selbstnutzer: VoFi EK-Rendite
EFH unsaniert,Öl-BW	5,08%	9,93%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3,16%	6,40%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2,51%	6,16%
EFH unsaniert,Gas-BW	5,51%	13,82%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	3,10%	10,41%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2,39%	10,51%
EFH unsaniert,L/W-EWP	1,41%	neg EW
EFH unsaniert,Fernwärme	6,05%	neg EW
EFH teilsaniert,Öl-BW	1,08%	1,50%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	neg EW	neg EW
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	neg EW	neg EW
EFH teilsaniert,Gas-BW	2,07%	8,49%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	neg EW	4,35%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	neg EW	5,55%
EFH teilsaniert,S/W-EWP	2,68%	neg EW
EFH teilsaniert,Fernwärme	3,79%	neg EW
M_MFH unsaniert,Öl-BW	3,80%	13,24%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	1,20%	10,61%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	neg EW	10,52%
M_MFH unsaniert,Gas-BW	3,52%	16,22%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	0,49%	13,39%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	neg EW	13,26%
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	0,36%	neg EW
M_MFH unsaniert,Fernwärme	7,54%	neg EW
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	0,23%	10,41%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	neg EW	8,23%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	neg EW	8,65%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	0,73%	13,76%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	neg EW	11,47%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	neg EW	11,74%
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	neg EW	neg EW
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	2,50%	neg EW
M_MFH teilsaniert,Fernwärme	5,70%	neg EW
G_MFH unsaniert,Öl-BW	3,79%	14,91%
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	1,10%	12,16%
G_MFH unsaniert,Gas-BW	4,74%	17,53%
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	1,60%	14,46%
G_MFH unsaniert,Fernwärme	7,88%	neg EW
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	neg EW	12,20%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	neg EW	9,65%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	0,41%	14,95%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	neg EW	12,18%
G_MFH teilsaniert,Fernwärme	5,88%	neg EW

5.3.5 Robustheit der Berechnungsergebnisse - Sensitivitätsanalyse

Die Robustheit der oben dargestellten Berechnungsergebnisse gerät vor allem dann ins Wanken, wenn in multiplikativen Verknüpfungen sehr kleine Eingangswerte auf sehr große Werte treffen. Dies ist

insbesondere bei Kapitalkosten, Umlagequotienten von Investitionskosten auf Mieten sowie Energiepreisen möglicher Weise der Fall.

5.3.5.1 Kapitalkosten

Die in der Berechnung angenommenen Kapitalkosten sind der zum Zeitpunkt der Studienerstellung entsprechenden Marktsituation im historischen Vergleich als historisch tief anzusehen. Ein zukünftig steigender Kapitalkostensatz kann deshalb als realistisches Szenario angenommen werden. Dabei würden vermutlich kurz- wie langfristige und Soll- und Habenzinssätze betroffen sein. Angenommen die in der Ausgangssituation angenommenen Zinsrelationen würden erhalten bleiben, und die Fremdkapitalzinsen würden um 3,5 % ansteigen, dann würde langfristiges Fremdkapital mit 5 % anstelle von 1,5 % verzinst. Wie die Tabelle 40 zeigt, hätte das auf die Wirtschaftlichkeit der Sanierung erheblichen Einfluss. Alle Maßnahmen würden zu deutlich negativeren Ergebnissen für alle Akteure führen. Am stärksten Betroffen wären die Eigentümer vermieteter Bestände, die die gestiegenen Kapitalkosten nicht auf die Mieter umlegen könnten (siehe hierzu insbesondere auch die detaillierten Ergebnisse im Anhang 5.7).

Im Vergleich zwischen zentraler und dezentraler Wärmeversorgung sind die Wirtschaftlichkeitsnachteile bei steigenden Zinsen für die zentralen Wärmeversorgungssysteme insbesondere auch aus Sicht der Mieter und Selbstnutzer gravierend. Die Ursache dafür liegt vor allem in den annahmegemäß höheren Zinsen, die zu stärkeren Kapitalisierungseffekten der dynamischen Investitionsrechnung führen.

Tabelle 40: Sensitivitätsanalyse: Fremdkapitalkostensatz 5 % EFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren		Eigentümer: Endwert der Investition		Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren		Selbstnutzer: Endwert der Investition	
	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert
EFH unsaniert,Fernwärme	-121.051	-80.631	731	4.764	24.572	17.359	-22.390	-11.301
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-102.619	-66.748	-1.785	1.969	-10.453	-7.529	8.707	9.552
EFH teilsaniert,Fernwärme	-104.246	-68.485	-2.460	2.351	25.888	18.310	-27.402	-14.895
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-99.410	-61.604	-6.010	-572	1.327	441	-7.133	-804
EFH Neubau, mK,Fernwärme	-136.970	-87.168						
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-129.469	-77.595						
EFH Neubau, oK,Fernwärme	-104.696	-64.583						
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-115.667	-67.854						
M_MFH unsaniert,Fernwärme	-503.913	-354.515	5.418	10.033	124.650	89.509	-116.380	-77.270
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-377.212	-260.013	-5.820	2.612	-63.446	-49.153	57.672	51.837
M_MFH teilsaniert,Fernwärme	-425.632	-298.505	267	5.799	119.441	85.787	-117.302	-78.285
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-336.037	-228.496	-12.474	-1.748	-32.089	-25.481	19.741	23.968
M_MFH Neubau,Fernwärme	-461.004	-302.628						
M_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-417.718	-257.573						
G_MFH unsaniert,Fernwärme	-893.484	-632.522	9.254	15.088	204.000	146.626	-190.430	-128.315
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-661.675	-461.157	-5.689	5.477	-124.159	-95.759	118.469	101.300
G_MFH teilsaniert,Fernwärme	-778.609	-549.948	1.183	8.714	219.624	157.953	-215.534	-146.704
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-574.316	-397.976	-15.568	-2.095	-73.149	-56.887	57.581	54.865
G_MFH Neubau,Fernwärme	-900.444	-594.599						
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-769.657	-479.203						

5.3.5.2 Anteil umlagefähiger Modernisierungskosten und prozentualer Umlagesatz

Im Fall vermieteten Wohnraums sind für die Erfolgsteilung der Sanierungsinvestition zwischen Vermieter und Mieter die zwei Parameter des umlagefähigen Modernisierungskostenanteils und der prozentualen Mieterhöhungsumlage und somit auch für den wirtschaftlichen Erfolg der jeweiligen Vertragspartner maßgeblich. Erhöht man beispielsweise den Anteil der umlagefähigen Sanierungskosten von 50 % auf 70 %, werden bei fast allen Sanierungsvarianten für die Eigentümer Renditen > 5 %

möglich, insbesondere auch in den teilsanierten Gebäuden. Da die Wirtschaftlichkeit der Investition in diesem Kausalzusammenhang ein Nullsummenspiel ist, verschlechtert sich die Wirtschaftlichkeit für die Mieter entsprechend. Dabei wird stets vorausgesetzt, dass die Ceteris paribus Bedingung gilt und dabei insbesondere die 11 % Umlage des modernisierenden Anteils der Investitionskosten auf die Mieter am Markt durchsetzbar ist.

Tabelle 41: Sensitivitätsanalyse: Anteil modernisierender Instandhaltungskosten 70 % EFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren		Eigentümer: Endwert der Investition		Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren		Selbstnutzer: Endwert der Investition	
	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert
EFH unsaniert,Fernwärme	-121.051	-80.631	7.357	4.764	32.319	17.359	-22.390	-11.301
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-102.619	-66.748	3.757	1.969	-4.710	-7.529	8.707	9.552
EFH teilsaniert,Fernwärme	-104.246	-68.485	4.166	2.351	33.635	18.310	-27.402	-14.895
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-99.410	-61.604	611	-572	8.702	441	-7.133	-804
EFH Neubau, mK,Fernwärme	-136.970	-87.168						
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-129.469	-77.595						
EFH Neubau, oK,Fernwärme	-104.696	-64.583						
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-115.667	-67.854						
M_MFH unsaniert,Fernwärme	-354.515	-354.515	17.094	10.033	97.292	89.509	-77.270	-77.270
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-260.013	-260.013	11.581	2.612	-40.132	-49.153	51.837	51.837
M_MFH teilsaniert,Fernwärme	-298.505	-298.505	12.399	5.799	93.061	85.787	-78.285	-78.285
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-228.496	-228.496	7.903	-1.748	-15.641	-25.481	23.968	23.968
M_MFH Neubau,Fernwärme	-302.628	-302.628						
M_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-257.573	-257.573						
G_MFH unsaniert,Fernwärme	-632.522	-632.522	24.873	15.088	157.411	146.626	-128.315	-128.315
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-461.157	-461.157	17.987	5.477	-83.182	-95.759	101.300	101.300
G_MFH teilsaniert,Fernwärme	-549.948	-549.948	18.129	8.714	168.331	157.953	-146.704	-146.704
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-397.976	-397.976	10.150	-2.095	-44.524	-56.887	54.865	54.865
G_MFH Neubau,Fernwärme	-594.599	-594.599						
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-479.203	-479.203						

Vergleicht man die Ergebnisveränderungen zentraler und dezentraler Wärmesysteme, so fällt der Verschiebungseffekt der Kostenteilung zu Lasten der Mieter bei den zu vergleichsweise niedrigeren In-

vestitionskosten realisierbaren zentralen Systemen nicht so hoch aus, wie im Falle der durchschnittlichen dezentralen Erneuerungsinvestition (siehe hierzu auch die detaillierten Ergebnisse zu den im Anhang 5.8).

Seit vielen Jahren ist der Anteil der jährlich umlegbaren Investitionskosten auf die Miete in der Diskussion. Interessant ist dazu folgendes Detail: Unter der Voraussetzung, dass die Eigenkapitalgeber bei vermietetem Wohnraum eine Rendite von 5 % erzielen müssen, um zu einer positiven Investitionsentscheidung zu gelangen, so ist im Falle eines unsanierten Einfamilienhauses sowohl bei der effizientesten Brennwertkesselvariante und im Falle des Fernwärmeanschlusses gleichermaßen ein Umlagesatz von 10 % (anstelle der rechtlich zulässigen 11 %) notwendig. Eine Warmmietneutralität der Sanierung für die Mieter ist bei zentraler Wärmeversorgung beispielsweise für ein Einfamilienhaus weder im Falle des teilsanierten noch des unsanierten Gebäudes zu erzielen, ohne dass der Umlagesatz einen negativen Wert annehmen würde.

5.3.5.3 Energiepreise

In den bisherigen Berechnungen wurde unterstellt, dass die Energiepreise unabhängig vom Energieträger um 3 % p.a. steigen. Durch ein Anwachsen der durchschnittlichen jährlichen Energiepreissteigerung beispielsweise auf 5 % würde naturgemäß die Wirtschaftlichkeit der Heizungsmodernisierungen für Mieter und Selbstnutzer, denen diese Preisänderung unmittelbar zu Gute kommt, verbessert.

Die Rendite der Vermieter bleibt von einer Änderung der Energiepreise in diesem Modell unberührt. Aus Ihrer würde sich in der Praxis allerdings durch den gestiegenen Vorteil der Mieter mittelbar die Realisierbarkeit erleichtern und das Risiko der Investition senken.

Unterstellt man, dass die Energiekostensteigerung zu gleichen Anteilen in den Wärmekosten der Fernwärme weitergeben wird, so öffnet sich die Wirtschaftlichkeitsschere zwischen zentraler und dezentraler Wärmeversorgung weiter.[93] Effekte für eine verbesserte Wirtschaftlichkeit dezentraler Wärmeversorgung gegenüber zentralen Systemen im Falle steigender Energiekosten gibt es im Rechenmodell nicht (siehe hierzu auch die detaillierten Ergebnisse im Anhang 5.9).

[93] Dafür spreche, dass über die Marktkomponente sich die Fernwärmepreise auch in der Vergangenheit in Relation zu den Gas- und Ölpreisen bewegten.

Tabelle 42: Sensitivitätsanalyse: +5 % Energiepreissteigerung p.a. EFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren		Eigentümer: Endwert der Investition		Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren		Selbstnutzer: Endwert der Investition	
	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert	Szenario	Ausgangswert
EFH unsaniert,Fernwärme	-94.091	-80.631	4.764	4.764	19.262	17.359	-13.204	-11.301
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-75.217	-66.748	1.969	1.969	-12.471	-7.529	14.492	9.552
EFH teilsaniert,Fernwärme	-79.283	-68.485	2.351	2.351	20.422	18.310	-17.006	-14.895
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-69.394	-61.604	-572	-572	-2.267	441	1.877	-804
EFH Neubau, mK,Fernwärme	-100.876	-87.168						
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-86.197	-77.595						
EFH Neubau, oK,Fernwärme	-73.725	-64.583						
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-74.364	-67.854						
M_MFH unsaniert,Fernwärme	-426.422	-354.515	10.033	10.033	106.165	89.509	-77.270	-77.270
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-308.171	-260.013	2.612	2.612	-65.287	-49.153	51.837	51.837
M_MFH teilsaniert,Fernwärme	-358.433	-298.505	5.799	5.799	101.906	85.787	-78.285	-78.285
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-268.957	-228.496	-1.748	-1.748	-36.725	-25.481	23.968	23.968
M_MFH Neubau,Fernwärme	-356.298	-302.628						
M_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-293.393	-257.573						
G_MFH unsaniert,Fernwärme	-632.522	-632.522	24.873	15.088	157.411	146.626	-128.315	-128.315
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-461.157	-461.157	17.987	5.477	-83.182	-95.759	101.300	101.300
G_MFH teilsaniert,Fernwärme	-549.948	-549.948	18.129	8.714	168.331	157.953	-146.704	-146.704
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	-397.976	-397.976	10.150	-2.095	-44.524	-56.887	54.865	54.865
G_MFH Neubau,Fernwärme	-594.599	-594.599						
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	-479.203	-479.203						

Summa summarum reagieren die hier angestellten Wirtschaftlichkeitsrechnungen recht träge auf Energiepreisänderungen. Vermutungen, stärkere Energiepreise könnten bislang unwirtschaftliche Sanierungsinvestitionen in der Praxis vorteilhaft werden lassen, bestätigen sich zumindest im Rahmen der derzeit diskutierten Energiepreissteigerungsraten in diesem Modell nicht.

5.4 Interpretation der Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse des energetischen Teils und die des wirtschaftlichen Teils in einen Zusammenhang gestellt. Die Interpretationen finden dabei unter der zu didaktischen Zwecken eingeführten Prämisse statt, dass sich die Wärmesysteme nur durch die Kosten der Wärmegenerierung unterscheiden und qualitativ im Sinne von Behaglichkeit, Bequemlichkeit oder anderer Zielgrößen keine Unterschiede entstehen.

Dabei steht in der nachfolgenden Interpretation der Ergebnisse vor allem der Vergleich zentraler und dezentraler Wärmeversorgungssysteme im Vordergrund des Interesses. Als Maßstab der Fernwärmeversorgung wird dabei, ohne das nachfolgend das in jedem einzelnen inhaltlichen Zusammenhang wieder adressiert wird, die Wärmeversorgung über eine Variante der Kraft-Wärme-Kopplung in Verbindung mit einem regenerativen Energieträger betrachtet. Diese erscheint aus politischer und technologischer Sicht die größte Zukunftsfähigkeit aufzuweisen und ist aus Sicht des Sanierungsprojekts zur Erneuerung der Wärmeversorgung in jedem der untersuchten Fälle sowohl in Bezug auf die Zielgrößen Primärenergie als auch CO_2 die wirtschaftlichste Variante. In Bezug auf die Zielgröße Endenergie entstehen annahmegemäß zwischen den Fernwärmeerzeugern keine wirtschaftlichen Unterschiede. In den folgenden Vergleichen steht, wenn nicht explizit anders dargestellt, der mit den empirischen Häufigkeiten der jeweiligen Wärmetechniken gewichtete Durchschnitt der dezentralen Wärmeversorgung im Vordergrund der vergleichenden Argumentation.

Je größer der Barwert eines Projekts, desto vorteilhafter ist eine Sanierungsinvestition. Setzt man den Barwert einer Investition ins Verhältnis zur erfolgten Energie- oder CO_2-Einsparung, so ist eine Aussage darüber möglich, mit welchem wirtschaftlichen Erfolg eine kWh/a Energie eingespart werden kann. Bei dieser Größe handelt es sich somit um die Vermeidungskosten von Endenergie gegenüber dem Status quo der Wärmeversorgung des betrachteten Haustyps oder Häuserbestands.

Methodisch birgt die Berechnung von Vermeidungskosten ihre Tücken. Im Zähler des Vermeidungskostenkoeffizienten werden Kosten einer neuen Technologie den Kosten einer Referenz, die zumeist den Status quo beschreibt, gegenübergestellt. Im Nenner des Quotienten werden Energieverbrauche oder Emissionen saldiert. Problematisch sind all die Anwendungsfälle, in denen die Werte im Zähler oder Nenner besonders klein werden, das heißt, wo Kostendifferenzen oder energetische Differenzen sehr klein werden. In der Literatur wird empfohlen, auf beiden Seiten des Bruchstrichs nur mit Zahlen zu arbeiten, die Mehrkosten oder Ersparnisse aufweisen, die größer sind als 2 % des Ausgangszustands.[94]

---

[94] Vgl. FfE (2009b), S. 13 f.

5.4.1 Bezugsgröße Endenergie

Im Fall des durchschnittlichen unsanierten und dezentral versorgten Einfamilienhauses erhöht sich pro ersparter kWh/a Endenergie der Barwert um 70 Cent, während er sich bei einem Anschluss an ein Fernwärmenetz um 1,09 Cent verschlechtert. Für die Vermieter erhöht sich mit der Einsparung einer kWh/a Endenergie bei durchschnittlicher dezentraler Wärmeversorgung der Barwert um 13 Cent, während er sich bei zentraler Wärmeversorgung um 43 Cent erhöht. Aus Sicht der Mieter ermäßigt sich der Barwert ihrer Wärmekosten - was ein positives Ergebnis ist, da damit Ihre Heizkostenrechnungen zurückgehen - um 58 Cent bei durchschnittlicher dezentraler Wärmeversorgung pro eingesparter kWh/a Endenergie, wohingegen bei zentraler Wärmeversorgung jede eingesparte kWh/a Endenergie 1,57 Euro kostet. Hier zeigt sich, dass der oben dargestellte ökonomische Wirkungsmechanismus der Wärmenetze, nach dem Vermieter durch den Netzanschluss vergleichsweise besser und Mieter gegenüber effizienten dezentralen Lösungen schlechter gestellt werden, auch dann gilt, wenn energetische Ergebnisse auf der Basis von Endenergie in die Betrachtung einbezogen werden. Nochmals deutlich wird dieser Allokationseffekt bei Betrachtung der Ergebnisse der Selbstnutzer. Auch hier sind, wie bereits bei der projektbezogenen Betrachtung, die durchschnittlichen dezentralen Systeme gegenüber zentralen Varianten finanzwirtschaftlich deutlich im Vorteil. Ihre Investition in eine durchschnittliche dezentrale Wärmeversorgung eines Einfamilienhauses erbringt beispielsweise pro ersparter kWh/a 72 Cent, während eine Investition in ein Wärmenetz im gleichen Gebäude pro ersparter kWh/a 1,02 Cent an zusätzlichen Kosten verursacht (siehe Tabelle 43 sowie den Anhang 5.10 für die Ergebnisse zu den Mehrfamilienhäusern).

Tabelle 43: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Endenergie im EFH

Kosten pro kWh/a Endenergie					
Hausvarianten Bestand	**Ersparter Endenergieverbrauch in kWh/a**	**Barwert Projekt in € pro ersparter kWh/a**	**Barwert Investition Vermieter in € pro ersparter kWh/a**	**Barwert Wärmekosten Mieter in € pro ersparter kWh/a**	**Barwert Investition Selbstnutzer in € pro ersparter kWh/a**
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	9.727	0,70	0,13	-0,58	0,72
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	8.222	-1,09	0,43	1,57	-1,02
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	6.433	-2,23	-0,76	1,14	-1,84
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	3.602	-3,22	0,48	3,77	-3,07
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	42.103	0,99	0,04	-0,87	0,91
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	31.959	-1,82	0,23	2,08	-1,80
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	76.252	-4,66	0,04	-0,91	0,95
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	67.110	-7,00	0,17	1,62	-1,42
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	50.921	-6,99	-0,14	-0,68	0,54
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	35.065	-11,64	0,18	3,34	-3,11

Betrachtet man die teilsanierten Objekte, so nimmt die durch die Erneuerung des Wärmesystems erzielbare energetische Verbesserung in Form eines geringeren Endenergieverbrauchs naturgemäß ab. Entsprechend kleinerer Werte im Nenner vergrößern sich die betragsmäßigen Ergebnisse der Investitionen aus den Blickwinkeln der Akteure, ohne dass sich die grundsätzlichen Aussagen zur Wirtschaftlichkeit der energetischen Verbesserung gegenüber den unsanierten Objekten hier maßgeblich ändern.

5.4.2 Bezugsgröße Primärenergie

Betrachtet man die Effekte der energetischen Verbesserung durch die Erneuerung des Wärmesystems anhand der Zielgröße der Primärenergie, werden vor allem die unterschiedlichen Wirkungen der Wärmeerzeuger im Fernwärmebereich deutlich. Regenerativ erzeugte Fernwärme ist bei primärenergetischer Betrachtung aus allen Perspektiven effizienter als die fossilen Varianten. Für ein Einfamilienhaus sind die Unterschiede am größten (siehe Tabelle 44 und zu den detaillierten Ergebnissen den Anhang 5.11).

Tabelle 44: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Primärenergie im EFH

Kosten pro kWh/a Primärenergie					
Hausvarianten Bestand	Ersparter Primär-energieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt in € pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter in € pro ersparter kWh/a	Barwert Wärme-kosten Mieter in € pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer in € pro ersparter kWh/a
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	11.445	0,72	0,15	-0,57	0,72
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	32.977,72	-0,27	0,11	0,39	-0,25
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	8.163,29	0,03	-0,01	-0,14	0,14
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	23.352,50	-0,50	0,07	0,58	-0,47
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	47.552,08	0,93	0,05	-0,80	0,85
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	170.968,87	-0,34	0,04	0,39	-0,34
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	89.091,69	0,98	0,05	-0,84	0,89
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	327.431,88	-0,29	0,03	0,33	-0,29
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	64.538,77	0,81	-0,01	-0,75	0,74
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	259.812,25	-0,42	0,02	0,45	-0,42

Im Vergleich zwischen dezentraler und regenerativ erzeugter Fernwärme schneidet das durchschnittliche dezentrale System auch aus primärenergetischer Sicht deutlich besser ab als die zentrale Lösung. So erzielen Vermieter des Einfamilienhauses pro ersparter kWh/a einen Barwert der Investition von 15 Cent (gegenüber 11 Cent bei regenerativ erzeugter Fernwärme). Mieter sparen mit jeder ersparten kWh/a 57 Cent an Wärmekosten. Regenerative Fernwärme würde hier 39 Cent an Mehrkosten je ersparter kWh/a verursachen. Selbstnutzer erzielen einen Barwert pro ersparter kWh/a in Höhe von 72 Cent, wohingegen sie bei regenerativer Fernwärme pro ersparter kWh/a 25 Cent draufzahlen müssten.

Erwartungsgemäß verändern sich diese Ergebnisse bei der Betrachtung des teilsanierten Einfamilienhauses. Hier wird die Energieersparnis bei allen Wärmesystemen geringer, sodass die vergleichsweise niedrigeren Investitionskosten der Fernwärme relativ stärker zum Tragen kommen, ohne das sich etwas an der Vorteilhaftigkeit des durchschnittlichen dezentralen Systems ändert. Vergleicht man den Durchschnitt der dezentralen Systeme mit der regenerativen Fernwärme, so ist die Fernwärmelösung wirtschaftlich aus Sicht der Vermieter um 8 Cent pro kWh/a im Vorteil. Mieter und Selbstnutzer haben deutliche finanzwirtschaftliche Vorteile bei der Primärenergieeinsparung mittels dezentraler Wärmeerzeugungssysteme. Betrachtet man die jeweiligen dezentralen Varianten der Erneuerung, so zeigen sich große Unterschiede, sodass aus Sicht der Akteure insbesondere auch bei den teilsanierten Objekten jeweils unterschiedliche dezentrale Varianten die aus finanzwirtschaftlicher Sicht effiziente Lösung zur Einsparung einer kWh/a Primärenergie darstellen.

In den untersuchten Mehrfamilienhäusern (siehe zu den Ergebnissen Anhang 5.11) sind diese Effekte nicht ganz so stark erkennbar. Hier würden Vermieter tendenziell die Fernwärmevariante bevorzugen und Mieter sowie Selbstnutzer erzielen mit der dezentralen Wärmeversorgung das bessere Ergebnis. In den Mehrfamilienhäusern haben aus der Sicht der Wirtschaftlichkeit des Projekts die dezentralen Lösungen Vorteile gegenüber zentralen Wärmesystemen. Die Vermieter erzielen im mittelgroßen Mehrfamilienhaus leichte Vorteile der Wärmesystemerneuerung mittels eines zentralen Wärmenetzes. Mieter und Selbstnutzer hingegen sind aus finanzwirtschaftlicher Sicht eindeutig in dezentralen Systemen besser gestellt.

5.4.3 Bezugsgröße CO_2

Die UN-Klimakonferenz 2015 in Paris endete mit dem Ergebnis, dass die globale Erwärmung auf maximal 1,5 Grad begrenzt wird. Ein wesentliches Mittel zur Erreichung dieses Zwecks der globalen Umweltpolitik ist die Vermeidung von CO_2, die auch als Dekarbonisierung bezeichnet wird. Unter Dekarbonisierung wird die Vermeidung von CO_2 zum Schutz des Klimas verstanden. Im Jahr 2015 schlossen die G7-Staaten ein Abkommen, die weltweiten Treibhausgasemissionen bis 2050 um 40 % bis 70 % im Vergleich zum Jahr 2010 zu reduzieren und die Weltwirtschaft bis 2100 vollständig zu dekarbonisieren. Die Dekarbonisierung ist einer der Hauptpfeiler der Energiewende in Deutschland. Auch in der energetischen Gebäudesanierung treten CO_2 Reduktionsziele vermehrt neben die Ziele der Reduzierung des Energieverbrauchs oder ersetzen diese bereits. Im Jahr 2009 hat die Beratungsgesellschaft McKinsey & Company Inc. im Auftrag BDI Initiative „Wirtschaft für Klimaschutz“ eine Studie vorgelegt, die unter anderem die CO_2-Vermeidungskosten unterschiedlicher Wirtschaftssektoren zum Gegenstand hat.[95] Diese Studie macht auch Angaben zu den Vermeidungskosten im Gebäudesektor

[95] In der Folge sind unterschiedlich motivierte Studien mit einem ähnlichen Erkenntniszweck erschienen. Beispielhaft genannt sei hier die Studie der Forschungsstelle Energiewirtschaft im Auftrag eines Konsortiums der großen Energieunternehmen aus dem Jahr 2009. Die McKinsey Studie sei hier stellvertretend für alle anderen Arbeiten genannt.

und kommt vom Grundtenor zu ähnlichen Ergebnisse wie nachfolgend gezeigt. Allerdings unterscheiden sich Erkenntnisziel und folglich auch das Vorgehen der Autoren von dem hier verfolgten Ansatz. Während in der McKinsey Studie der Vergleich der Wirtschaftssektoren aus einer Makroperspektive im Vordergrund stand, wird in dieser Studie ausschließlich der Sektor der Hauswärme in Wohngebäuden untersucht. Folglich wird das grundsätzlich gleiche Modell in beiden Untersuchungen sehr unterschiedlich parametrisiert. Das schlägt vor allem bei der Abgrenzung des Erfahrungsobjekts und der Definition des Ausgangszustands, den man zur Berechnung des CO_2 Vermeidungserfolgs und dessen Kosten benötigt, durch. Während McKinsey unter Gebäudesektor beispielsweise auch die Dämmung und die Beleuchtung subsummiert, geht es hier ausschließlich um das Hauswärmesystem. Entsprechend detaillierter und genauer können deshalb in dieser Studie die Ausgangssituationen als Benchmark der Vermeidungskosten alternativer Techniken definiert werden. Im Ergebnis sind Logiken und Verfahren der Studien durchaus sehr gut vergleichbar, die konkreten Werte jedoch aufgrund unterschiedlicher Detailierungsniveaus und Entstehungsdaten der Studien nicht.

Dienen die finanzwirtschaftlichen Kosten pro erspartem kg/a CO2 als Entscheidungsgrundlage, so zeigt sich das in Tabelle 45 sowie im Anhang 5.12 (Ergebnisse zu den Mehrfamilienhäusern) dargestellte Bild.

Tabelle 45: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit CO_2 im EFH

Kosten pro kg/a CO2					
Hausvarianten Bestand	**Ersparter CO2 Ausstoß in kg/a**	**Barwert Projekt in € pro erspartem kg/a**	**Barwert Investition Vermieter in € pro ersparter kg/a**	**Barwert Wärmekosten Mieter in € pro ersparter kg/a**	**Barwert Investition Selbstnutzer in € pro erspartem kg/a**
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	2.932,52	3,06	0,62	-2,42	3,05
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	9.310,79	-0,96	0,38	1,38	-0,90
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	3.469,17	-0,31	-0,05	-0,00	0,00
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	6.602,16	-1,76	0,26	2,06	-1,68
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	11.597,61	3,97	0,20	-3,44	3,64
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	48.199,30	-1,21	1,38	0,15	-1,19
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	21.624,80	4,21	0,23	-3,62	3,85
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	92.285,91	-1,04	0,12	1,18	-1,03
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	26.891,75	1,89	-0,03	-1,75	1,73
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	73.231,62	-1,50	0,09	1,60	-1,49

Summa summarum lässt sich festhalten, dass die Auswahl des Wärmesystems sehr relevant ist für die CO_2-Bilanz der die Gesamtwirtschaft im Allgemeinem und der Wohnungswirtschaft im Besonderen. In fast allen Fällen, gleichgültig ob es sich um teilsanierte oder unsanierte Gebäude handelt, liefert der

Durchschnitt dezentraler Heizungserneuerungen aus der Perspektive der Wirtschaftlichkeit des Projekts ein besseres Ergebnis. Die Ausnahme bildet das teilsanierte Einfamilienhaus. Aus Sicht der Akteure ist die Einsparung von CO_2 für die Vermieter insbesondere bei teilsanierten Gebäuden das Fernwärmesystem wirtschaftlicher, wohingegen die Nutzer und die Selbstnutzer finanzwirtschaftlich bessere Ergebnisse bei dezentralen Wärmesystemen erzielen.

5.4.4 Situation im Neubau

Im Neubau fällt die Möglichkeit der Berechnung von Energieersparnis mangels einer ex ante Situation weg. Stattdessen liefert aber ein Vergleich der absoluten Kosten der Wärmesystemvarianten in Relation zu ihren Energieverbrauchen beziehungsweise CO_2 Emissionen aufschlussreiche Ergebnisse. So lässt sich die finanzwirtschaftlich günstigste Anlagenvariante sowie die Kostendifferenzen zu den übrigen Varianten berechnen. Im nächsten Schritt werden die Varianten identifiziert, die gegenüber der günstigsten Variante zusätzlich energetisches Einsparpotenzial bieten. Schließlich wird berechnet, was eine zusätzliche Einheit Energieeinsparungen beziehungsweise Emissionsreduzierung an Kosten verursachen würde (siehe Tabelle 46).

Tabelle 46: Mehrkosten pro zusätzlich ersparter Einheit Energie / Emission im Neubau

Hausvarianten Neubau	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Barwert der Wärmekosten	Mehrkosten ggü. günstigster Lösung	Kosten pro kWh/a Endenergie: Endergieverbrauch in kWh/a	Endenergiedifferenz ggü. günstigster Lösung	Mehrkosten pro ersparter kWh/a Endenergie	Kosten pro kWh/a Primärenergie: Primärergieverbrauch in kWh/a pro qm	Endenergiedifferenz ggü. günstigster Lösung	Mehrkosten pro ersparter kWh/a Primärenergie	Kosten pro kg/a CO2: CO2-Emissionen in kg/a pro qm	Endenergiedifferenz ggü. günstigster Lösung	Mehrkosten pro erspartem kg CO2
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE	1%	- 56.507	-	17.040	-		18.954	-		5.357	-	
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	- 57.766	- 1.259	14.739	- 2.301	0,55	16.412	- 2.542	0,50	4.640	- 717	1,76
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE	40%	- 58.658	- 2.151	17.040	-		18.954	-		4.218	- 1.138	1,89
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	17%	- 59.226	- 2.719	14.739	- 2.301	1,18	16.412	- 2.542	1,07	3.657	- 1.700	1,60
EFH Neubau, mK,L/W-EWP	27%	- 65.611	- 9.104	6.442	- 10.598	0,86	11.596	- 7.358	1,24	3.595	- 1.762	5,17
EFH Neubau, mK,S/W-EWP	8%	- 74.725	- 18.219	5.896	- 11.144	1,63	10.614	- 8.340	2,18	3.290	- 2.066	8,82
EFH Neubau, mK,Pelletkessel	6%	- 83.094	- 26.587	26.681	9.641	-	6.199	- 12.755	2,08	615	- 4.742	5,61
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, regenerativ		- 65.341	- 8.834	23.263	6.223	-	489	- 18.465	0,48	151	- 5.205	1,70
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, fossil		- 65.341	- 8.834	23.263	6.223	-	16.583	- 2.371	3,73	3.784	- 1.573	5,62
EFH Neubau, mK,Fernwärme Heizwerk, fossil		- 65.341	- 8.834	23.263	6.223	-	30.378	11.424	-	6.451	1.095	-
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE	1%	- 46.771	-	10.957	-		12.256	-		3.469	-	
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	- 48.000	- 1.230	9.472	- 1.485	0,83	10.612	- 1.644	0,75	3.005	- 464	2,65
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE	40%	- 46.957	- 186	10.957	-		12.256	-		2.743	- 725	0,26
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	17%	- 47.783	- 1.012	9.472	- 1.485	0,68	10.612	- 1.644	0,62	2.379	- 1.089	0,93
EFH Neubau, oK,L/W-EWP	27%	- 50.717	- 3.946	4.248	- 6.709	0,59	7.647	- 4.608	0,86	2.371	- 1.098	3,59
EFH Neubau, oK,S/W-EWP	8%	- 59.566	- 12.795	3.903	- 7.054	1,81	7.025	- 5.231	2,45	2.178	- 1.291	9,91
EFH Neubau, oK,Pelletkessel	6%	- 71.341	- 24.570	16.795	5.838	-	4.038	- 8.217	2,99	433	- 3.035	8,10
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, regenerativ		- 48.986	- 2.215	14.843	3.886	-	417	- 11.838	0,19	129	- 3.339	0,66
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, fossil		- 48.986	- 2.215	14.843	3.886	-	10.645	- 1.611	1,38	2.438	- 1.031	2,15
EFH Neubau, oK,Fernwärme Heizwerk, fossil		- 48.986	- 2.215	14.843	3.886	-	19.411	7.156	-	4.133	664	-
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	1%	- 164.774	-	71.986	-		79.718	-		22.505	-	
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	- 165.859	- 1.085	62.397	- 9.589	0,11	69.130	- 10.587	15,67	19.518	- 2.987	55,54
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	58%	- 181.272	- 16.498	71.986	-		79.718	-		17.661	- 4.843	37,43
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	15%	- 179.478	- 14.704	62.397	- 9.589	1,53	69.130	- 10.587	16,95	15.323	- 7.182	24,99
M_MFH Neubau,L/W-EWP	9%	- 214.089	- 49.315	25.184	- 46.802	1,05	45.332	- 34.386	6,23	14.053	- 8.452	25,33
M_MFH Neubau,S/W-EWP	6%	- 229.871	- 65.097	22.950	- 49.037	1,33	41.309	- 38.409	5,98	12.806	- 9.699	23,70
M_MFH Neubau,Pelletkessel	10%	- 235.619	- 70.845	105.087	33.100	-	24.183	- 55.535	4,24	2.341	- 20.163	11,69
M_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ		- 224.692	- 59.918	93.007	21.021	-	1.551	- 78.166	2,87	481	- 22.024	10,20
M_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme, KWK fossil		- 224.692	- 59.918	93.007	21.021	-	66.053	- 13.665	16,44	15.040	- 7.465	30,10
M_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme Heizwerk, fossil		- 224.692	- 59.918	93.007	21.021	-	121.340	41.622	-	25.729	3.224	-
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	1%	- 312.639	- 1.123	154.923	20.456	-	171.242	22.567	-	48.319	6.365	-
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	- 311.516	-	134.467	-		148.674	-		41.954	-	
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	68%	- 336.846	- 25.330	154.923	20.456	-	171.242	22.567	-	37.864	- 4.090	6,19
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	8%	- 331.123	- 19.606	134.467	-	-	148.674	-	-	32.884	- 9.070	2,16
G_MFH Neubau,L/W-EWP	7%	- 413.432	- 101.916	52.367	- 82.101	1,24	94.260	- 54.414	1,87	29.221	- 12.734	8,00
G_MFH Neubau,S/W-EWP	5%	- 442.395	- 130.879	47.719	- 86.749	1,51	85.893	- 62.781	2,08	26.627	- 15.327	8,54
G_MFH Neubau,Pelletkessel	10%	- 418.390	- 106.873	217.434	82.967	-	49.748	- 98.926	1,08	4.746	- 37.208	2,87
G_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ		- 441.472	- 129.956	194.254	59.787	-	2.975	- 145.699	0,89	922	- 41.032	3,17
G_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme, KWK fossil		- 441.472	- 129.956	194.254	59.787	-	137.796	- 10.878	11,95	31.353	- 10.601	12,26
G_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme Heizwerk, fossil		- 441.472	- 129.956	194.254	59.787	-	253.357	104.683	-	53.695	11.741	-

Dezentrale Wärmesysteme aus Projektsicht effizienter als Wärmenetze

Die wirtschaftlichsten Varianten sind jeweils in den Zeilen grau unterlegt. Dabei handelt es sich ausnahmslos um dezentrale Wärmesysteme. Grüne Zellen zeigen an, wo eine weitere Einsparung von Energie zu erzielen ist. Der Wert in der Zelle ist der jeweilige Preis dafür. Im Bereich der dezentralen sowie auch der zentralen Versorgung lassen sich durch eine Inkaufnahme zusätzlicher Wärmekosten in zahlreichen Situationen Verbesserungen erzielen, insbesondere wenn die Zielgrößen die Reduktion von Primärenergie oder CO_2 sind. Dabei bieten vor allem Fernwärmesysteme mit regenerative Energieträgern und Kraftwärmekopplung in sehr vielen Situationen die kostengünstigste Möglichkeit, weitere Einsparungen zu erzielen.

5.5 Zwischenergebnis

Sanierung dezentraler Wärmesysteme ist volkswirtschaftlich regelmäßig effizienter als Anschluss an Wärmenetze

Summa summarum bestätigt die Analyse der Wirtschaftlichkeit der Erneuerung von Heizungsanlagen den bereits festgestellten Vorteil dezentraler Wärmesysteme gegenüber Wärmenetzen. Angesichts unterschiedlicher Haustypen, Sanierungszustände und Akteure ergibt sich allerdings ein differenzierteres Bild. Grundsätzlich gilt, dass der Wirtschaftlichkeitsvorteil dezentraler Wärmesysteme immer dann besonders stark zum Tragen kommt, wenn es sich um noch nicht teilsanierte Gebäude handelt. Auch nehmen die Wirtschaftlichkeitsvorteile dezentraler Wärmesysteme gegenüber zentralen Wärmenetzen mit der Größe der Gebäude tendenziell ab.

Tabelle 47: Ergebniszusammenfassung Bestandsgebäude

	Energetische Ergebnisse							Finanzwirtschaftliche Ergebnisse			
Hausvarianten Bestand	Ersparter Endenergieverbrauch in kWh/a pro qm	in %	Ersparter Primärenergieverbrauch in kWh/a pro qm	in %	Ersparte CO2 Emission in kg/a pro qm	in %		Projekt: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren pro qm	Vermieter: Barwert der Investition pro qm	Mieter: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren pro qm	Selbstnutzer: Barwert der Investition pro qm
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	57,81	32,4%	68,02	34,3%	17,43	34,6%		41,41	8,69	- 33,22	42,15
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	48,87	27,4%	195,99	98,7%	55,34	98,6%		- 53,13	21,02	4,13	- 49,87
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil	48,87	27,4%	106,37	53,6%	35,11	62,6%		- 53,13	21,02	4,13	- 49,87
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	38,23	30,2%	48,75	34,3%	20,62	45,2%		- 9,80	- 2,52	0,89	- 3,55
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	21,41	17,0%	138,79	98,2%	39,24	98,1%		- 68,99	10,37	4,31	- 65,73
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil	21,41	17,0%	66,55	47,1%	22,93	57,3%		- 68,99	10,37	4,31	- 65,73
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	39,81	27,0%	44,97	27,8%	10,97	27,7%		39,65	1,83	- 34,51	36,39
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	30,22	20,5%	161,67	99,1%	45,58	99,0%		- 55,00	7,04	2,94	- 54,25
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil	30,22	20,5%	80,09	49,1%	27,16	59,0%		- 55,00	7,04	2,94	- 54,25
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	29,52	25,4%	36,03	28,0%	14,09	38,0%		18,16	- 1,23	- 0,60	16,83
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	17,23	14,8%	127,02	98,9%	35,81	96,8%		- 55,66	4,07	2,81	- 54,96
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil	17,23	14,8%	58,38	45,5%	20,32	55,0%		- 55,66	4,07	2,81	- 54,96
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	36,05	25,5%	42,12	27,0%	10,22	27,3%		38,83	1,92	- 33,62	35,56
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	31,73	22,4%	154,81	98,2%	43,63	99,1%		- 45,56	5,30	2,39	- 45,04
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil	31,73	22,4%	78,55	50,2%	26,42	60,0%		- 45,56	5,30	2,39	- 45,04
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	24,08	21,4%	30,51	24,8%	12,71	36,7%		21,00	- 0,74	- 0,79	19,26
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	16,58	14,8%	122,84	99,0%	34,62	98,9%		- 52,00	3,06	2,56	- 51,50
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil	16,58	14,8%	56,32	45,4%	19,61	56,0%		- 52,00	3,06	2,56	- 51,50

Die Ergebnisse zeigen eindrucksvoll, dass im Fall vermieteter Gebäude die wirtschaftlichen Ergebnisse der Akteursgruppen stark auseinanderfallen. Während Vermieter in jedem der hier untersuchten

Fälle durch Wärmenetze eher profitieren und sich ihre Renditen der Ersatzinvestition des Wärmesystems durch den Anschluss an ein Wärmenetz gegenüber dezentralen Lösungen in vielen Fällen erhöhen, werden die Mieter durch den Anschluss an ein Wärmenetz spürbar stärker zur Kasse gebeten als dies bei einer dezentralen Sanierungsvariante der Fall wäre. Die Selbstnutzer tragen im Falle des Anschlusses an ein Wärmenetz ausnahmslos und teils erhebliche Mehrkosten der zentralen Systeme gegenüber dezentralen Sanierungsvarianten. Während die dezentralen Sanierungsvarianten positive Barwerte erbringen, weisen die Investitionen in den Anschluss an ein Wärmenetz deutlich negative Barwerte auf.

Die energetischen Ergebnisse der Erneuerung der Wärmesysteme zeigen ein anderes Bild. Legt man die Zielgröße Endenergie zugrunde, so sorgen die dezentralen Wärmesysteme für eine höhere Energieersparnis. Gemessen an den Zielgrößen Primärenergie und CO_2 hingegen, führt der Anschluss an ein Wärmenetz zu höheren Einsparungen.

Extraportion Klimaschutz durch Wärmenetze muss teuer erkauft werden

Resümiert man energetische und ökonomische Ergebnisse, so ist festzuhalten, dass vor dem Hintergrund der Energie- und der CO_2-Reduktionsziele eine höhere Ersparnis der Wärmenetze gegenüber dezentralen Lösungen auch deutlich teurer erkauft werden muss. Die Zeche dafür teilen sich die immobilienwirtschaftlichen Akteure. Im Falle von Einfamilienhäusern lassen sich aus Sicht der Vermieter durch den Einbau von Brennwertkesseln oder den Anschluss an ein Wärmesystem gerade noch über den Renditeerwartungen kapitalgeleiteter Investoren (> 5 %) liegende Verzinsungen nur im Fall der unsanierten Gebäude - und dies auch nur so gerade eben - erzielen. Bei teilsanierten Gebäuden ist bestenfalls eine für den Kapitalerhalt (> 3 %) ausreichende Rendite möglich. Dieser Fall ist aber nur durch den Anschluss an ein Wärmenetz realisierbar. In diesem Fall haben die Mieter entsprechend höhere Wärmekosten zu tragen. Gleiches gilt für die Mehrfamilienhäuser. Auch hier erzielen die Vermieter nur im Falle des Anschlusses an ein Wärmenetz die Renditeanforderungen kapitalgeleiteter Investoren (> 5 %). Im Falle dezentraler Erneuerungen der Wärmesysteme sind bestenfalls Renditen möglich, die für den Kapitalerhalt ausreichen (> 3 %) und dies ausnahmslos nur in Fällen unsanierter Gebäude.

Selbstnutzer können dezentrale Heizungssysteme zumeist wirtschaftlich erneuern

Aus Selbstnutzersicht reicht der wirtschaftliche Nutzen aus der Wärmekostenersparnis in den allermeisten Fällen der dezentralen Erneuerung der Wärmesysteme aus, um Renditen > 5 % zu erzielen. Insbesondere im Falle nicht teilsanierter Objekte sind die so erzielbaren Renditen zumeist zweistellig. Ganz anders hingegen gestaltet sich das Bild beim Anschluss an ein Wärmenetz. Hier sind in keinem Fall positive Barwerte und damit Renditen > 0 % erzielbar.

Summa summarum bleibt festzuhalten, dass aus Sicht der Eigentümer vermieteten Wohnraums der Anschluss an ein Wärmenetz die wirtschaftlich effiziente Lösung der Erneuerung des Wärmesystems ist, die zumeist auch zu auskömmlichen Renditen führt, wenn die Investitionskosten in vollem Umfang auf die Mieter umgelegt werden können. Die deutlichen Mehrkosten gegenüber dezentralen Wärmesystemen tragen dann die Mieter. Selbstnutzer erzielen durch die dezentrale Sanierung des Wärmesystems deutlich bessere finanzwirtschaftliche Ergebnisse als durch den Anschluss an ein Wärmenetz.

Dezentrale Heizungserneuerung mit geringeren Grenzkosten der Energieeinsparung gegenüber Wärmenetzen

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Primärenergie/CO_2-Ersparnis in den Wärmesystemen absolut gesehen höher ist, die auch die höheren Kosten verursachen. Aus volkswirtschaftlicher und auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht bleibt noch die Frage der Relationen zwischen energetischer Verbesserung und der dafür eingesetzten Kosten offen. Oder anders ausgedrückt: welche Erneuerungsvariante verursacht die geringsten Grenzkosten der energetischen Verbesserung? Aus der Projektsicht ist in jedem Fall, gleichgültig ob der Maßstab End-, Primärenergie oder CO_2 Reduktion lautet, die dezentrale Erneuerung des Wärmesystems im Vorteil gegenüber Netzlösungen (siehe Tabelle 48).

Tabelle 48: Wirtschaftlichkeit der Energieeinsparung aus Sicht der Akteure – Überblick

	Kosten pro kWh/a Endenergie						Kosten pro kWh/a Primärenergie						Kosten pro kg/a CO2				
Hausvarianten Bestand	Ersparter Endenergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a		Ersparter Primärergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a		Ersparter CO2 Ausstoß in kg/a	Barwert Projekt pro ersparten kg/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kg/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kg/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparten kg/a
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	9.727	0,70	0,13	-0,58	0,72		11.445	0,72	0,15	- 0,57	0,72		2.933	3,06	0,62	-2,42	3,05
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	8.222	- 1,09	0,43	1,57	-1,02		32.978	-0,27	0,11	0,39	-0,25		9.311	-0,96	0,38	1,38	-0,90
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	5.946	4,11	1,64	-2,29	3,81		7.715	0,03	-0,01	- 0,14	0,14		3.469	-0,31	-0,05	-0,00	0,00
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	3.602	- 3,48	0,57	4,07	-3,31		23.353	-0,50	0,07	0,58	-0,47		6.602	-1,76	0,26	2,06	-1,68
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	42.103	0,99	0,04	-0,87	0,91		47.552	0,93	0,05	- 0,80	0,85		11.598	3,97	0,20	-3,44	3,64
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	31.959	- 1,82	0,23	2,08	-1,80		170.969	-0,34	0,04	0,39	-0,34		48.199	-1,21	1,38	0,15	-1,19
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	30.263	0,27	-0,23	-0,47	0,25		37.155	0,69	-0,01	- 0,65	0,64		14.898	1,59	-1,50	-0,05	1,46
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	18.225	- 3,23	0,24	3,49	-3,19		134.325	-0,44	0,03	0,47	-0,43		37.871	-1,55	1,68	0,11	-1,53
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	76.252	- 4,66	0,04	-0,91	0,95		89.092	0,98	0,05	- 0,84	0,89		21.625	4,21	0,23	-3,62	3,85
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	67.110	- 7,00	0,17	1,62	-1,42		327.432	-0,29	0,03	0,33	-0,29		92.286	-1,04	0,12	1,18	-1,03
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	50.921	- 6,99	-0,14	-0,68	0,54		64.539	0,81	-0,01	- 0,75	0,74		26.892	1,89	-0,03	-1,75	1,73
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	35.065	- 11,64	0,18	3,34	-3,11		259.812	-0,42	0,02	0,45	-0,42		73.232	-1,50	0,09	1,60	-1,49

Selbstnutzer und Mieter sitzen im gleichen Boot

Die Ergebnisse fördern auch interessante Erkenntnisse zur Lastenverteilung zutage. Die Selbstnutzer und die Mieter können mit jeder ersparter Einheit Energie/CO_2 in allen untersuchten Fällen gleichzeitig wirtschaftliche Vorteile realisieren (Barwert der Wärmekosten der Mieter < 0 bzw. Barwert der Investition der Selbstnutzer > 0). In allen Fällen einer Erneuerung des Wärmesystems in Form des Anschlusses an ein Wärmenetz jedoch zahlen Selbstnutzer und Mieter mit jeder ersparten Einheit Energie/CO_2 drauf (Barwert der Wärmekosten der Mieter > 0 bzw. Barwert der Investition der Selbstnutzer < 0).

Eigentümer: volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Interessen teils im Konflikt

Aus Sicht der Eigentümer zeigen die hier untersuchten Fälle unterschiedliche Ergebnisse. Im Falle von teilsanierten Häusern hingegen ist ausnahmslos der Anschluss an ein Wärmenetz effizienter. Gleiches gilt im Regelfall dann, wenn die energetische Zielgröße die Endenergie ist. Bei unsanierten Häusern ist die Ersparnis von Primärenergie/CO_2 hingegen regelmäßig effizienter zu erreichen durch eine dezentrale Erneuerung des Wärmesystems.[96]

Die bisherigen Ergebnisse zeigen an dieser Stelle ein Dilemma: Aus betriebswirtschaftlicher Sicht erreichen die Vermieter in den Investitionsfällen des Wärmenetzanschlusses gegenüber der dezentralen Sanierung die höheren Renditen. Zudem liegen die Ergebnisse in jedem Fall oberhalb ihrer Zielrenditen (> 5 %). Betriebswirtschaftlich ungünstigere dezentrale Erneuerungsinvestitionen würden aber volkswirtschaftlich im Falle unsanierter Objekte die effizientere Lösung zur Einsparung von Primärenergie/CO_2 darstellen.

Im Falle des Neubaus sind grundsätzlich dezentrale Lösungen finanzwirtschaftlich dem Anschluss an Wärmenetze überlegen. Sobald jedoch die Ziele der Energie/CO_2-Ersparnis über das mittels Brennwerttechnologie und solarer Trinkwassererwärmung erzielbare hinausgehen soll, sind sowohl Primärenergie als auch CO_2 am effizientesten über eine regenerativ erzeugte Fernwärme bereit zu stellen (siehe Abschnitt 5.4.4).

---

[96] Die Gründe für diese Unterschiede sind vielschichtig. Zum einen sind die hier ausgewerteten Ergebnisse zu den dezentralen Heizungserneuerungen gewichtete Mittelwerte zu den unterschiedlich häufig vorkommenden Wärmeerzeugungstechnologien. In unsanierten Häusern sind z.B. Brennwertkessel der Standard, bei teilsanierten Objekten sind diese regelmäßig ergänzt um solare Systeme mit ihren Wirkungen auf Energieverbrauch und Kostenstrukturen. Zum anderen sind die vom Eigentümer zu tragenden Betriebskosten der Systeme unterschiedlich.

6 Volkswirtschaftliche Bewertung netzgebundener und dezentraler Wärmekonzepte im Vergleich

Verfasser: Andreas Pfnür

6.1 Auswirkungen der Untersuchungsergebnisse auf unterschiedliche Versorgungsgebiete

6.1.1 Hochrechnung nach Versorgungsgebieten

Aus einer gesamtwirtschaftlichen Sicht ist der Wirtschaftlichkeitsvergleich von Wärmenetzen und einer dezentralen Wärmeversorgung nur unter Berücksichtigung unterschiedlicher Siedlungsstrukturen und den daraus entstehenden Versorgungsgebieten möglich. Derzeit ist herrschende Meinung, dass unter optimalen Bedingungen für den Einsatz von Wärmenetzen in Metropolregionen mit hohen Anschlussdichten und gleichzeitig Gebäuden mit hohem Wärmebedarf eine netzgebundene Wärmeversorgung Vorteile gegenüber Haus gebundenen Wärmeversorgungssystemen aufweist. Wie die Ausführungen im Kapitel 4 gezeigt haben, variieren die Netzgebiete in Deutschland in Bezug auf diese Faktoren allerdings sehr. Nachfolgend werden die im Kapitel 4 erzielten Berechnungsergebnisse deshalb auf die jeweiligen Versorgungsgebiete hochgerechnet.

Dazu werden die Anteile der jeweiligen Hausvarianten getrennt nach Gebäudezustand (Neubau, teilsanierter Altbau und unsanierter Altbau) sowie nach Beheizungssystemen pro Versorgungsgebiet herangezogen (entsprechend Abschnitt 4.2.3.2).

Energieverbrauch der Gebäude unterscheidet sich nach Versorgungsgebieten

In der Tabelle 49 werden die durchschnittlichen Energiebedarfe und CO_2 Emissionen pro qm sowie der Barwert der Wärmeversorgungskosten nach Versorgungsgebieten pro Quadratmeter ausgewiesen. Dabei wurde unterstellt, dass alle Häuser entweder ein neues dezentrales Wärmeversorgungssystem besitzen oder an ein Fernwärmenetz mit Kraftwärmekopplung angeschlossen werden, das entweder regenerativ oder fossil betrieben wird.

Tabelle 49: Barwert der Wärmekosten pro m² in Euro nach Versorgungsgebieten (Neubau)

	Endenergieverbrauch in kWh/a pro qm	Primärenergiever-brauch in kWh/a pro qm	CO2-Emissionen in kg/a pro qm	Barwert Wärmekosten pro qm
Versorgungsgebiet Dorf und Stadtrandgebiete				
Durchschnitt, dezentral erneuerte Wärmesysteme	106,24	114,82	28,18	-279,91
Durchschnitt Fernwärme KWK, regenerativ	119,81	2,42	0,75	-332,56
Durchschnitt Fernwärme KWK, fossil	119,81	85,34	19,47	-332,56
Versorgungsgebiet Bebauung mittlere Dichte				
Durchschnitt, dezentral erneuerte Wärmesysteme	101,74	109,97	26,55	-217,92
Durchschnitt Fernwärme KWK, regenerativ	113,44	1,84	0,57	-274,97
Durchschnitt Fernwärme KWK, fossil	113,44	80,53	18,33	-274,97
Versorgungsgebiet dichte und sehr dichte Bebauung				
Durchschnitt, dezentral erneuerte Wärmesysteme	97,85	105,73	25,14	-169,62
Durchschnitt Fernwärme KWK, regenerativ	107,90	1,40	0,43	-229,68
Durchschnitt Fernwärme KWK, fossil	107,90	76,38	17,36	-229,68

Die Ergebnisse bestätigen die Kosten- und endenergetischen Nachteile der Fernwärme auch in der durchschnittlichen Betrachtung der Versorgungsgebiete gegenüber dezentral erneuerten Heizungssystemen ebenso wie die absoluten Vorteile der Fernwärme in Bezug auf Primärenergieverbräuche und CO_2-Emissionen. Für die weitere Analyse der Wirtschaftlichkeit in unterschiedlichen Versorgungsgebieten ist eine nach Neubau und Bestand differenzierte Betrachtung notwendig.

Für den Neubau gelten dabei die im Abschnitt 5.4.4 dargestellten Ergebnisse. Die Barwerte der Wärmekosten sind dabei für alle Haustypen in dezentralen Versorgungssystemen niedriger als in zentralen Systemen.

Bestandsgebäude mit größerem Einsparpotenzial als Neubau

Relevanter als der Neubau ist die vertiefende Analyse der Ergebnisse im Bereich des Gebäudebestands. 90 % der Objekte in allen Versorgungsbereichen sind Bestandsgebäude, die zudem in schlechterem energetischem Zustand sind und entsprechend mehr Energie verbrauchen.

Tabelle 50: Wirtschaftlichkeit der Wärmesystemerneuerung nach Versorgungsgebieten

	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a		Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a		Barwert Projekt pro erspartem kg/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kg/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kg/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro erspartem kg/a
Versorgungsgebiet Dorf/Stadtrand														
Durchschnitt, dezentral erwärmt	0,08	- 0,06	- 0,22	0,17		0,58	0,11	- 0,48	0,60		2,34	0,44	- 1,90	2,39
Durchschnitt Fernwärme KWK, regenerativ	- 1,58	0,44	2,07	- 1,50		- 0,32	0,10	0,43	- 0,31		- 1,14	0,39	1,49	- 1,08
Durchschnitt Fernwärme KWK, fossil	- 1,58	0,44	2,07	- 1,50		- 0,62	0,20	0,83	- 0,59		- 1,86	0,63	2,40	- 1,76
Versorgungsgebiet Bebauung mittlere Dichte														
Durchschnitt, dezentral erwärmt	- 0,72	- 0,04	- 0,55	0,52		0,76	0,02	- 0,66	0,73		3,03	0,18	- 2,47	2,89
Durchschnitt Fernwärme KWK, regenerativ	- 3,10	0,32	2,20	- 1,79		- 0,34	0,10	0,41	- 0,33		- 1,21	0,71	0,99	- 1,17
Durchschnitt Fernwärme KWK, fossil	- 3,10	0,32	2,20	- 1,79		- 0,68	0,20	0,82	- 0,66		- 2,01	1,20	1,62	- 1,95
Versorgungsgebiet dichte und sehr dichte Bebauung														
Durchschnitt, dezentral erwärmt	- 1,89	- 0,02	- 0,80	0,79		0,90	- 0,03	- 0,79	0,83		3,55	0,00	- 2,93	3,26
Durchschnitt Fernwärme KWK, regenerativ	- 4,80	0,22	2,24	- 1,97		- 0,35	0,09	0,39	- 0,34		- 1,23	0,82	0,70	- 1,22
Durchschnitt Fernwärme KWK, fossil	- 4,80	0,22	2,24	- 1,97		- 0,71	0,19	0,80	- 0,70		- 2,09	1,40	1,18	- 2,06

Die Ergebnisse der Tabelle 50 zeigen, dass gemessen am Barwert der Erneuerungsinvestition in allen Versorgungsgebieten die dezentrale Erneuerung der Wärmesysteme gegenüber der netzgebundenen Lösung wirtschaftliche Vorteile bietet. Der Vergleich der Versorgungsgebiete zeigt, dass die politische Zielsetzung der Einsparung von Primärenergie mit zunehmender Dichte und damit einhergehend mit zunehmender Gebäudegröße wirtschaftlicher wird. Während die finanzwirtschaftliche effiziente (in der Tabelle jeweils grün unterlegt) dezentrale Erneuerung der Wärmesysteme im Fall des Versorgungsgebiets Dorf/Stadtrand zu einem Barwert von 58 Cent pro ersparter kWh/a führt, sind im Falle mitteldichter Bebauung 76 Cent und im Falle dichter Bebauung 90 Cent zu erzielen. Unterstellt man, dass die gesamtwirtschaftlichen Interessen genau auf diese Zielgröße des Barwerts von energetischen Sanierungsprojekten pro ersparter Einheit Primärenergie ausgerichtet sind, so lässt sich aus diesen Ergebnissen schlussfolgern, dass die Politik ihre Prioritäten im Rahmen des Förderns und Forderns zunächst in Ballungsgebieten setzen sollte. Dafür würde auch sprechen, dass hier die Wohnungsmärkte am ehesten in der Lage sind, die 11 % Sanierungskostenumlage aufzunehmen und damit die Eigentümer vermieteten Wohnraums eher wirtschaftliche Anreize der Sanierung haben als in entspannten ländlichen Wohnungsmärkten.

In ländlichen Regionen ist dezentrale Heizungssanierung für Selbstnutzer regelmäßig wirtschaftlich

Um die hoch gesteckten Energieziele für den Gebäudebestand umzusetzen, müssen die Potenziale in allen Versorgungsgebieten gehoben werden. Die ländlichen Regionen sind geprägt von Selbstnutzern.[97] Diese erzielen zwar im effizienten Fall der dezentralen Sanierung einen niedrigeren Barwert ihrer Investition in Höhe von durchschnittlich 60 Cent pro ersparter kWh/a Primärenergie als in mitteldichten (73 Cent) und dichten städtischen Regionen (83 Cent), aber der Wert ist zumindest positiv. Im Falle des Anschlusses an Wärmenetze ist dies nicht der Fall. Hier entstehen für die Selbstnutzer mit jeder weniger verbrauchten kWh/a Primärenergie zusätzliche Kosten in Höhe von mindestens 31 Cent beim Anschluss an ein Netz, in dem die Energie mittels regenerativem KWK System erzeugt wird. Ob für die Selbstnutzer und Eigentümer der vermieteten Einfamilienhäuser im ländlichen Raum eine aus gesamtwirtschaftlicher Sicht vorteilhafte dezentrale Erneuerung der Wärmeerzeugung auch betriebswirtschaftlich effizient ist, ist eine Frage des Einzelfalls. Die Ergebnisse des Abschnitts 5.3 zeigen, dass bei unsanierten Gebäuden dezentrale Sanierungsvarianten den Selbstnutzern Renditen zwischen 6 und 13 % erbringen können. Die höchsten Renditen entstehen sowohl bei Öl- als auch bei Gas als Brennstoff durch den Einbau eines Brennwertkessels. Sobald solare Komponenten hinzukommen, verschlechtert sich die Wirtschaftlichkeit, bleibt aber beispielsweise im Fall der Ergänzung

[97] Gemäß den Angaben des letzten Zensus von 2010 sind 88,2 % der Einfamilienhäuser und 59,1 % der Zweifamilienhäuser, die hier aus Vereinfachungsgründen ebenfalls unter die EFH subsummiert wurden, selbstgenutzt.

durch eine solare Trinkwassererwärmung und Heizunterstützung mit 6 % noch deutlich über den Verzinsungsanforderungen von 3 % dieses in der Regel auf Kapitalerhalt bedachten Investorenkreises.

Auch im vermieteten Wohnraum auf dem Land ist dezentrale Heizungserneuerung wirtschaftlich möglich

Die Eigentümer vermieteten Wohnraums erzielen durch die Investition in ein neues dezentrales Wärmesystem deutlich geringere Renditen, die im Falle eines Brennwertkessels bei knapp über 5 % liegen. Im Fall des zusätzlichen Einbaus einer solaren Trinkwassererwärmung ohne Heizunterstützung sind knapp über 3 % erzielbar. Unterstellt man, dass es sich in diesem Eigentümerkreis um Kleinvermieter handelt, die ihre Investition nicht an Kapitalmarktmaßstäben ausrichten, sondern ebenfalls an Kapitalerhalt interessiert sind, so zeigt sich, dass auch hier Heizungserneuerungen wirtschaftlich möglich sind. Für die Mieter sind durch diese Investitionen zudem Heizkostenvorteile auch dann noch realisierbar, wenn die Vermieter – wie hier unterstellt – 11 % der Investitionskosten auf die Mieter umlegen.

Die Quintessenz der Ergebnisse zeigt, dass in allen Versorgungsgebieten die primärenergetisch sparsamsten Varianten, insbesondere auch die Wärmenetze mit Kraftwärmekopplungsanlagen und Einsatz regenerativer Energie, zu unwirtschaftlichen Lösungen führen. Das gilt zumindest aus gesamtwirtschaftlicher Sicht des Sanierungsprojekts sowie aus Sicht von Mietern und Selbstnutzern.

6.1.2 Einfluss von Versorgungsdichte auf Netzverluste und Wirtschaftlichkeit

Bislang wurde gemäß der Annahmen im Kapitel 4.1 unterstellt, dass die Netzverluste 13 % und die Anteile der Netzkosten an den Wärmepreisen der Fernwärme 20 % betragen. Unterscheidet man die Versorgungsgebiete nach Dichte, dann werden vermutlich Unterschiede in Bezug auf diese beiden Eingangsgrößen entstehen. Hohe Versorgungsdichten in den Metropolregionen dürften für Wärmenetze bessere Bedingungen schaffen, in denen die Netzverluste geringer ausfallen und die Anteile der Netzkosten an den Wärmepreisen geringer werden. Umgekehrt ist zu erwarten, dass in ländlichen Regionen die Versorgungsdichten geringer werden und damit vermutlich auch die anteiligen Netzkosten am Wärmepreis steigen.

Bisherige Annahmen zu Netzverlusten und anteiligen Netzkosten im Wärmepreis für ländlichen Raum eher optimistisch

Nimmt man beispielsweise an, dass die Netzverluste von 13 % auf 25 % ansteigen, dann verschlechtern sich entsprechend die energetischen Kennwerte und die finanzwirtschaftliche Ergebnisse der Wärmeerzeugung.

Die folgende Tabelle 51 zeigt die Auswirkungen höherer Netzverluste auf den Primärenergiebedarf und den Barwert der Wärmekosten am Beispiel des unsanierten Einfamilienhauses.

Tabelle 51: Parametervariation 25 % Netzverluste bei Fernwärme KWK regenerativ (unsaniertes EFH)

		Barwert (DCF) Wärmekosten nach 20 Jahren		Barwert Projekt pro ersparter kWh/a Primärenergie	
	Netzverluste	13%	25%	13%	25%
Anteil Netzkosten am Mischpreis	20%	-59.866	-75.353	-0,27	-0,74
	30%		-83.874		-1,00
Dezentral Durchschnitt		-	49.558		0,72

Der Barwert der Wärmekosten erhöht sich um 26 % von 59.866 Euro auf 75.353 Euro. Die Einsparung einer kWh/a Primärenergie verteuert sich von 27 Cent auf 74 Cent. Der Abstand zum wirtschaftlichen Erfolg einer durchschnittlichen hausweisen Sanierung der Wärmeerzeugung wächst mit zunehmenden Netzverlusten deutlich an. Die hier gezeigten Kennzahlen sind Beispielhaft für die wirtschaftliche Verschlechterung der Situation insbesondere auch aus Sicht der Mieter und Selbstnutzer. Für die Vermieter verändert sich durch wachsende Netzverluste nichts.

In ländlichen Regionen erscheint es plausibel, dass mit schlechter werdender Relation des Aufwands für die Netzinfrastruktur zu den angeschlossenen Haushalten auch der Anteil der Netzkosten am Mischpreis der Fernwärme steigt. In der oben dargestellten Tabelle 51 wurde unterstellt, dass mit den Netzverlusten auch die Netzkosten von ursprünglich 20 % auf 30 % steigen. Im Ergebnis zeigen sich für das Beispiel des unsanierten Einfamilienhauses 40 % höhere Wärmekosten und 73 Cent höhere Kosten pro jährlich ersparte Kilowattstunde Primärenergie gegenüber den ursprünglichen Annahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Bisherige Annahmen zu Netzverlusten für Versorgungsgebiete mit hoher Dichte eher pessimistisch

Im urban geprägten Raum mit Wärmenetzen von hoher Anschlussdichte verringern sich hingegen tendenziell die Netzverluste gegenüber eine durchschnittlichen Betrachtungsweise. Ebenso können die Anteile der Kosten für die Netzinfrastruktur am Mischpreis tendenziell eher geringer ausfallen. In der folgenden Tabelle 52 sind die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung für ein großes Mehrfamilienhaus im unsanierten Zustand dargestellt. Dieser Gebäudetyp prägt die dichten Versorgungsgebiete und hat maßgeblichen Anteil an den entsprechenden Hochrechnungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Dabei wurden die Netzverluste mit 8 % und der Anteil der Netzkosten am Mischpreis der Fernwärme mit 10 % angenommen.

Tabelle 52: Parametervariation 8 % Netzverluste bei Fernwärme KWK regenerativ (unsaniertes G_MFH)

		Barwert (DCF) Wärmekosten nach 20 Jahren		Barwert Projekt pro ersparter kWh/a Primärenergie	
	Netzverluste	13%	8%	13%	8%
Anteil Netzkosten am Mischpreis	10%		-389.028		-0,05
	20%	-469.629	-414.073	-0,29	-0,12
Dezentral Durchschnitt		-	325.743		0,98

Im Ergebnis zeigt sich, dass der Barwert der Wärmekosten bei Netzverlusten von 8 % gegenüber der Ausgangssituation mit 13 % Netzverlusten um 11 % von 469.629 auf 414.073 abnimmt. Der Preis für die Einsparung von einer kWh/a Primärenergie nimmt von 29 Cent auf 12 Cent ab. Ermäßigt sich gleichzeitig noch der Anteil der Netzkosten von 20 % auf 10 %, so verringern sich die ursprünglichen Wärmekosten um 17 % auf 389.028 und die Kosten für die Ersparnis von einer kWh/a Primärenergie um 24 Cent auf 5 Cent. Doch auch bei diesen im Vergleich zur Realität sehr günstigen Ausgangswerten ist die hausweise Erneuerung der Wärmesysteme wirtschaftlich deutlich im Vorteil. Insbesondere entstehen gegenüber dem herkömmlichen Heizungssystem keine zusätzlichen Kosten für die Hauswärme, sondern deutliche Einsparungen, was in einem positiven Barwert pro ersparter kWh/a Primärenergie zum Ausdruck kommt. Auch hier gibt es gleichgerichtete Ergebnisse für Mieter und Selbstnutzer, die im Falle der hier untersuchten Verbesserung der Eingangsdaten zwar Wärmekosten gegenüber der Ausgangsvariante der Wärmenetze sparen, aber nicht so viel, dass die Wirtschaftlichkeit der dezentralen Erneuerung der Wärmesysteme wirtschaftlich zu schlagen wäre. Aus Sicht der Eigentümer vermieteten Wohnraums haben diese Variationen keinen Einfluss.

6.2 Vergleichende gesamtwirtschaftliche Bewertung zentraler und dezentraler Wärmesysteme

6.2.1 Hochrechnung gesamtwirtschaftlicher Auswirkungen der Musterrechnungen

Hochrechnung der ökonomischen Analyse der Musterfälle auf die Volkswirtschaft setzt politischen Handlungsrahmen

Die volkswirtschaftliche Bewertung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen im Kapitel 5 erfordert die Hochrechnung der Ergebnisse zu den Mustergebäuden auf den gesamten Gebäudebestand. Dazu sind bereits im Abschnitt 4.2.3 die Annahmen dargestellt worden. Demzufolge befinden sich von den 39.407.726 Wohnungen 47 % in Einfamilienhäuser, 42 % in mittelgroße Mehrfamilienhäuser und 11 % in großen Mehrfamilienhäusern. Alle drei Haustypen werden ebenfalls den Ausführungen in Abschnitt 4.2.3 folgend in drei unterschiedliche Sanierungszustände unterteilt. Multipliziert man die An-

zahl der Wohneinheiten mit den durchschnittlichen Wohnungsgrößen,[98] so ergeben sich die in der folgenden Tabelle 53 dargestellten relativen und absoluten Anteile der von uns untersuchten Varianten am deutschen Gebäudebestand.[99]

Tabelle 53: Anteile der Musterfälle am gesamten Gebäudebestand

Gebäudezustand	unsaniert		teilsaniert		Neubau		Summen in qm
Hausvarianten	in qm	in %	in qm	in %	in qm	in %	
Einfamilienhaus (EFH)	1.337.490.560	42%	382.140.160	12%	191.070.080	6%	1.910.700.800
Mittelgroßes Mehrfamilienhaus (M_MFH)	757.177.400	24%	216.336.400	7%	108.168.200	3%	1.081.682.000
Großes Mehrfamilienhaus (G_MFH)	160.584.060	5%	45.881.160	1%	22.940.580	1%	229.405.800
Summen	2.255.252.020	70%	644.357.720	20%	322.178.860	10%	3.221.788.600

Relationen von gesamtwirtschaftlichen Wärmekosten und Energieverbrauchen sprechen im Neubau für die Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen in der Energieeinsparung

Betrachtet man den Neubau separat, so ergeben sich für die Wärmekosten gemessen als Barwert der nächsten 20 Jahre sowie den Primärenergiebedarf gemessen in kWh/a die folgenden in Tabelle 54 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 54: Gesamtwirtschaftliche Wärmekosten und Primärenergieverbräuche im Neubau

Hausvarianten	Einfamilienhaus (EFH)	mittelgroßes Mehrfamilienhaus (M_MFH)	Großes Mehrfamilienhaus (G_MFH)	Summen
Flächenanteile in qm	191.070.080	108.168.200	22.940.580	322.178.860
Durchschnittliches dezentrales Hauswärmesystem				
Primärenergiebedarf pro qm in kWh/a	52,68	59,92	62,43	
Primärenergiebedarf absolut in kWh/a	10.065.164.542	6.481.228.764	1.432.251.263	17.978.644.570
Barwert der Wärmekosten pro qm	- 277,66	- 171,51	- 150,23	
Barwert der Wärmekosten absolut	- 53.052.401.607	- 18.552.218.182	- 3.446.279.706	- 75.050.899.495
Wärmenetz KWK regenerativ				
Primärenergiebedarf pro qm in kWh/a	2,22	1,39	1,26	
Primärenergiebedarf absolut in kWh/a	424.748.788	149.921.125	28.905.131	603.575.044
Barwert der Wärmekosten pro qm	- 276,72	- 200,73	- 186,98	
Barwert der Wärmekosten absolut	- 52.873.557.019	- 21.712.503.038	- 4.289.534.727	- 78.875.594.784
Wärmenetz KWK fossil				
Primärenergiebedarf pro qm in kWh/a	64,83	59,01	58,36	
Primärenergiebedarf absolut in kWh/a	12.387.147.262	6.382.845.021	1.338.884.896	20.108.877.179
Barwert der Wärmekosten pro qm	- 276,72	- 200,73	- 186,98	
Barwert der Wärmekosten absolut	- 52.873.557.019	- 21.712.503.038	- 4.289.534.727	- 78.875.594.784

Summa summarum zeigt sich, dass die in Deutschland verbrauchte Hauswärme mit 75 Mrd. Euro um knapp 4 Mrd. Euro preiswerter durch die dezentrale Wärmeversorgung zur Verfügung gestellt werden kann als dies mittels Wärmenetzen (79 Mrd. Euro) der Fall wäre. Im Gegenzug ist Primärenergieverbrauch der dezentralen Wärmesysteme um 17 Mrd. kWh/a höher als dies bei mittels KWK Systemen regenerativ erzeugter Wärmebereitstellung der Fall wäre. Im Falle der Neubau Einfamilienhäuser tre-

[98] Vgl. Statistisches Bundesamt (2012).
[99] Die Werte für die Einfamilienhäuser wurden dabei für die zuvor untersuchten Fälle des großen und kleinen Einfamilienhauses gemittelt.

ten abweichende Ergebnisse auf. Hier würde die durchschnittliche dezentrale Wärmeanlagenerneuerung zu höheren Wärmekosten führen bei gleichzeitig niedrigerer Energieersparnis.

Diese Ergebnisse müssen allerdings vor dem Hintergrund relativiert werden, dass der Neubau nur 10 % der Gesamtgebäude in Deutschland beträgt. Um die nötige Anschlussdichte zu erzeugen, um ein Wärmenetz wirtschaftlich zu betreiben, wird in vielen Netzgebieten auch ein erheblicher Teil des älteren Gebäudebestands angeschlossen werden müssen.

Bestand umfasst 90 % der Flächen und ist deshalb maßgeblich für den Primärenergieverbrauch

Alle wesentlichen energetischen und finanzwirtschaftlichen Effekte von Investitionen zur Erneuerung der Hauswärme sind im Kapitel 5 bereits ausführlich dargestellt. Die nachfolgende Hochrechnung verdeutlicht die gesamtwirtschaftliche Relevanz der alternativen der Hauswärmeversorgung und verdeutlicht die ökonomische Ausgangssituation von politischen Entscheidungen, Förderkonzepten und rechtlichen Regulierungen. Das Hauptaugenmerk der Analyse liegt auf dem Vergleich von Wärmenetzen und einer dezentralen, hausweisen Erneuerung der Wärmesysteme. Dabei wird, wie bereits oben, unterstellt, dass die derzeit bei Sanierungsvorhaben technisch zum Einsatz kommenden Varianten dezentraler Wärmeerzeugung auch zukünftig in gleichem Verhältnis Verwendung finden.

Tabelle 55: Gesamtwirtschaftliche finanzielle und energetische Effekte im Bestand

Hausvarianten	Einfamilienhaus (EFH)		mittelgroßes Mehrfamilienhaus (M_MFH)		Großes Mehrfamilienhaus (G_MFH)		Summen
Zustand	unsaniert	teilsaniert	unsaniert	teilsaniert	unsaniert	teilsaniert	
Flächenanteile in qm	1.337.490.560	382.140.160	757.177.400	216.336.400	160.584.060	45.881.160	2.899.609.740
Durchschnittliches dezentrales Hauswärmesystem							
Projekt: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren absolut	55.385.484.090	- 3.744.973.568	30.018.554.586	3.928.163.411	6.235.479.050	963.504.360	92.786.211.928
Vermieter: Barwert der Investition absolut	11.618.068.721	- 964.399.280	1.388.380.858	- 265.449.890	308.751.269	- 33.742.917	12.051.608.763
Mieter: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren absolut	- 44.434.173.574	341.572.063	- 26.130.651.446	- 129.778.025	- 5.398.170.989	- 36.215.303	- 75.787.417.274
Selbstnutzer: Barwert der Investition absolut	56.372.037.122	- 1.355.991.887	27.557.363.975	3.640.499.881	5.710.544.364	883.682.408	92.808.135.863
Ersparter Primärenergieverbrauch in kWh/a absolut	90.975.545.646	18.628.824.424	34.047.622.706	7.795.552.579	6.764.367.397	1.400.047.141	159.611.959.893
Wärmenetz KWK regenerativ							
Projekt: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren absolut	- 71.060.873.453	- 26.363.849.638	- 41.641.820.746	- 12.041.332.259	- 7.316.209.774	- 2.385.820.320	-160.809.906.190
Vermieter: Barwert der Investition absolut	28.119.014.023	3.964.538.828	5.333.469.880	880.839.974	850.554.305	140.350.137	39.288.767.146
Mieter: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren absolut	5.519.334.120	1.647.499.785	2.226.699.594	608.576.120	383.446.100	117.348.097	10.502.903.817
Selbstnutzer: Barwert der Investition absolut	- 66.698.785.557	- 25.116.829.862	- 41.077.578.219	- 11.890.656.850	- 7.233.470.573	- 2.362.881.396	-154.380.202.457
Ersparter Primärenergieverbrauch in kWh/a absolut	262.138.277.987	53.036.548.526	122.414.906.485	27.479.421.664	24.860.563.966	5.636.137.695	495.565.856.322
Wärmenetz KWK fossil							
Projekt: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren absolut	- 71.060.873.453	- 26.363.849.638	- 41.641.820.746	- 12.041.332.259	- 7.316.209.774	- 2.385.820.320	-160.809.906.190
Vermieter: Barwert der Investition absolut	28.119.014.023	3.964.538.828	5.333.469.880	880.839.974	850.554.305	140.350.137	39.288.767.146
Mieter: Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren absolut	5.519.334.120	1.647.499.785	2.226.699.594	608.576.120	383.446.100	117.348.097	10.502.903.817
Selbstnutzer: Barwert der Investition absolut	- 66.698.785.557	- 25.116.829.862	- 41.077.578.219	- 11.890.656.850	- 7.233.470.573	- 2.362.881.396	-154.380.202.457
Ersparter Primärenergieverbrauch in kWh/a absolut	142.264.935.283	25.431.043.365	60.640.220.720	12.630.269.476	12.613.410.585	2.584.216.936	256.164.096.367

Die Interpretation der Ergebnisse der Hochrechnungen der Beispielfälle führt zu den folgenden Ergebnissen. Wenn der gesamte Bestand der deutschen Wohnungen mit einem neuen dezentralen Heizungssystem ausgestattet werden würde, dann würde der Barwert der Wärmekosten der nächsten 20 Jahre um circa 92 Mrd. Euro sinken. Für die Vermieter würden diese Investitionen einen Barwert von circa 12 Mrd. Euro erwirtschaften. Dennoch werden in vielen Einzelfällen die nötigen Zielrenditen von 5 % kapitalgeleiteter Investoren oder 3 % von auf Kapitalerhalt abzielender Investoren nicht erreicht. Die großen Nutznießer der Heizungserneuerung sind Mieter und Selbstnutzer. Mieter sparen durch die Erneuerungsinvestitionen 76 Mrd. Euro. Selbstnutzer sogar 93 Mrd. Euro. Die Investitionen in den Gebäudebestand würden in einer Primärenergieersparnis von 160 Mrd. kWh/a münden.

Netzgebundene Wärmeversorgung wäre um 250 Mrd. teurer als Erneuerung dezentraler Wärmesysteme

Würde anstelle der hausbezogenen Erneuerung der Wärmesysteme ein Anschluss aller Bestandsgebäude an moderne Nah- und Fernwärmenetze mit in KWK regenerativ erzeugter Wärme erfolgen, was aus technische Sicht hypothetisch wäre, so würden die finanzwirtschaftlichen Ergebnisse erheblich schlechter ausfallen. Anstelle des positiven Erfolgs der dezentralen Sanierung in Höhe von 92 Mrd. würde die Summe der Barwerte aller Wärmeinvestitionen einen negativen Wert in Höhe von 161 Mrd. Euro ergeben. Damit beträgt die gesamtwirtschaftliche Differenz der beiden Wärmesystemvarianten circa 250 Mrd. Euro. Dieser Wert dient hier lediglich der Veranschaulichung. Hier handelt es sich um den Barwert aus 20 Jahren Wärmekosten nach Erneuerung des Wärmesystems. Die Annuität dieses Betrags als Ausdruck der jährlichen Differenz der Wärmekosten zwischen zentralen und dezentralen Lösungen beträgt 15 Mrd. Euro. Im Abschnitt 2.3 wurden die Wärmekosten der Deutschen pro Jahr mit 43 Mrd. Euro angegeben. Damit wäre eine Versorgung der Haushalte über Wärmenetze um rund ein Drittel teurer als die dezentrale Erneuerung der Heizungsanlagen.

Praktisch ist der Hausbestand in Deutschland nicht zur Gänze auf KWK regenerativ erzeugte Wärme in Wärmenetzen umstellbar. Realistischer wäre ein Mischungsverhältnis der Wärmeerzeugung, in dem auch die fossilen Wärmeerzeuger in KWK-Anlagen eine wichtige Rolle spielen. Unterstellt, dass alle Nicht-Neubauten an ein solches System angeschlossen würden, würde die Primärenergieeinsparung 256 Mrd. kWh/a betragen.

Für die Eigentümer vermieteten Wohnraums entsteht bei der Wärmeversorgung durch Netzanschluss ein mehr als dreimal so hoher Barwert wie bei der dezentralen Sanierung in Höhe von 39 Mrd. Euro. Wie oben dargestellt, übertreffen die Mehrzahl dieser Investitionen die geforderten Zielrenditen, sodass positive Anreize der Umsetzung bestehen. Für Mieter und Selbstnutzer würde die Heizungserneuerung zu erheblichen finanziellen Belastungen führen. Mieter müssten circa 11 Mrd. Euro an Mehrkosten aufbringen. Gegenüber der hausweisen Erneuerung der Wärmeanlagen, die einen Vorteil in Höhe von 76 Mrd. Euro erbringen würde, entstünde damit ein Nachteil der Netzgebundenen Wär-

meversorgung in Höhe von 87 Mrd. Euro. Am schlechtesten würden die Selbstnutzer bei einer Netzgebundenen Sanierung des Wärmesystems aller Bestandsgebäude abschneiden. Sie würden durch ihre Investitionen einen Barwert Verlust in Höhe von 154 Mrd. Euro realisieren. Damit wäre ihr Erfolg um 247 Mrd. Euro schlechter als im Falle einer hausweisen Sanierung der Heizungssysteme. Die durchgängig netzgebundene Wärmeversorgung mittels moderner regenerativer KWK Anlagen wäre in der Lage, den Primärenergieverbrauch der deutschen Bestandsgebäude um 496 Mrd. kWh/a zu verringern. Diese Größe ist hypothetisch, da technisch derzeit und mit hoher Wahrscheinlichkeit auch in Zukunft nicht realisierbar. Der energetische Erfolg ist damit mehr als dreimal so hoch wie im Falle der dezentralen Sanierung der Wärmesysteme.

Einsparung von 1 kWh/a Primärenergie im Gebäudebestand durch dezentralen Wärmesystemerneuerung durchschnittlich um 90 Cent wirtschaftlicher als bei Anschluss an Wärmenetze

Da die Energieeinsparpotenziale der unterschiedlichen Wärmesysteme ebenso auseinanderfallen, wie die finanziellen Erfolge, sind beide Größen in eine Relation zu setzen. Die Ersparnis einer kWh/a Primärenergie geht bei einer durchgängig dezentralen Erneuerung der Hauswärmesysteme im Bestand mit einem Barwert Erfolg in Höhe von 58 Cent einher. Dementgegen würde die netzgebundene Erneuerung der Heizungsanlagen pro eingesparter kWh/a Barwert Kosten in Höhe von 32 Cent verursachen. In der Summe kostet die Ersparnis einer kWh/a Primärenergie in Netz gebundenen Wärmesystemen 90 Cent mehr als bei dezentraler Sanierung der Hauswärmesysteme.

6.2.2 Volkswirtschaftliche Effekte zentraler und dezentraler Wärmesysteminvestitionen im Vergleich

Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Wärmemarkts im Allgemeinen und der energetischen Gebäudesanierung[100] im Besonderen ist in Studien hinreichend untersucht worden. Die wichtigsten Ergebnisse der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Wärmewirtschaft sind in einer Synopse im Anhang 6.1 zusammengestellt. Aus Sicht dieser Studie erscheinen die folgenden Aspekte von besonderer Bedeutung.

Auflösung des Sanierungsstaus gibt Impulse für die Beschäftigung in Industrie und Handwerk

Die deutsche Heizungsindustrie und das Sanitär-, Heizungs- und Klimahandwerk sind eine wichtige Säule der deutschen Wirtschaft mit einem Umsatz von 30 Mrd. Euro pro Jahr und circa 500.000 Beschäftigten. Davon waren 359.000 Beschäftigte im Handwerk, 100.100 in der Industrie und 44.500 im Großhandel tätig. Insbesondere innerhalb des Handwerks umfasst diese Gruppe 9 % der deutschen Handwerkswirtschaft (siehe Anhang 6.1). Während die Erneuerung dezentraler Wärmesysteme vor

[100] Vgl. z.B. prognos (2013).

allem diesen Wirtschaftssektoren zugute kommt, würde eine weitere Ausdehnung von Wärmenetzen vor allem für Beschäftigung in der Energiewirtschaft, die diesen Sektor bislang dominiert, sorgen.

Dezentrale Heizungserneuerung belebt regionale Wirtschaft

Mit der dezentralen Erneuerung der Hauswärmesysteme durch das Handwerk einher geht unmittelbar die Stärkung der regionalen Wirtschaft. Dies betrifft insbesondere auch die Dienstleistungen im Betrieb der Systeme. Anstatt vieler kleiner, hausweiser Wärmeerzeuger sind Wärmenetze durch zentrale großvolumige Wärmeerzeugungsstrukturen gekennzeichnet, deren Planung, Errichtung und Betrieb vergleichsweise weniger durch das lokale Handwerk als druch größere Unternehmen der Energiewirtschaft ausgeführt werden. Schließlich leben auch die 7.500 Schornsteinfegerbetriebe mit 20.000 Beschäftigten von Dienstleistungen an dezentralen Wärmesystemen.

6.3 Politikansätze im Spannungsfeld zwischen dezentraler Wärmesystemerneuerung und Wärmenetzen

6.3.1 Status quo öffentlicher Förderung von Nah- und Fernwärme

Der Ausbau der Fernwärme wird in Deutschland umfangreich mit öffentlichen Mitteln gefördert. Eine öffentlich zugängliche zentrale Übersicht über den Umfang der Förderung gibt es derzeit nicht. Auch sind die Zuordnungen von Förderprogrammen zu Fernwärmekonzepten nicht immer eindeutig, sodass ein exakter Betrag, mit dem die Fernwärme in Deutschland gefördert wird, und eine Verteilung der Förderung auf unterschiedliche Netzkonzeptionen oder Versorgungsgebiete nicht ermittelbar sind. Erste Anhaltspunkte für Höhe und Struktur der Förderung geben folgende Ausführungen.

Netzinfrastruktur Nah- und Fernwärme

Direkt gefördert wird die Fernwärme zunächst über die Bezuschussung der Netzinfrastruktur. Das Marktanreizprogramm der KfW vergibt über das Programm „Erneuerbare Energien Premium“ Tilgungszuschüsse oder Zinsverbilligung. Gefördert wird im KfW-Programm Erneuerbare Energien "Premium“ mit der Programmnummer 271/281 unter anderem die Errichtung und die Erweiterung eines Wärmenetzes inkl. der Hausübergabestationen. Siehe unten. Das gesamte Programm hat gem. Kfw Förderreport (2016) einen finanziellen Umfang in Höhe von 137 Mio. Euro, die allerdings nicht nur für die Förderung von Fernwärme verwendet wurden, sondern auch für große Solarkollektoranlagen, thermische und KWK Biomasseanlagen große Wärmespeicher, Biogasleitungen und große effiziente Wärmepumpen. Das einzelne Projekt kann mit maximal 10 Mio. Euro gefördert werden.

Anschlüsse und Übergabestationen

Im Rahmen des Anreizprogramms Energieeffizienz (APEE) als Teil des Marktanreizprogramms MAP werden Hausübergabestationen mit 1.800 Euro je Übergabestation gefördert. Die Förderung erfolgt nur bei Bestandsobjekten und nur in Fällen, in denen kein Anschlusszwang besteht. Zur Unterstützung

privater Haushalte beim Anschluss an Fernwärmenetze gibt es darüber hinaus zahlreiche regionale Programme von Versorgern, Kommunen und anderen Institutionen.

Förderung der Fernwärme im Bereiche Wärme- und Stromerzeugung

Schließlich steht Fernwärmeanbietern die Beantragung von Fördermitteln im Bereich der Wärme- und Stromerzeugung offen. Nach dem Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz - KWKG), welches in seiner letzten Fassung am 01.01.16 in Kraft getreten ist, haben Betreiber von KWK Anlagen unter bestimmten Rahmenbedingungen Anspruch auf umfangreiche Förderung. So können sie Zuschüsse auf den je Kilowattstunde erzeugten Strom sowie zusätzlich Investitionszuschüsse für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen und für den Neubau von Wärmespeichern beantragen. Die Abwicklung erfolgt über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). In seiner neueste Fassung enthält das KWKG folgende wichtige Regelungen: Investitionszuschüsse werden bei Anlagen bis zu einer Größe von 20 kW gezahlt. Der max. Zuschlagsbetrag je Projekt ist auf 20 Mio. Euro angehoben worden. Die Versorgung der Abnehmenden, die an das neue oder ausgebaute Wärmenetz angeschlossen sind, muss mind. zu 60 % aus KWK-Wärme erfolgen. Investitionen in die Modernisierung einer KWK-Anlage sind ab einer Investition von 25 Prozent im Vergleich zu einer entsprechenden neuen Anlage zuschlagsfähig. Die Nachrüstung von Anlagen der ungekoppelten Strom- oder Wärmeerzeugung zu KWK-Anlagen über 2 MW ist ab einer Investitionsquote von 10 Prozent zuschlagsfähig. Gefördert werden bei größeren Anlagen 30 % der anrechenbaren Investitionskosten. Bei kleineren Anlagen mit einem Nenndurchmesser der Rohre von unter 100 Millimetern (DN 100) beträgt der Zuschuss 100 Euro je Trassenmeter, jedoch maximal 40 % der Investitionskosten.

Die Förderung der KWK Stromerzeugung funktioniert über eine Vergütungsregel, nach der die Betreiber entweder 5,41 Cent / kWh für 10 Jahre erhalten oder eine einmalige Zahlung für 30.000 Vollbenutzungsstunden.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Förderung der Stromerzeugung nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) beispielsweise aus Biomasse, Solar, Geothermie oder Windenergie. Hier wird es im Falle von Kraft-Wärme-Kopplung allerdings sehr schwierig, die Förderung auf den Strom und den Wärmebereich zuzurechnen.

Weitere Förderung von Nahwärmenetzen im Rahmen des MAP

Alternativ werden die Errichtung von Anlagen zur Gewinnung von Wärme aus erneuerbaren Energien (auch zur Einspeisung in Fernwärmenetze) sowie die Investitionen in die Errichtung von Nahwärmenetzen im Rahmen des Marktanreizprogramms (MAP) gefördert. Im Rahmen des MAP erfolgt die Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Auf diesem Weg wird der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen, die überwiegend aus erneuerbaren Energien (auch KWK- Anlagen) gespeist

werden, inklusive der Errichtung der Hausübergabestationen gefördert. Für das Wärmenetz muss im Mittel über das gesamte Netz ein Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Jahr und Meter Trasse nachgewiesen werden. Nahwärmenetze erhalten einen Tilgungszuschuss in Höhe von bis zu 60 Euro je errichteten Meter Trassenlänge bis zu einem Höchstbetrag von 1 Mio. Euro. Eine Kombination der Förderung mit KWKG-Förderung ist nicht möglich. Wärmenetze, die nach dem (KWKG) gefördert werden können, werden nicht im Rahmen des MAP gefördert.

Fernwärme im EEWärmeG als Ersatzmaßnahme für Erneuerbare qualifiziert

Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere Programme von Ländern, Kommunen und regionalen Energieversorgern, die insbesondere im Zuge von energetischen Sanierungsinvestitionen den Neuanschluss an Fernwärmenetze zum Gegenstand haben.[101] Auch erkennt das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) von 2008 Investitionen in Kraft-Wärme-Kopplung unter bestimmten Voraussetzungen als Ersatzmaßnahme auf Seiten der Abnehmer an. Kern des EEWärmeG ist die Regelung, dass der Wärmebedarf von neu errichteten Gebäuden zu mindestens 50 % aus erneuerbaren Energien zu decken ist.

Fernwärme wird in D mit circa 250 Mio. Euro p.a. aus Bundesmitteln gefördert

Wie oben dargestellt wird die Erzeugung, Aufbereitung und Verteilung der Fernwärme in Deutschland aus sehr unterschiedlichen Töpfen gefördert. Die Ermittlung des jährlichen Fördervolumens wird dadurch erschwert, dass die jeweiligen Förderprogramme zumeist nicht nur Nah- und Fernwärmenetze fördern, sondern auch andere Investitionen beispielsweise in Anlagen der Energiespeicherung oder der regenerativen Energien. Nach überschlägigen Abschätzungen der BAFA werden aus Programmen des KWKG in Höhe von circa 150 Mio. Euro voraussichtlich in den nächsten Jahren circa 130 Mio. Euro in die Förderung der Fernwärme fließen.[102] Die zweite große Förderinstitution des Bundes ist die KFW, die, wie oben dargestellt, vor allem für die Förderung erneuerbarer Energien zuständig ist. Aus dem Programm Erneuerbare Energien Premium sind im Jahr 2015 137 Mio. Euro an Krediten gewährt worden. Förderschwerpunkte dieses Programms sind neben Wärmenetzen auch große Biogasanlagen.[103] Davon entfallen 79 Mio. an Darlehenszusagen auf die Förderung von 995 Maßnahmen im Bereich der Wärmenetze.[104] Schließlich profitieren Wärmenetze im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung von der Förderung der Energieerzeugung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Der Umfang dieser mittelbaren Förderung der Wärmeerzeugung über Umlagen und KFW-Förderung der Wärmeer-

---

[101] Vgl. zu einer Übersicht über mögliche Förderprogramme die Internetseite http://www.co2online.de/foerdermittel/liste/umstellung_fernwaerme/ Abruf v. 27.06.16.

[102] In der Vergangenheit ist das vorgesehene Volumen nicht ausgeschöpft worden. Das Fördervolumen bei zugelassenen Anlagen beträgt gemäß Angaben auf der Website der BAFA circa 100 Mio. p.a. Vgl. BAFA(2016).

[103] Vgl. Geschäftsbericht der kfw für das Jahr 2015.

[104] Vgl. KfW Förderreport (2015), S. 165.

zeugung lässt sich verursachungsgerecht nicht eindeutig zurechnen und monetär beziffern. Vereinfachend wird nachfolgend davon ausgegangen, dass der Transferbetrag der Förderung der Wärmenetze aus dem Erneuerbare-Energien-Bereich 80 Mio. Euro umfasst.

Fasst man das bislang Gesagte zusammen, so summiert sich die öffentliche Förderung der Nah- und Fernwärme aus den unterschiedlichen Töpfen des Bundes überschlägig auf 210 Mio. Euro pro Jahr. Hinzu kommt die Förderung aus den Töpfen der Länder, Städte und sonstiger Stakeholder wie vor allem Netzbetreiber und Energieversorgungsunternehmen. Hier kann die Summe aller Förderungen aus den kleinteiligen Programmen nur geschätzt werden. Angenommen, diese beliefe sich auf 40 Mio. Euro, so summiert sich die Förderung der Fernwärme insgesamt auf rund 250 Mio. Euro pro Jahr.

6.3.2 Implikationen für den Einsatz von Fördermitteln in netzgebundenen Wärmeversorgungskonzepten durch die öffentliche Hand

Die Förderung von Wärmenetzen aus den Programmen der Kraft-Wärme-Kopplung und der regenerativen Energien fördert die höchstmögliche Effizienz im Bereich der Wärmeerzeugung. Dies ist politisch so seit längerem gewollt.

Förderung von Wärmenetzen verfolgt nicht das primäre Ziel der Fördereffizienz

Angesichts der hier dargestellten Ergebnisse, sind aber zumindest Zweifel angebracht, ob dieser Förderansatz zu effizienten Ergebnissen führt. Zum einen wurde oben im Kapitel 4 dargestellt, dass die Vorteile der Wärmenetze zu einem signifikanten Anteil in den nächsten Jahren mit sich ändernden Koeffizienten für Primärenergie und CO_2 infolge der Zunahme regenerativer Energien abnehmen werden. Zum anderen zeigen die im Kapitel 5 dargestellten Ergebnisse, dass die größten Effizienzsteigerungspotenziale im Bereich der Hauswärmeerzeugung im deutschen Wohnungsbestand durch die Auflösung des Sanierungsstaus in dezentralen Anlagen zu erreichen wäre. Insofern ist die aktuelle Förderstrategie nicht darauf angelegt, aus jedem Euro Steuergeld die höchstmögliche Energieeinsparung herauszuholen und uns so der Erreichung der Klimaschutzziele von EU und Bundesregierung bestmöglich anzunähern. Angesichts des derzeitigen Rückstands in der Sanierung des Gebäudebestands gegenüber den ursprünglichen Zielen, erscheint eine kritische Reflektion dieser Förderstrategie vor dem Hintergrund der hier gezeigten Ergebnisse und der Möglichkeiten des Umsteuerns zweckmäßig.

Strategieansätze zur Erzielung von Fördereffizienz notwendig zur Auflösung des Sanierungsstaus

Eine entsprechende Umsteuerung würde ein Umdenken in den Strategieansätzen der vorrangigen Verwendung von Fördermitteln zur maximal wirksamen energetischen Gebäudesanierung bedeuten. Da die Förderung von besonders energieeffizienten Maßnahmen sowie technischen Innovationen im Bereich regenerativer Energien und deren Diffusion ohne Zweifel bedeutsam für die deutsche Indust-

rie im Besonderen und das Gelingen der Energiewende im Allgemeinen ist, sollten beide Strategieansätze nebeneinander verfolgt werden.

Neben die Förderung von Spitzentechnologie in Pilotanlagen und Leuchtturmprojekten müsste dann die Fördereffizienz im Sinne der höchstmöglichen Energieeinsparung pro Euro treten. Ist die Primärenergieeinsparung der Maßstab der Strategie, so sind die Ergebnisse der Tabelle 48 für die Wirtschaftlichkeit der Energieeinsparungen durch unterschiedliche Haus-Wärmesystem-Varianten nach dem Barwert der Investitionsprojekte für eine Einheit Primärenergieersparnis in absteigender Reihenfolge zu sortieren. In der Tabelle 56 sind die Ergebnisse zu Endenergie- und CO_2-Einsparungen der besseren Übersichtlichkeit halber weggelassen. Die Reihenfolge für Primärenergie und CO_2 ist allerdings identisch. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in jeder Konstellation der hausweisen Wärmeversorgung positive Barwerte und in jedem Fall der Fernwärmeversorgung negative Barwerte entstehen. Aus Selbstnutzer und auch aus Mietersicht sind die Reihenfolgen, abgesehen von zwei recht geringen Abweichung auf Mieterseite, identisch.

Tabelle 56: Reihenfolge der Fördereffizienz gemessen an Primärenergieeinsparungen

Hausvarianten Bestand	Ranking	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a in €	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a in €	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a in €	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a in €
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	1	0,98	0,05	-0,84	0,89
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	2	0,93	0,05	-0,80	0,85
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	3	0,81	-0,01	-0,75	0,74
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	4	0,72	0,15	-0,57	0,72
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	5	0,69	-0,01	-0,65	0,64
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	6	0,03	-0,01	-0,14	0,14
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-0,27	0,11	0,39	-0,25
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-0,29	0,03	0,33	-0,29
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-0,34	0,04	0,39	-0,34
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-0,42	0,02	0,45	-0,42
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-0,44	0,03	0,47	-0,43
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-0,50	0,07	0,58	-0,47

Trotz Wirtschaftlichkeit wird Wärmesystemerneuerung oftmals nicht umgesetzt

Ist es also das Ziel, die Primärenergieersparnis im Gebäudebestand im Gleichschritt mit der Wirtschaftlichkeit der Hauswärme zu entwickeln und damit die Marktkräfte zur Sanierung der Wärmesysteme bestmöglich zu nutzen, dann lassen sich aus den in der Tabelle 56 dargestellten Ergebnissen folgende Schlüsse ziehen:

1. Je größer das Haus, desto positiver ist die Wirtschaftlichkeit der Energieeinsparungen.
2. Je schlechter der energetische Zustand des Hauses, desto positiver ist die Wirtschaftlichkeit der Energieeinsparungen.
3. Die Energieeinsparung durch dezentrale, hausweise Erneuerung der Wärmesysteme ist finanzwirtschaftlich deutlich effizienter als der Ausbau von regenerativen Fernwärmenetzen.

Sucht man nach den Möglichkeiten, die Marktkräfte bei einer Fördersystematik, die auf geringstmögliche gesamtwirtschaftliche Kosten der Wärmesystemerneuerung setzt, zu nutzen, dann lohnt neben der Betrachtung der Kostenperspektive der Nutzer auch ein Blick auf die Situation der Eigentümer, da diese die Investitionsmaßnahmen zu initiieren und finanziell zu verantworten haben. Für die Selbstnutzer zeigt die Tabelle 39 in jedem Fall Möglichkeiten, durch die hausweise Erneuerung des Wärmesystems deutlich über den ökonomischen Anforderungen liegende Renditen zu erzielen. Dieses positive Ergebnis ist ganz wesentlich den aktuell sehr niedrigen Zinsen geschuldet. Wie die Sensitivitätsanalyse der Ergebnisse im Abschnitt 5.3.5.1 zeigt, würde bereits ein Anstieg der Kapitalmarktzinsen für Bauinvestitionen auf 5 % dafür sorgen, dass Eigentümer und Selbstnutzer nur noch in wenigen Fällen positive finanzwirtschaftliche Investitionserfolge erzielen.

Gleiches gilt für unsanierte Einfamilienhäuser und mit den Einschränkungen, das hier nur ein Kapitalerhalt, allerdings keine kapitalmarktfähige Rendite realisierbar ist, für unsanierte Mehrfamilienhäuser. Angesichts der Tatsache, dass auch ein großer Anteil der Mehrfamilienhäuser im Eigentum nicht kapitalmarktgeleiter Eigentümer ist, ist vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sehr fragwürdig, warum die in großer Zahl wirtschaftlich möglichen Heizungserneuerung bislang nicht durchgeführt worden sind. Sicherlich ist zu bedenken, dass in den hier angestellten Berechnungen mit Musterfällen gearbeitet wurde. In der Realität mag ein gewisser Anteil an Häusern schlechtere Voraussetzungen bieten. Allerdings gibt es auch in großer Zahl Häuser, die bessere - als die oben unterstellten - Voraussetzungen aufweisen. Hier könnten folgende wichtige Probleme die Sanierung verhindern:

1. Informationsdefizite der Eigentümer
2. Umsetzungsschwierigkeiten unerfahrener oder überforderter Eigentümer im Sanierungsprozess
3. Im Falle vermieteten Wohnraums: Probleme im Verhältnis zwischen Mieter und Vermieter
4. Mangelnde Finanzierungsfähigkeit oder -willigkeit

Die Probleme 1.-3. lassen sich am ehesten durch eine Offensive in der Beratung und Begleitung der Hauseigentümer verringern. Diese Notwendigkeit hat auch die Bundesregierung erkannt und bereits umfangreiche Maßnahmen der Förderung von Energieberatung und Umsetzungsbegleitung ergriffen. Dabei sollten die bisherigen Anstrengungen in der Beratung deutlich intensiviert werden und insbesondere auch Rücksicht auf ältere und in der Umsetzung von Bauprojekten unerfahrene Hauseigentümer genommen werden. Empfehlenswert ist hier vor allem die Ausweitung der Begleitungsprogramme, die nicht nur Beratung sondern auch Hilfestellungen in der technischen, kaufmännischen und rechtlichen Umsetzung bieten.

Ineffiziente Anreizsysteme im vermieteten Wohnraum

Neben den reinen Durchführungsproblemen bestehen einzelwirtschaftlich andere Anreizstrukturen. So ist eine Reihe an gesamtwirtschaftlich effizient realisierbaren, hausweisen Erneuerungen von Heizungen aus betriebswirtschaftlicher Sicht der Akteure nicht wirtschaftlich. Wie die Tabelle 37 und der Anhang 5.5 zeigt, betrifft dies vor allem die teilsanierten Mietshäuser. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 57 noch einmal reduziert dargestellt.

Tabelle 57: Wirtschaftlichkeit der Wärmesystemerneuerung von ausgewählten teilsanierten Mietshäusern aus Sicht der Akteure

		Vermietersicht	Mietersicht
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	VoFi Eigenkapitalrendite	Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren
EFH teilsaniert,Öl-BW	9%	1,08%	-92
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	neg EW	2.611
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	3%	neg EW	1.745
EFH teilsaniert,Gas-BW	26%	2,07%	-4.369
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	27%	neg EW	-2.759
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	12%	neg EW	-4.662
EFH teilsaniert,L/W-EWP	4%	neg EW	15.367
EFH teilsaniert,S/W-EWP	3%	2,68%	22.985
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		3,79%	18.310
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		3,79%	18.310
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		3,79%	18.310
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	18%	0,2%	-20.573
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	7%	neg EW	-24.529
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	neg EW	-31.709
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	46%	0,7%	-33.169
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	18%	neg EW	-42.207
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	neg EW	-52.445
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	3%	neg EW	53.259
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	1%	2,5%	94.687
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		5,7%	85.787
M_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		5,7%	85.787
M_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		5,7%	85.787
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	20%	neg EW	-45.948
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3%	neg EW	-50.905
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	62%	0,4%	-64.483
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	11%	neg EW	-75.162
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		5,9%	157.953
G_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		5,9%	157.953
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		5,9%	157.953

Um Sanierungen wirtschaftlich zu gestalten, müssten die Veränderungen der Barwerte der Wärmekosten gegenüber dem Status quo > 0 und die Eigenkapitalrendite der Hauseigentümer über ihrer Zielrendite von 3 % bzw. 5 % im Fall kapitalgeleiteter Investoren liegen. Annahmegemäß sei zunächst unterstellt, dass eine Zielrendite von 3 % ausreicht, um den Investor zum Handeln zu bewegen. Dies ist insbesondere bei Genossenschaften, Kleinvermietern oder öffentlichen Wohnungsunternehmen wahrscheinlich.

Bei den Gas- und Ölvarianten zeigt sich prinzipiell das typische Investor – Nutzer Dilemma. Immer dann, wenn die Wärmekostenersparnis bei den Mietern besonders hoch ausfällt, wie durch den Einbau einer Solaranlage, ist die Wirtschaftlichkeit aus Eigentümersicht entsprechend schlechter.

Starre Umlageanteile der Investitionskosten tragen zum Sanierungsstau bei

Um auf einfache Art zu berechnen, wie groß der gegenwärtige Fehlbetrag der Wirtschaftlichkeit ist, wird im Folgenden zunächst mittels einer Zielwertsuche der jährliche Umlagesatz der jährlichen Investitionskosten berechnet, der aus Mietersicht einen Barwert der Maßnahme von 0 erzeugt. Für Mieter entspricht dieses Vorgehen der Kostenneutralität der Wärmesystemerneuerung. Für die teilsanierten Mehrfamilienhäuser zeigt sich, dass die Umlage unter dieser Prämisse und im hier untersuchten Modellfall weit höher sein kann als die rechtlich zulässigen 11 %. Das Investor – Nutzer Dilemma schlägt voll durch (siehe Tabelle 58).

Tabelle 58: Umverteilungspotenziale des Erfolgs zwischen Mietern und Vermietern (MFH teilsaniert, Beispiel Öl)

	Barwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	Umlageanteil in Mietverhältnissen p.a.	EK-Rendite Eigentümer
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	0,00	23%	10,3%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	0,00	19%	8,2%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	0,00	20%	8,5%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	0,00	28%	12.1%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	0,00	22%	9,6%

Es zeigt sich, dass die Umlageanteile in Mietverhältnissen in diesen konkreten Fällen zwischen 19 % und 28 % der anrechenbaren Investitionskosten liegen könnten, ohne dass dies zu einer Schlechterstellung der wirtschaftlichen Situation der Mieter führt. Die Vermieter würden in diesen Fällen Renditen in Höhen von 8,2 % bis 12,1 % erzielen. Strukturell dieselben Ergebnisse entstehen bei der Analyse von Gasheizungen.

Die politische Diskussion um den Umlageanteil ist in der Vergangenheit schon sehr lange und intensiv diskutiert worden. Es ist nicht das Ziel dieser Analyse, eine konkrete Handlungsempfehlung für den

weiteren Diskurs anzubieten. Die hier erzielten Ergebnisse dienen vielmehr der Veranschaulichung und als argumentative Ergänzung der weiteren Diskussion um den Umlagesatz.

In der Praxis wären in den hier gezeigten Fällen auf dem Weg zu einer Pareto optimalen Lösung, in der Vermieter und Mieter sich beide besser stellen, vermutlich Verhandlungslösungen sinnvoll, in denen die Parteien sich den Erfolg der Investition teilen.

Die hier untersuchten Fallbeispiele machen unmissverständlich deutlich, dass starre prozentuale Umlageanteile in Mietverhältnisse, gleichgültig ob diese 11 % betragen oder einen anderen Wert annehmen, mitverantwortlich für den derzeitigen Sanierungsstau sind. Es ist zu prüfen, ob hier nicht nur in den gezeigten Beispielen flexiblere Lösungen zu einer deutlich beschleunigten Erneuerung veralteter Heizsysteme führen könnten.

Gezielter Einsatz von Zuschüssen hebt weitere Effizienzsteigerungspotenziale

Für teilsanierte Einfamilienhäuser reicht die Veränderung des Umlageanteils aus den wirtschaftlichen Spielräumen des Erfolgs auf Mieterseite nicht aus. In einem weiteren Schritt wird deshalb der Fehlbetrag ermittelt, der die Rendite der Vermieter auf 3 % ansteigen ließe. Dieser Betrag könnte als notwendiges zusätzliches Fördervolumen interpretiert werden, um allen Parteien durch die Sanierung zumindest keinen wirtschaftlichen Nachteil entstehen zu lassen. Wie oben deutlich wurde, ist mit dem positiven wirtschaftlichen Erfolg der Maßnahme noch nicht sichergestellt, dass es auch zur Umsetzung kommt. Dies sei nachfolgend zum Zweck der Veranschaulichung allerdings unterstellt.

Die folgende Tabelle 59 zeigt am Beispiel der Ölheizungsvarianten welcher Förderbetrag notwendig wäre, wirtschaftliche Strukturen für alle Beteiligten herzustellen. Die Erneuerung des Wärmesystems eines teilsanierten Einfamilienhauses in Öl-Brennwertausführung würde eines Zuschusses, zusätzlich zur bisherigen Förderung, in Höhe von 770 Euro zu Beginn der Inbetriebnahme in der Periode 1 der Heizungserneuerung erfordern. Die dadurch erzielbare Primärenergieeinsparung würde in dem hier untersuchten Fall 5.188,8 kWh/a betragen.

Tabelle 59: Notwendige Bezuschussung unwirtschaftlicher Wärmesystemerneuerungen am Beispiel teilsanierter mit Öl beheizter Gebäude

	Umlageanteil in Mietverhältnissen p.a.	Bezuschussung des Eigentümers in t1	Erreichte Einsparung an Primärenergie in kWh/a	Mit 250 Mio. durchführbare Investitionsmaßnahmen	Erzielbares Einsparvolumen in kWh/a
EFH teilsaniert,Öl-BW	11,00%	770	5.189	3.244.675	1.684.690.843
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	9,17%	4.210	7.468	59.382	443.458.312
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	9,88%	3.995	9.341	62.578	584.561.136

Die hier für Öl als Energieträger gezeigten Beispiele gelten strukturell auch für Gas. Bei den durchgeführten Berechnungen handelt es sich um Prinzipdarstellungen anhand von Musterfällen, die danach ausgewählt wurden, möglichst repräsentativ für den deutschen Gebäudebestand zu sein.

Grundsätzlich führt jede Heizungserneuerung zu sozialen Netzeffekten. Je mehr Nachbarn in der Straße ihre Heizung erneuert haben, umso stärker wächst der Druck auf die verbleibenden Hauseigentümer.

6.3.3 Strategieansätze für eine auf Investitions- und Fördereffizienz gerichtete Sanierungspolitik

Die in dieser Studie angestellten Beispielrechnungen beinhalten zahlreiche Implikationen für die auf eine stärker an der Effizienz von Investitionen und deren Förderung ausgerichtete Politik der energetischen Gebäudesanierung. Dabei galt das Interesse ausschließlich der Erneuerung der Wärmesysteme. Eine Analyse der Wechselwirkungen mit anderen Sanierungsmaßnahmen wurde nicht vorgenommen. Sie bleibt nachfolgenden Studien vorbehalten. Aus den in diesem Abschnitt erzielten Ergebnissen lässt sich zusammenfassend Folgendes festhalten.

1. Verfolgt man das Ziel der wirtschaftlichen Effizienz von Investitionen in Wärmesystemerneuerungen, dann sind dezentrale, hausweise Erneuerungen von Wärmesystemen dem Anschluss von Häusern an Wärmenetze überlegen. Das gilt insbesondere auch, wenn die Bezugsgröße die Ersparnis einer kWh/a Primärenergie oder eines kg/a CO_2 ist. Vor diesem Hintergrund leisten die umfangreichen öffentlichen Förderungen von Wärmenetzen keinen Beitrag zur Auflösung des bestehenden Sanierungsstaus bei alten Heizungsanlagen. Die öffentliche Förderung verfolgt andere Ziele. Diese sind in ihrer Wirksamkeit zu überdenken und zumindest zu ergänzen.
2. Zahlreiche Erneuerungen von Heizungssystemen, insbesondere bei unsanierten Gebäuden sind für Selbstnutzer, Vermieter und Mieter in Zeiten des Niedrigzinsniveaus wirtschaftlich realisierbar. Es gibt derzeit bis zum Wiederanstieg der Kapitalmarktzinsen ein „Window of Opportunity“, das genutzt werden sollte. Die Bundesregierung hat dies bereits erkannt und eine Offensive gestartet, die die wahrgenommene Attraktivität der Wärmesystemerneuerung steigern und Umsetzungsprobleme aus dem Weg räumen soll. Dieser Kurs erscheint richtig aber noch ausbaufähig. Die Akteure benötigen dringend weitere aktive Hilfestellungen durch fachliche Beratung und Begleitung in der Umsetzung durch die öffentliche Hand. Effizienter sind Fördergelder wohl nicht einsetzbar als zu diesem Zweck.
3. In vielen Fällen, hier gezeigt an Berechnungsbeispielen für teilsanierte Mehrfamilienhäuser, verhindert das Investor-Nutzer-Dilemma die Erneuerungen von Hauswärmesystemen. Das Problem ist in diesen Fällen zurückzuführen auf die starre rechtliche Regelung, nach der Hauseigentümer maximal 11 % der anrechenbaren Kosten der Heizungserneuerung pro Jahr auf die Mieter umlegen dürfen. In den oben gezeigten Fällen reichen diese 11 % nicht aus, um den Vermietern die notwendigen Zielrenditen zu verschaffen. Folglich bleiben Investitionen aus. Bei höheren Umlagesätzen würden allerdings die Mieter noch immer geringe Wärmekosten zahlen und die Eigentümer könnten die geforderten Zielrenditen realisieren. Es ist deshalb zum Wohle von Mietern und

Vermietern zu prüfen, diese sehr pauschale rechtliche Regelung nach unterschiedlichen Fällen zu differenzieren.

4. Schließlich verbleiben Fälle, hier gezeigt am Beispiel vermieteter teilsanierter Einfamilienhäuser, in denen die Wirtschaftlichkeit für Mieter und Vermieter in toto nicht gegeben ist. Sucht man den Umlagesatz der Investitionskosten, bei dem die Heizungserneuerung für die Mieter kostenneutral endet (Barwert der Wärmekostenveränderung zwischen Situationen vor und nach der Sanierung = 0), dann verteilt man die Lasten zunächst in Gänze auf die Eigentümer. Ermittelt man dann im nächsten Schritt den notwendigen Zuschuss, damit die Eigentümer ihre Zielrendite realisieren, errechnet sich der wirtschaftliche Fehlbetrag des Projekts. Unterstellt man, dass eine Summe in Höhe von 250 Mio. Euro, die der Förderung von Wärmenetzen entspricht, jährlich aus öffentlichen Mitteln bereit gestellt werden würde, um diese Fehlbeträge auszugleichen, dann ließen sich beispielsweise in knapp 325 Tausend Häusern die vorhandenen Ölheizungen durch ein Brennwertsystem ersetzen. Dabei könnte der Primärenergieverbrauch jährlich um 1,7 Mrd. kWh/a gesenkt werden.

7 Zentrale Ergebnisse

Verfasser: Bert Oschatz, Andreas Pfnür, Bernadetta Winiewska

Nachfolgend werden die zentralen Ergebnisse der vorliegenden Studie zusammengefasst.

1. Bei der umweltpolitischen Bewertung von Nah- und Fernwärmesystemen sind die benötigte Primärenergie sowie die Emission von CO_2 von zentraler Bedeutung. Wenn die Wärme in Heizwerken mit fossilen Energieträgern erzeugt wird, dann ergeben sich in allen untersuchten Fällen höhere Primärenergieverbräuche und CO_2-Emissionen als bei der dezentralen Versorgung. Werden Abwärme aus Industrieprozessen oder regenerativ betriebene KWK-Anlagen zur Versorgung des Wärmenetzes genutzt, ergeben sich zum Teil umgekehrte Verhältnisse und damit eine positive Umweltbilanz durch den Anschluss von Hauswärmesystemen an Wärmenetze. Die Ergebnisse zeigen, dass eine pauschale Bewertung von Nah- und Fernwärme nicht sinnvoll ist und der jeweilige Anwendungsfall genau betrachtet werden muss, um korrekte Aussagen zur Umweltbilanz zu machen. Dabei zeigen sich Grenzen für einen ökologisch sinnvollen Ausbau der Wärmenetze.

➔ Kap. 3, insb. 3.2 & 3.3

2. Durch steigende Effizienz der Gebäude zum Beispiel im Zuge einer wirksameren Gebäudedämmung werden die Wärmeverbräuche der Häuser zukünftig geringer. Dies führt zu geringeren „Leistungsdichten“ im Fernwärmenetz, der relative Anteil der Wärmeverluste steigt im Verhältnis zur benötigten Nutzwärme. Damit verschlechtern sich die Randbedingungen für Wärmenetze.

➔ Kap. 4, insb. 4.4

3. Eine ökologisch vorteilhafte Bewertung von Nah- und Fernwärmeversorgungssystemen ergibt sich bei niedrigen Primärenergiefaktoren. Bei KWK-Anlagen ist dabei die Allokation der eingesetzten Brennstoffprimärenergie auf die Koppelprodukte Strom und Wärme maßgeblich. Aktuell erfolgt dies mittels der Stromgutschrift, die sich aus dem „verdrängten“ Strom aus Kohlekraftwerken ergibt. Eine verbesserte Effizienz der konventionellen Stromerzeugung und wachsende erneuerbare Anteile führen dazu, dass der Verdrängungsstrommix immer „grüner“ wird. Gutschriften durch die KWK-Stromerzeugung werden damit perspektivisch kleiner, Vorteile in der Umweltbilanz werden bei KWK-Anlagen zunehmend geringer.

➔ Kap. 4, insb. 4.3

4. Eine Sanierung mit dezentralen Heizungssystemen bietet in allen untersuchten Gebäudevarianten und Versorgungsgebieten wirtschaftliche Vorteile gegenüber einer Sanierung mit zentralen, wärmenetzgebundenen Versorgungssystemen. Je größer die durch die Heizung einzusparende Energiemenge ist, desto größer wird ceteris paribus der Vorteil moderner und effizienter dezentraler Wärmesysteme gegenüber den zentralen Wärmenetzen.

➔ Kap. 5, insb. 5.3

5. Die Differenz im wirtschaftlichen Erfolg der Erneuerung des Wärmesystems zwischen zentralen Wärmenetzen und dezentralen Wärmesystemen ist bei unsanierten und teilsanierten Bestandsgebäuden deutlich größer als im Neubau. Allerdings ist auch im Neubau eine dezentrale Wärmeversorgung wirtschaftlich gegenüber dem Anschluss an ein Wärmenetz im Vorteil.

➔ Kap. 5, insb. 5.3

6. Aus neutraler, gesamtwirtschaftlicher Sicht führt die Umstellung von einer dezentralen Wärmeversorgung auf eine Nah- und Fernwärmeversorgung in den betrachteten Fällen zu deutlichen Preissteigerungen bei der Wärmeversorgung. Hingegen führt die dezentrale Erneuerung der Wärmesysteme in jedem der hier untersuchten repräsentativen Fälle - Einfamilienhaus, mittelgroßes und großes Mehrfamilienhaus, jeweils mit unterschiedlichen baulichen Wärmeschutzniveaus - zu einer deutlichen Reduzierung der Wärmekosten.

➔ Kap. 5, insb. 5.3.1

7. Die wirtschaftlichen Auswirkungen der Erneuerung des Wärmesystems im vermieteten Wohnraum auf die Akteure zeigen ein differenziertes Bild. Der Vermieter profitiert in der Regel durch geringere Investitionskosten, niedrigere Betriebskosten und durch einfachere Abrechnungsmodalitäten. Folglich ist das wirtschaftliche Ergebnis beim Anschluss an ein Wärmenetz für die Vermieter sowohl von Ein- als auch von Mehrfamilienhäusern deutlich vorteilhafter als bei einer gebäudeweisen Heizungssanierung. Aus Mietersicht ist es umgekehrt. Der Mieter zahlt in den untersuchten Fällen nach dem Anschluss an ein Wärmenetz höhere Wärmekosten gegenüber dem Status quo. Hingegen könnte er nach einer hausweisen Heizungssanierung erheblich sparen. Die einzelwirtschaftlichen Anreizstrukturen auf Eigentümerseite fördern somit die Attraktivität von Wärmenetzen, die gesamtwirtschaftlich deutlich höhere Kosten der Vermeidung von Energieverbräuchen aufweisen als dezentrale Heizungserneuerungen. Die Mehrkosten zahlen die Mieter.

➔ Kap. 5, insb. 5.3.2

8. Insbesondere Geringverdiener mit einem Haushaltseinkommen von unter 1.500 Euro zahlen gegenüber den gut verdienenden Haushalten mit einem Haushaltseinkommen von über 5.000 Euro in Relation zu ihrem verfügbaren Einkommen das Fünf- bis Zehnfache an Wärmekosten. Eine Entscheidung des Vermieters zu Gunsten von Wärmenetzen anstelle der dezentralen Heizungserneuerung bedeutet für diese Haushalte gravierende negative Auswirkungen auf ihre Budgets. Die hier untersuchten Fälle unsanierter Mehrfamilienhäuser zeigen beispielsweise Wärmekostenunterschiede von circa 30 - 40 Euro pro Monat. Angesichts von aktuellen Wärmekosten der Geringverdiener in Höhe von 60 - 100 Euro ist aus sozialen Aspekten heraus der Anschluss an Wärmenetze sehr kritisch zu bewerten. In vielen Fällen wird der Staat seine Transfers entsprechend erhöhen müssen.

➔ Kap. 5, insb. 5.3.2

9. Die Berechnungen der vorliegenden Studie stützen damit Ergebnisse des Kartellamts und der Verbraucherschutzzentralen, die aufgrund ihrer Marktanalysen ebenfalls zu dem Ergebnis kamen, dass die monopolistischen Marktstrukturen in der Fernwärme und die besondere wirtschaftliche Situation in Zeiten abschmelzender Energiepreise der Energie-/Wärmeversorgungsunternehmen die Fernwärme gegenüber einen dezentralen Wärmeversorgung spürbar verteuert. ➔ Kap. 5 & 2, insb. 2.6.2

10. Selbstnutzer profitieren, zumindest solange das derzeitige Niedrigzinsniveau anhält, von der dezentralen Erneuerung ihres Wärmesystems. Die Renditen dieser Investitionsmaßnahmen sind sowohl in den hier untersuchten Ein- wie auch Mehrfamilienhäusern positiv. Hingegen würde ein Anschluss an ein Wärmenetz die Wärmekosten gegenüber dem Status quo der alten Heizung deutlich in die Höhe treiben. ➔ Kap. 5, insb. 5.3.3

11. Energiepreissteigerungen haben einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die finanzwirtschaftlichen Ergebnisse der Investitionen in die Erneuerung von Wärmesystemen. Deutlich sensitiver reagiert der Investitionserfolg auf Veränderungen der Kapitalkosten und im Falle vermieteten Wohnraums der Umlagefähigkeit und -höhe der Investitionskosten. ➔ Kap. 5, insb. 5.3.5

12. Gesamtwirtschaftlich ließe sich durch die Erneuerung der Hauswärmesysteme von Bestandsgebäuden in erheblichem Umfang Primärenergie einsparen. Würden alle unsanierten und teilsanierten Gebäude mit einem neuen dezentralen Wärmesystem ausgestattet, könnten 160 Mrd. kWh Primärenergie pro Jahr eingespart werden. ➔ Kap. 5, insb. 5.4.2

13. Im Falle des fiktiven Anschlusses aller Gebäude an Wärmenetze mit einer Wärmeerzeugung aus fossiler KWK und Ansatz der momentanen KWK-Bewertung mit Verdrängungsstrommix oder Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Brennstoffen könnten noch größere Primärenergieeinsparungen erzielt werden, theoretisch sind Einsparungen bis zu 256 Mrd. kWh/a (fossile KWK) bzw. 496 Mrd. kWh/a (erneuerbare KWK) errechenbar. Ein derartiges Szenario (vollständiger Anschluss aller Gebäude an Wärmenetze) ist jedoch weder technisch noch wirtschaftlich realisierbar, da für eine netzgebundene Versorgung ungünstige Versorgungsfälle zu erschließen wären. Außerdem ergäbe sich die Notwendigkeit einer neuen und deutlich ungünstigeren Bewertung der KWK-Wärme. ➔ Kap. 5, insb. 5.4.2

14. Unter dem Aspekt der Investitionseffizienz ist das „Mehr an Energieeinsparung“, welches bei einer netzgebundenen Wärmeversorgung unter für Wärmenetze günstigen Randbedingungen erzielt werden kann, allerdings teuer bezahlt. Die Einsparung von 1 kWh/a Primärenergie im Gebäudebestand durch dezentralen Wärmesystemerneuerung wäre durchschnittlich um 90 Cent kostengünstiger zu erreichen als bei Anschluss der Häuser an Wärmenetze. ➔ Kap. 5, insb. 5.4.2

15. Die netzgebundene Wärmeversorgung aller Bestandsgebäude wäre im hier betrachteten Zeitraum von 20 Jahren um 250 Mrd. € teurer als die Erneuerung durch dezentrale Wärmesysteme. Pro Jahr betrachtet beträgt die Wärmekostendifferenz 15 Mrd. Euro und damit rund ein Drittel der Wärmekosten der Deutschen in Höhe von 43 Mrd. Euro. Die Zahlen gelten für die aktuellen Preisstrukturen der Wärmenetze, welchen in für Wärmenetzen günstigen Versorgungsgebieten gelten. Der flächendeckende Ausbau von Wärmenetzen würde zwingend auch ungünstigere Abnahmefälle umfassen, dadurch wäre mit deutlich höheren Mehrkosten gegenüber dezentralen Versorgungslösungen zu rechnen.

➔ Kap. 6, insb. 6.2.1

16. Nah- und Fernwärmesysteme erhalten staatliche Förderungen über verschiedene Kanäle, z.B. Baukostenzuschüsse für die Netzinfrastruktur, Förderung von Hausübergangsstationen oder zinsgünstige Kredite. Eine Förderung dieser Systeme erfolgt auch durch die Gewährung der EEG-Umlage, wenn durch erneuerbare Energien in KWK-Anlagen Wärme und Strom produziert werden. Dem relativ hohen Fördervolumen steht aber nur eine begrenzte absolute Energieeinsparung gegenüber. Fernwärme wird in Deutschland mit einem Betrag von 250 Mio. € pro Jahr gefördert. Würde der gleiche Betrag zur Modernisierung von dezentralen Heizungen eingesetzt, könnten bis zu 1,7 Mrd. kWh/a an Primärenergie eingespart werden.

➔ Kap. 6, insb. 6.3.3

8 Glossar

Unter **Heizwärmebedarf** wird die Wärme, die den beheizten Räumen zugeführt werden muss, um die innere Solltemperatur der beheizten Räume einzuhalten, verstanden. Der Jahres-Heizwärmebedarf ist der Heizwärmebedarf für den Zeitraum eines Jahres.

Nutzenergiebedarf beschreibt die Energiemenge, die vom Heizsystem unter normierten Bedingungen abgegeben werden muss, um den Heizwärmebedarf und den Trinkwasser-Wärmebedarf decken zu können.

Endenergiebedarf definiert die Energiemenge, die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs Q_H und des Trinkwasserwärmebedarfs Q_{TW} (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird, ermittelt an der Systemgrenze des betrachteten Gebäudes. Die zusätzliche Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten bei der Erzeugung des jeweils eingesetzten Brennstoffs (Bezug auf Hi) entsteht, wird nicht in Betracht gezogen.

Primärenergiebedarf ist die Energiemenge, die zur Deckung des Jahresheizenergiebedarfs und des Trinkwasserwärmebedarfs (Bedarf und Aufwand der Anlagentechnik) benötigt wird, unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemengen, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze „Gebäude“ bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe entstehen.

Primärenergiefaktor (f_p) zeigt, welche Menge an Primärenergie aufzuwenden ist, um eine bestimmte Endenergiemenge bereitzustellen. Der Primärenergiefaktor setzt sich aus einem erneuerbaren und einem nicht erneuerbaren Anteil zusammen. Im Sinne der EnEV-Bilanzierung wird nur der nicht erneuerbare Primärenergiefaktor berücksichtigt. Der erneuerbare Anteil von Umweltenergien wird mit 100 Prozent, also mit dem Primärenergiefaktor von 1 bewertet. Der nicht erneuerbare Anteil beträgt Null. Der erneuerbare Anteil von fossilen Energien (Heizöl, Kohle, Erdgas usw.) beträgt Null. Der nicht erneuerbare Primärenergiefaktor Anteil liegt bei 1,1. Damit wird ein Anteil in Höhe von 10 % für die Vorketten berücksichtigt.

Erneuerbare Energie wird als Energie aus Quellen, die nicht im Laufe der Existenz der Menschheit verbraucht werden, z. B. die Solarenergie, Wind-, Wasser-, Biomasseenergie.

9 Literaturverzeichnis

AGFW (2015): Hauptbericht 2014. Frankfurt a.M.

AGFW (2015): Heizkostenvergleich nach VDI 2067. Musterrechnung: 15.10.2015. Frankfurt a.M.

BAFA (2016): Kraft–Wärme–Kopplung. Hocheffiziente Technik zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme. Attraktive Zuschüsse nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz. Eschborn.

BAFA (2016): Merkblatt Wärme- und Kältenetze zur Darlegung der Zulassungsvoraussetzungen nach dem Kraft- Wärme-Kopplungsgesetz vom 21.12.2015 (KWKG-2016). Gültig für alle Zulassungsanträge, die vollständig ab dem 01.01.2016 im BAFA eingegangen sind. Eschborn

BBR (2007): Grundlagen für die Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand. Untersuchung über die bautechnische Struktur und den Ist-Zustand des Gebäudebestandes in Deutschland. BBR-Online-Publikation, Nr. 22/2007. Berlin.

BBSR (2015): Wohnungsmarktprognose 2030. BBSR-Analysen KOMPAKT 07/2015. Berlin.

BDEW (2014): Wie heizt Deutschland? BDEW-Studie zum Heizungsmarkt. Berlin.

BDEW (2015): Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren. Der Zusammenhang von Primärenergie und Endenergie in der energetischen Bewertung. Berlin.

BDH (2013): Anlagenbestand 2013: Verschenkte Potenziale im Heizungskeller. Köln, Sankt Augustin.

BFA (2015). Arbeitsmarkt in Zahlen – Beschäftigtenstatistik. Nürnberg.

BMF (2015): Entwicklung der Energie- (vormals Mineralöl-) und Stromsteuersätze in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin.

BMVBS (2012): Vergleichswerte für Verbrauch bei Wohngebäuden, Online-Publikation, Nr. 11/2012, Juni 2012.

BMWi (2015): Energiedaten – Gesamtausgabe. Berlin.

BMWi (2015): Erneuerbare Energien in Zahlen, Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2014, Berlin.

BMWi (2016): Energiedaten – Gesamtausgabe. Berlin.

BMWi NAPE (2014): Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz. Berlin.

Bundeskartellamt (2012): Sektoruntersuchung Fernwärme, Abschlussbericht gemäß § 32e GWB. Bonn.

dena (2012): Energiebedarf und verbrauch: Welche Einsparung bringt eine energetische Sanierung wirklich? Auswertungen aus dena-Modellvorhaben und der dena-Energieausweisdatenbank, IWU-Tagung, Darmstadt 31. Mai 2012

DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teile 1-11, Ausgabe Dezember 2011

DIN V 4701-10: Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen, Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, Ausgabe August 2003

Energie-Consulting (2004): Kennziffernkatalog, Neuhagen/ Berlin: GfEM Gesellschaft für Energiemanagement

Erhorn, H./Hoier, A. (2011): Energetische Gebäudesanierung in Deutschland. Teil 1: Entwicklung und energetische Bewertung alternativer Sanierungsfahrpläne.

FfE (2009a): Primärenergetische Bewertung von Fernwärme aus KWK. Im Auftrag von AGFW e.V. München.

FFE (2009b): CO_2-Verminderung in Deutschland. München

GfEM Gesellschaft für Energiemanagement (2004): Energie-Consulting: Kennziffernkatalog, Neuhagen/ Berlin.

Heinze (2008): Modernisierungsmarktstudie. Celle.

HIR (2015a): Fernwärme und Verbraucherschutz. Praxisbericht für das Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Im Auftrag der Verbraucherzentrale Hamburg. Hamburg.

HIR (2015b): Fernwärme 3.0, Strategien für eine zukunftsorientierte Fernwärmepolitik. Im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen. Hamburg

HWWI (2010): Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Raffineriesektors in Deutschland. HWWI Policy Report Nr. 14. Hamburg.

ifh (2015): Strukturanalyse SHK Handwerk. Im Auftrag des ZVSHK. Göttingen, Sankt Augustin.

ITG (2014): Literaturanalyse. Vergleich einer zentralen Wärmeversorgung von Gebäuden durch Fern-/Nahwärmenetze mit einer gebäudeweisen Wärmeversorgung. Studie im Auftrag des BDH. Dresden, Köln.

Jagnow, K. / Heimlich, A. / Wolff, D. (2009): Investitionskostenfunktionen TGA, Ergänzung I. Wolfenbüttel, Magdeburg.

Kämpf-Dern, A / Roulac, S / Pfnür, A. (2013): Real Estate Research in the Last Decade – Real Estate Perspectives as Major Cluster Attributes of a Real Estate Research Framework. American Real Estate Society, San Diego.

KfW (2015): Förderreport KfW Bankengruppe. Ohne Ort.

KfW (2016): Förderreport KfW Bankengruppe. Ohne Ort.

Lohse (2006): Die wirtschaftliche Situation deutscher Wohnungsunternehmen – eine empirische Untersuchung. In: Andreas Pfnür (Hrsg.), Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 7

McKinsey (2009): Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland. Eine Studie von McKinsey & Company, Inc., erstellt im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“. Düsseldorf, Berlin.

MVV (2015): Jahresbericht 2015 Berlin.

o.V. (2016): Verbote und Zwang schaden dem Sanierungsmarkt. In raffiniert Jg. 2016, H.1.

Pauls, NJW 1984, S. 2448, 2449; Brintzinger, in: Fischer-Dieskau-Pergande-Schwender, Wohnungsbaurecht, Band V, § 1 HeizkV Anmerkung 5, S. 8

Pehnt, M. et al., (2010): Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung, Heidelberg, Karlsruhe.

Pfnür, A. (2010): Modernes Immobilienmanagement. 3. Auflg., Berlin et al.

Pfnür, A. / Müller, N. (2013): Energetische Gebäudesanierung in Deutschland, Studie Teil II: Prognose der Kosten alternativer Sanierungsfahrpläne und Analyse der finanziellen Belastungen für Eigentümer und Mieter bis 2050. In: Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 28 . Fachgebiet Immobilienwirtschaft und Baubetriebswirtschaftslehre, Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, Technische Universität Darmstadt , Darmstadt.

Pfnür, A. / Müller, N. / Weiland, S. (2009): Klimaschutzpolitik der Bundesregierung und der Europäischen Union – Auswirkungen auf die Immobilien- und Wohnungswirtschaft. Bericht der Kommission des Deutschen Verbandes für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e.V. (Hrsg.) in Kooperation mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin.

prognos (2013): Ermittlung der Wachstumswirkungen der KfW-Programme zum Energieeffizienten Bauen und Sanieren. Studie im Auftrag der KfW. Berlin, Basel.

Prognos AG / EWI / GWS (2010): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Berlin.

Rehkugler et al (2012): Energetische Sanierung von Wohngebäuden - Wirtschaftlichkeit vs. Klimaschutz. Freiburg.

Sandrock (2015): Potenziale der Fernwärme für die Energiewende. Gefangener Kunde ? - der Fernwärmemarkt aus Verbrauchersicht. HIR Hamburg.

Schad, S. (2014): Bescheinigung über die energetische Bewertung der Fernwärme nach FW 309-1 (Stand:05/14) des Wärmenetzes Nord in Karlsruhe der Stadtwerke Karlsruhe GmbH

Schulze Darup/Neitzel/Vogler (2011).

Shell/BDH (2013): Shell BDH Hauswärme-Studie. Klimaschutz im Wohnungssektor – Wie Heizen Wir morgen? Fakten, Trends und Perspektiven für Heiztechniken bis 2030. Hamburg, Köln.

Statistisches Bundesamt (2012): Bauen und Wohnen. Mikrozensus - Zusatzerhebung 2010 Bestand und Struktur der Wohneinheiten Wohnsituation der Haushalte. Fachserie 5, Heft 1. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2014): Zensus 2011, Gebäude und Wohnungen, Ergebnisse des Zensus am 9. Mai 2011. Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2015a): Bautätigkeit und Wohnungen, Bautätigkeit 2014, Fachserie 5 Reihe 1. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2015b): Bautätigkeit und Wohnungen, Bestand an Wohnungen 31.12.2014, Fachserie 5 Reihe 3. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2015c): Energiesteuerstatistik. Fachserie 14, Reihe 9.3. Wiesbaden.

Urbanski, F. (2016), Wärmenetze taugen nur als Brückentechnologie. In: Immobilienwirtschaft, Heft Nr. 2, 2016, S.54-57

VdZ - ifo Institut (2015): Entwicklung der Marktdaten für die Haus- und Gebäudetechnik Sanitär-Heizung-Klima. Studie im Auftrag des VdZ. München, Berlin.

Verbraucherzentrale Bundesverbandes e.V. (2016): Fernwärme – Notwendige Reformen des Monopolsektors, Positionspapier des Verbraucherzentrale Bundesverbandes e.V.

Wolff, D. / Jagnow, K. (2011): Überlegungen zu Einsatzgrenzen und zur Gestaltung einer zukünftigen Fern- und Nahwärmeversorgung. Wolfenbüttel, Braunschweig.

Wuppertal Institut, DLR Stuttgart, ie Leipzig (2006): Anforderungen an Nah- und Fernwärmenetze sowie Strategien für Marktakteure in Hinblick auf die Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung bis zum Jahr 2020, Forschungsvorhaben im Auftrag vom UBA.

ZIV (2015): Der Schornsteinfeger. Ihr Sicherheits-, Umwelt- und Energieexperte. Sankt Augustin.

ZVSHK (2015): Strukturanalyse SHK Handwerk. Bearbeitet vom ifh. Göttingen, Sankt Augustin..

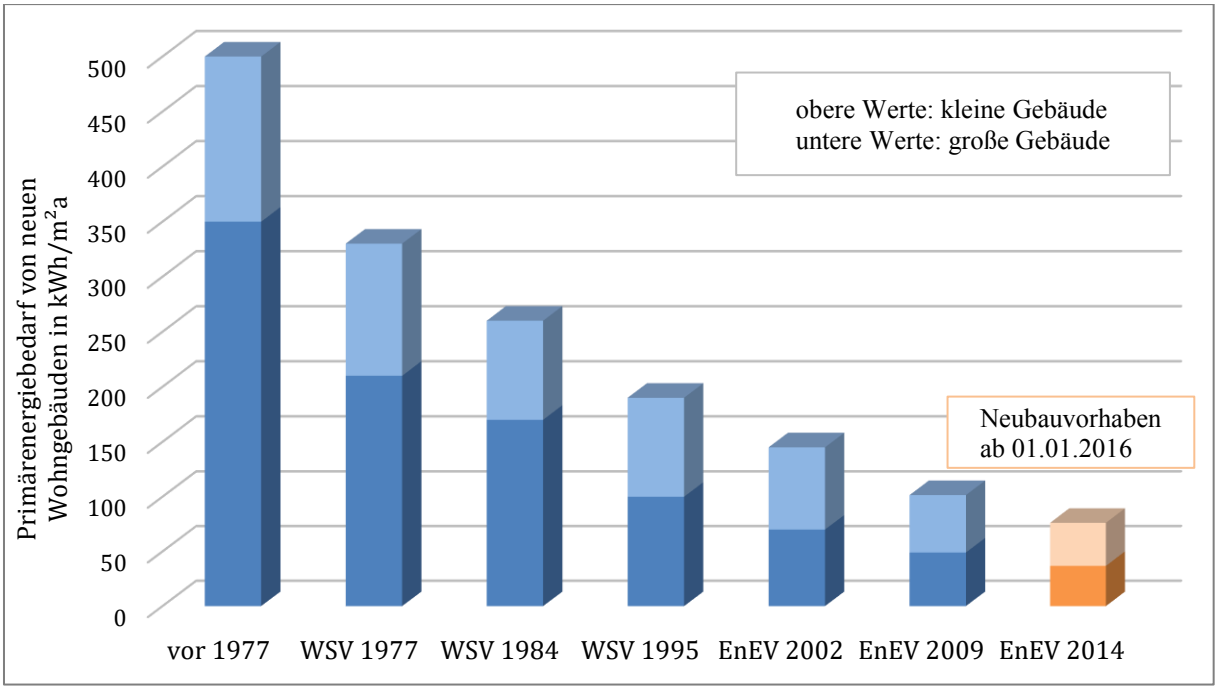
Anhang

Anhang 2.1: Rechtliche Regelungen zu Energieeinsparungen in der Wohnungswirtschaft

Energieeinsparverordnung

Für die energetische Bewertung von Gebäuden und Heizungsanlagen spielt die Energieeinsparverordnung (EnEV) als nationale Umsetzung der europäischen Gebäudeeffizienzrichtlinie EPBD eine zentrale Rolle. Ursprünglich wurden die energetischen Anforderungen an Heizungs- und Warmwasseranlagen in der Heizungsanlagenverordnung formuliert, das bauseitige Pendant war die Wärmeschutzverordnung (WSchV bzw. WSV). Mit Einführung der ersten Energieeinsparverordnung 2001 (Inkrafttreten 2002) wurden die Anforderungen zusammengefasst, Hauptanforderungsgröße ist seit dieser Zeit der Primärenergiebedarf eines Gebäudes. Abbildung 50 zeigt die Entwicklung der verordnungsrechtlichen Anforderungen an neue Wohngebäude in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten. Die aktuell geltende EnEV 2014 verschärft die zulässigen Primärenergiebedarfswerte für Wohngebäude, deren Bauantrag nach dem 31.12.2015 gestellt wird, noch einmal um 25%.

Abbildung 50: Entwicklung des zulässigen Primärenergiebedarfs für neue Wohngebäude in Deutschland



Mir der Energieeinsparverordnung werden bundesweit Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden gestellt, welche im zeitlichen und sonstigen Gültigkeitsbereich der EnEV errichtet, erweitert oder modernisiert werden.

Die beiden Hauptanforderungen betreffen den Primärenergiebedarf und den baulichen Wärmeschutz. Üblicherweise spricht man jedoch in Bezug auf den Primärenergiebedarf von der Hauptanforderung

und in Bezug auf den baulichen Wärmeschutz von der Nebenanforderung. Überdies werden weitere Nebenanforderungen gestellt – diese betreffen beispielsweise Details der technischen Ausführung und den sommerlichen Wärmeschutz.

Für Neubauten und im Falle von Gebäudeumbauten/-modernisierungen ist die Einhaltung der energetischen Anforderungen der EnEV nachzuweisen.

Im Modernisierungsfall, insbesondere bei Änderung, Erweiterung und Ausbau bestehender Gebäude, bestehen in der Regel zwei Möglichkeiten zur Einhaltung der EnEV:

- Bauteilnachweis - Die Anforderungen der EnEV gelten als erfüllt, wenn die Einhaltung von Bauteilkennwerten gemäß Anlage 3 der EnEV nachgewiesen wird – hierin sind Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) differenziert nach Bauteilgruppen aufgelistet.
- Energieausweis - Alternativ gelten die Anforderungen der EnEV als erfüllt, wenn geänderte Wohngebäude insgesamt den Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes (Neubau) und den Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts um nicht mehr als 40 % überschreiten. Die Verschärfung des Anforderungswertes für Neubau ab dem 01. Januar 2016 bleibt an dieser Stelle unberücksichtigt.

Die Einhaltung der um 40 % erhöhten Anforderungswerte des baulichen Wärmeschutzes und Primärenergiebedarfs dürfte für gewöhnlich nur bei einer umfangreichen energetischen Sanierung möglich sein. In einigen Fällen können die um 40% erhöhten Anforderungswerte jedoch bereits mit moderaten Maßnahmen am baulichen Wärmeschutz eingehalten werden. Eine Wärmeerzeugung mit hoher primärenergetischer Effizienz, beispielsweise über Holzkessel oder Nah-/Fernwärmeversorgung, wirkt sich in diesem Zusammenhang begünstigend aus.

Bei Modernisierungen an der Gebäudehülle dürfte der Bauteilnachweis in der Regel die niedrigere Hürde darstellen. Die durch Anlage 3 EnEV vorgegebenen Bauteilkennwerte sind zwar zum Teil strenger angesetzt als die für das Referenzgebäude vorgegebenen Bauteilkennwerte. Mit ihrer Einhaltung entfällt aber die Anforderung an den Primärenergiebedarf.

Für zu errichtete Gebäude gelten die Anforderungen der EnEV als erfüllt, wenn der Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes und der Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts nicht überschritten werden.

Wie bereits im Abschnitt 2.2.1 angedeutet, hängt die Erfüllung der EnEV-Anforderungen besonders im Neubau oft nicht nur von der eingesetzten Technologie sondern viel mehr von dem eingesetzten Energieträger ab. Unter Berücksichtigung der verschärften primärenergetischen Anforderungen ab dem 01. Januar 2016 und der aktuell gültigen Primärenergiefaktoren ist die Erfüllung der EnEV-Anforderungen mit strombasierten Systemen, Holz/Pellet-Systemen und in Verbindung mit Nah-

/Fernwärme mit einem niedrigen Primärenergiefaktor ($f_p \leq 0{,}7$) deutlich einfacher als bei Systemen auf Basis fossiler Energieträger.

EEWärmeG

Seit 1. Januar 2009 gelten bundesweit die Anforderungen des Gesetzes zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG). Das EEWärmeG ist mit Wirkung zum 1. Mai 2011 novelliert worden. Seither gilt die Nutzungspflicht von Erneuerbaren Energien nicht nur für Neubauten, sondern auch für bestehende öffentliche Gebäude, die grundlegend renoviert werden. Diese Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude muss bei Gebäuden beachtet werden, die sowohl im Eigentum der öffentlichen Hand stehen, als auch von der öffentlichen Hand angemietet werden.

Die Nutzungspflicht gilt nach § 4 des EEWärmeG für alle Gebäude mit einer Nutzfläche von mehr als 50 m². Davon ausgenommen sind z.B. Wohngebäude, die weniger als 4 Monate jährlich genutzt werden.

Die im EEWärmeG formulierte Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien ist bei neuen Gebäuden erfüllt, wenn der Wärmeenergiebedarf[105] zu mindestens

- 15 Prozent durch solare Strahlungsenergie oder
- 50 Prozent durch feste Biomasse oder
- 50 Prozent durch flüssige Biomasse oder
- 30 Prozent durch gasförmige Biomasse oder
- 50 Prozent aus Anlagen zur Nutzung von Geothermie oder Umweltwärme

gedeckt wird.

Die im EEWärmeG formulierte Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien ist bei grundlegend renovierten öffentlichen Gebäuden erfüllt, wenn der Wärmeenergiebedarf zu mindestens

- 25 Prozent durch gasförmige Biomasse oder
- 15 Prozent durch sonstige Erneuerbare Energien (Solarthermie, feste und flüssige Biomasse, Anlagen zur Nutzung von Geothermie oder Umweltwärme)

gedeckt wird. Alternativ sind alle im Neubau zulässigen Ersatzmaßnahmen anwendbar.

Neben den o.g. direkten Erfüllungsmöglichkeiten beinhaltet das EEWärmeG eine Reihe von zulässigen **Ersatzmaßnahmen**, die ebenfalls zur Erfüllung des Gesetzes führen. Dazu zählt die Deckung des Wärmeenergiebedarfes

- zu mindestens 50 % aus Abwärme

---

[105] Nach EEWärmeG ist der Wärmeenergiebedarf die zur Deckung des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung sowie des Kältebedarfs für Kühlung, jeweils einschließlich der Aufwände für Übergabe, Verteilung und Speicherung jährlich benötigte Wärmemenge.

- zu mindestens 50 % aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
- aus Nah- oder Fernwärme (wesentlicher Anteil EE oder 50 % als KWK-Wärme oder 50 % als Abwärme).

Eine weitere Ersatzmaßnahme stellt die Unterschreitung der EnEV-Anforderungen um 15 % dar.

Das EEWärmeG lässt weiterhin eine **Kombination** der o.g. Erfüllungsmöglichkeiten und Ersatzmaßnahmen zu. Erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen können untereinander und miteinander kombiniert werden. Die prozentualen Anteile der tatsächlichen Nutzung der einzelnen Erneuerbaren Energien und Ersatzmaßnahmen im Verhältnis zu der jeweils nach EEWärmeG vorgesehenen Nutzung müssen in der Summe 100 ergeben.

Bisher werden im EEWärmeG nur Anforderungen an öffentliche Gebäude, die grundlegend renoviert werden, gestellt. An andere Bestandsgebäude (z.B. privater Eigentümer oder bei kleineren Renovierungen) werden derzeit keine Anforderungen gestellt. Eine Erweiterung des Geltungsbereichs des EEWärmeG auf übrige Bestandsgebäude ist nicht auszuschließen.

Die Nutzung von Nah-/Fernwärme wird im Sinne des EEWärmeG als Ersatzmaßnahme zur Nutzung erneuerbarer Energien anerkannt. Damit ist die Erfüllung beider im Neubau gültigen rechtlichen Vorschriften in Verbindung mit Nah-/Fernwärme möglich.

Erneuerbare-Wärme-Gesetz

Das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) ist dagegen ein Landesgesetz für Baden-Württemberg. Das EWärmeG sieht seit 1. Januar 2010 eine Nutzungspflicht für den Einsatz erneuerbarer Energien vor. Alternativ kann die Vorgabe auch durch Dämmmaßnahmen oder die effiziente Nutzung der Energie erfüllt werden. Auslöser der Pflicht ist die Erneuerung einer zentralen Heizungsanlage. Das Gesetz findet nur für Bestandsgebäude Anwendung, für Neubauten gilt das zuvor beschriebe Bundesgesetz (EEWärmeG). Am 1. Juli 2015 ist das novellierte Gesetz in Kraft getreten.

Die wesentlichen Änderungen durch die Novelle für Bestandsgebäude können wie folgt zusammengefasst werden:

- Während bei Wohngebäuden die bisherige Nutzungspflicht fortgeschrieben und teilweise modifiziert wird, werden private und öffentliche Nichtwohngebäude erstmals in die Nutzungspflicht einbezogen.
- Der Pflichtanteil wird von 10 auf 15 % angehoben. Beim Austausch oder nachträglichen Einbau einer zentralen Heizanlage ist der Eigentümer des Gebäudes verpflichtet, mindestens 15 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken oder den Wärmeenergiebedarf des Gebäudes um mindestens 15 % zu reduzieren.
- Die Solarthermie ist nicht mehr „Ankertechnologie“. Die Palette der Erfüllungsoptionen wird ausgeweitet und die Kombination verschiedener Erfüllungsmöglichkeiten zugelassen.

- Es wird erstmals der Aspekt eines gebäudeindividuellen energetischen Sanierungsfahrplans in das Gesetz aufgenommen, um eine Verbindung zwischen dem gebäudebezogenen Wärmebedarf und einer energetischen Gesamtbetrachtung des Gebäudes herzustellen. Dem Sanierungsfahrplan kommt eine wichtige Informations-, Beratungs- und Motivationsfunktion zu.

Eine schematische und vereinfachende Übersicht über die möglichen Erfüllungsoptionen für Wohngebäude stellt folgende Tabelle dar. Kombinationen der Maßnahmen sind zulässig.

Tabelle 60: Erfüllungsmöglichkeiten (EWärmeG 2015) – schematische Übersicht für Wohngebäude

Erfüllungsoptionen		**5%**	**10%**	**15%**
Solarthermie	Pauschaliert* (0,07 bzw. 0,06 m² Kollektorfläche/m² Wohnfläche)	✓ (EZFH 0,023) (MFH 0,02)	✓ (EZFH 0,046) (MFH 0,04)	✓ (EZFH 0,07) (MFH 0,06)
	Rechnerischer Nachweis*	✓	✓	✓
Holzzentralheizung* (i.d.R. 100 % EE)		(✓)	(✓)	✓
Wärmepumpe (Elektro: JAZ 3,50; Gas: JHZ 1,20)*		✓	✓	✓
Bioöl (in Verbindung mit Brennwertkessel)*		✓	✓	-
Biogas (i.V.m. mit Brennwertkessel) max. 50 kW*		✓	✓	-
Einzelraumfeuerung (Kachel-/Grund-/Pelletofen)		-	(✓) nur wenn bis 30.06.15 in Betrieb genommen	✓
Baulicher Wärmeschutz	Dach (max. 4 Vollgeschosse-VG)	-	-	✓
	Dach (4 bis 8 VG)	-	✓	-
	Dach (über 8 VG)	✓	-	-
	Außenwände	-	-	✓
	Kellerdeckendämmung (max. 2 VG)	-	✓	-
	Kellerdeckendämmung (2 bis 4 VG)	✓	-	-
	Transmissionswärmeverlust (H'_T)*	✓	✓	✓
KWK	bis 20 kW_{el} (min. 15 kWh_{el} Netto-Stromerzeugung/m²)*	✓ (5 kWh_{el})	✓ (10 kWh_{el})	✓
	> 20 kW_{el}*	✓	✓	✓
Anschluss an Wärmenetz*		✓	✓	✓
Photovoltaik (0,02 kWp/m² Wohnfläche)*		✓ (0,0066 kWp)	✓ (0,0133 kWp)	✓
Wärmerückgewinnung		-	-	-
Sanierungsfahrplan		✓	-	-
*grundsätzlich auch andere Zwischenschritte möglich				

Analog dem EEWärmeG ist ein Anschluss an ein Wärmenetz eine Ersatzmaßnahme im Sinne des EWärmeG in Baden-Württemberg. Das EWärmeG wird erfüllt, wenn das Bestandsgebäude an ein Wärmenetz anschlossen wird, das mit mindestens 50 % Kraft-Wärme-Kopplung oder mit mindestens 15 % erneuerbaren Energien oder Abwärme betrieben wird.

Europäische Richtlinien (ErP und ELD-Richtlinie)

Auf der europäischen Ebene wird der Heizungsmarkt maßbeglich durch die Ökodesingn Richtlinie (ErP) und die Labelling Richtlinie (ELD) beeinflusst (s. Abbildung 51). Die betroffenen Wärmeerzeuger werden in Tabelle 61 ausgewiesen.

Die ErP-Richtlinie definiert die Mindesteffizienz- und Emissionsstandards von Produkten u. a. von Wärmeerzeugern in produktgruppenspezifischen Durchführungsmaßnahmen. Wärmeerzeuger, die die in Tabelle 62 genannten Mindestanforderungen nicht erfüllen, erhalten keine CE-Zertifizierung.

Die Labelling Richtlinie regelt die Vergabe von Energielabeln für alle energieverbrauchsrelevanten Produkte und Systeme darunter auch Wärmeerzeuger. Diese sollen den Verbrauchern ermöglichen, die Rückschlüsse über den zu erwartenden Energieverbrauch zu ziehen und eine umweltorientierte Kaufentscheidung zu treffen. Ab 09/2015 müssen alle Wärmeerzeuger mit dem EU Energielabel gekennzeichnet werden.

Die im Rahmen der Studie betrachteten dezentralen Wärmeerzeuger (u.a. Brennwertkessel, Wärmepumpen) liegen überwiegend im Geltungsbereich der beiden Richtlinien. Limitierend ist an der Stelle die Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers. Die Fernwärmeübergabestationen befinden sich dagegen nicht im Geltungsbereich der beiden europäischen Richtlinien (ErP und ELD). Allerdings können je nach Erzeugerstruktur in der Wärmezentrale die einzelnen Wärmeerzeuger in Geltungsbereich der Ökodesign Richtlinie fallen.

Abbildung 51: Für den Heizungsmarkt relevante europäische Richtlinien

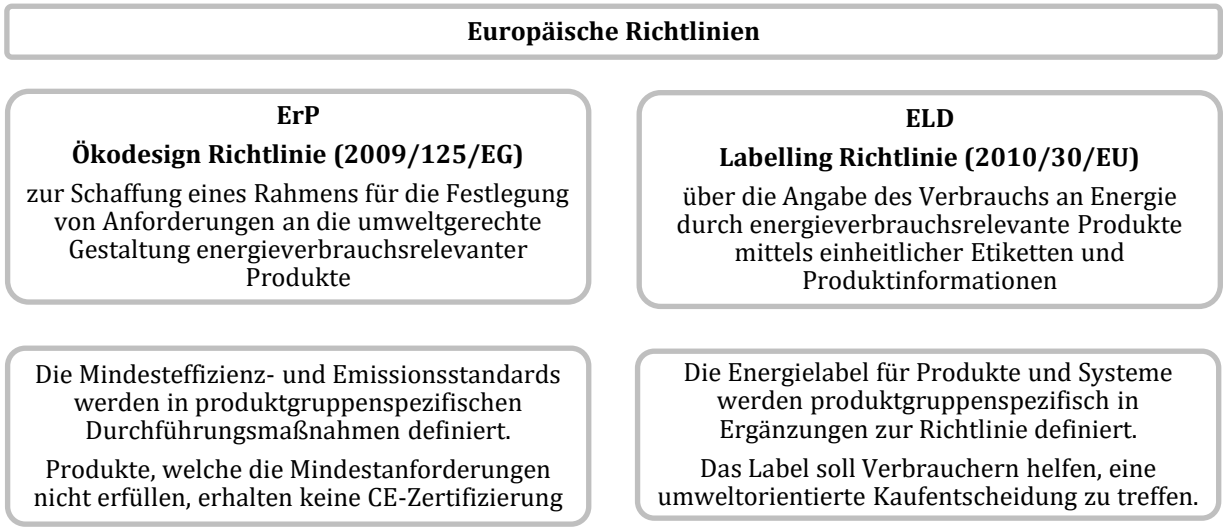


Tabelle 61: Betroffene Produkte/Wärmeerzeuger

	ErP	ELD
Heizkessel (Gas, Öl, Elektro)	Nennwärmeleistung: 0 – 400 kW	Nennwärmeleistung: 0 – 70 kW
Wärmepumpen, Niedertemperaturwärme-pumpen (Elektro, Gas, Öl)	Nennwärmeleistung: 0 – 400 kW	Nennwärmeleistung: 0 – 70 kW
KWK-Anlagen (Gas, Öl)	Nennwärmeleistung: 0 – 400 kW elektrische Höchstleistung: < 50 kW_{el}	Nennwärmeleistung: 0 – 70 kW elektrische Höchstleistung: < 50 kW_{el}
Verbundanlagen (packages)	-	Nennwärmeleistung: 0 – 70 kW
Einzelkomponenten	-	Temperaturregler, Solarein-richtungen
Warmwasserbereiter	Nennwärmeleistung: 0 – 400 kW	Nennwärmeleistung: 0 – 70 kW
Warmwasserspeicher	≤ 2000 l	≤ 500 l

Tabelle 62: Für Heizungstechnik relevanten Anforderungen hinsichtlich der Energieeffizienz

	Anforderungs-größe	ErP Ab 26.09.2015	ErP Ab 26.09.2017
Brennstoffheizkessel ≤ 70 kW	η_{son}	$\eta_{son} \geq 86$ %	$\eta_{son} \geq 86$ %
Heizkessel des Typs B1 ≤ 10 kW Kom-biheizkessel des Typs B1 ≤ 30 kW	η_{son}	$\eta_{son} \geq 75$%	$\eta_{son} \geq 75$%
Brennstoffheizkessel > 70 kW bis ≤ 400 kW	$\eta_{100\%}$,$\eta_{30\%}$	$\eta_{100\%} \geq 86$ % $\eta_{30\%} \geq 94$ %	$\eta_{100\%} \geq 86$ % $\eta_{30\%} \geq 94$ %
KWK-Anlagen	η_{son}	$\eta_{son} \geq 86$ %	$\eta_{son} \geq 100$%
Wärmepumpen außer Niedertempera-turwärmepumpen	η_{son}	$\eta_{son} \geq 100$%	$\eta_{son} \geq 110$%
Niedertemperaturwärmepumpen	η_{son}	$\eta_{son} \geq 115$%	$\eta_{son} \geq 125$%

Dabei ist η_{son} - Jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz im Betriebszustand
$\eta_{100\%}$ - Wirkungsgrad bei 100 % der Nennwärmeleistung
$\eta_{30\%}$ - Wirkungsgrad bei 30 % der Nennwärmeleistung
Die Werte für brennstoffbetriebene Anlagen sind brennwertbezogen. Bei elektrobetriebenen Anlagen bezieht sich der Anforderungswert auf Endenergie multipliziert mit Umwandlungskoeffizienten CC=2,5.

Anhang 4.2: Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Verfasser: Bettina Mailach, Bernadetta Winiewska

Energiekosten

Den Berechnungen werden bundesdeutsche Jahres-Mittelwerte für den Zeitraum Mai 2015 bis April 2016 aus folgenden Quellen zugrunde gelegt:

Erdgas	Brennstoffspiegel + Anpassung an den Abnahmefall (EFH/MFH) entsprechend den BDEW-Zahlen
Heizöl	Brennstoffspiegel Ceto Verlag GmbH + Anpassung an die Abnahmemenge
Fernwärme	AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Wichtung zwischen dem Stichtag 1.04.2015 und 1.10.2015
Holzpellets	Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. (DEPV) (incl. Anpassung an die Abnahmemenge)
Strom, Haushaltstarif	BDEW
Strom, Wärmepumpentarif	Brennstoffspiegel + (Grundpreis nach BDEW)

Bei Heizöl, Nah-/Fernwärme und Pellets erfolgt eine Anpassung der in den Quellen angegebenen Energiepreise an die Abnahmemenge.

Energieträger	Gebäude		Grundpreis	Arbeitspreis
Erdgas	EFH	alle	160,00 €	0,061 €/kWh
Heizöl	EFH	unsaniert	-	0,053 €/kWh
	EFH	teilsaniert	-	0,054 €/kWh
	EFH	Neubau, mK	-	0,054 €/kWh
	EFH	Neubau, oK	-	0,055 €/kWh
Nah-/Fernwärme	EFH	unsaniert	410 €/a	0,071 €/kWh
	EFH	teilsaniert	310 €/a	0,071 €/kWh
	EFH	Neubau, mK	310 €/a	0,071 €/kWh
	EFH	Neubau, oK	240 €/a	0,071 €/kWh
Pellets	EFH	unsaniert	-	0,048 €/kWh
	EFH	teilsaniert	-	0,049 €/kWh
	EFH	Neubau, mK	-	0,048 €/kWh
	EFH	Neubau, oK	-	0,050 €/kWh
Strom Wärmepumpentarif	EFH	alle	81 €/a	0,220 €/kWh
Strom Haushaltstarif	EFH	alle	-	0,286 €/kWh

Energieträger	Gebäude		Grundpreis	Arbeitspreis
Erdgas	M_MFH	alle	293,00 €	0,058 €/kWh
Heizöl	M_MFH	unsaniert	-	0,051 €/kWh
	M_MFH	teilsaniert	-	0,051 €/kWh
	M_MFH	Neubau	-	0,051 €/kWh
Nah-/Fernwärme	M_MFH	unsaniert	1850 €/a	0,070 €/kWh
	M_MFH	teilsaniert	1330 €/a	0,071 €/kWh
	M_MFH	Neubau	1210 €/a	0,071 €/kWh
Pellets	M_MFH	unsaniert	-	0,047 €/kWh
	M_MFH	teilsaniert	-	0,047 €/kWh
	M_MFH	Neubau	-	0,048 €/kWh
Strom Wärmepumpentarif	M_MFH	alle	81 €/a	0,220 €/kWh
Strom Haushaltstarif	M_MFH	alle	-	0,286 €/kWh

Energieträger	Gebäude		Grundpreis	Arbeitspreis
Erdgas	G_MFH	alle	447,00 €	0,054 €/kWh
Heizöl	G_MFH	unsaniert	-	0,050 €/kWh
	G_MFH	teilsaniert	-	0,050 €/kWh
	G_MFH	Neubau	-	0,050 €/kWh
Nah-/Fernwärme	G_MFH	unsaniert	2940 €/a	0,070 €/kWh
	G_MFH	teilsaniert	2340 €/a	0,070 €/kWh
	G_MFH	Neubau	2180 €/a	0,070 €/kWh
Pellets	G_MFH	unsaniert	-	0,046 €/kWh
	G_MFH	teilsaniert	-	0,046 €/kWh
	G_MFH	Neubau	-	0,046 €/kWh
Strom Wärmepumpentarif	G_MFH	alle	81 €/a	0,220 €/kWh
Strom Haushaltstarif	G_MFH	alle	-	0,286 €/kWh

Investitionskosten und betriebsgebundene Kosten – Beispiel EFH

Die Investitionskosten, welche als Grundlage der im Abschnitt 5 beschriebenen Kostenanalyse dienen, sind das Ergebnis umfangreicher eigener Recherchen. Sie basieren auf einer Auswertung von Listenpreisen führender Hersteller und umfassen neben den Materialkosten auch Posten wie z.B. Lieferung, Montage, Inbetriebnahme sowie typische Rabatte und Preisaufschläge. Zusätzlich werden die typischen Gas- bzw. Fernwärme-Hausanschlusskosten berücksichtigt. Je nach Besonderheiten der Anlagenvariante werden die einzelnen Bestandteile der neuen Anlage kalkuliert. Die der Bewertung zugrunde liegende Investitionskosten der betrachteten Anlagenvarianten werden im Folgenden exemplarisch für das Einfamilienhaus dargestellt.

Die Berechnung der Investitionskosten erfolgt unter Beachtung aktuell bundesweit gültiger Förderprogramme. Die angesetzten Förderungen beruhen auf den im Januar 2016 geltenden Fördersätzen

nach BAFA (Heizen mit Erneuerbaren Energien) und der KfW (Energieeffizient Sanieren – Investitionszuschuss). Die Kombination einer BAFA-Förderung mit einer KfW-Förderung ist nicht zulässig. Den Berechnungen wird die günstigere Zuschussvariante zugrunde gelegt.

Die Wartungskosten werden in Anlehnung an die BTGA-Regel 3.001: Wartung heiztechnischer Anlagen ermittelt und nach der Größe der Anlage differenziert. Stehen für Anlagenkomponenten keine Vorgaben zur Verfügung, werden diese entsprechend abgeschätzt. Für die Mehrfamilienhäuser wird die notwendige regelmäßige Legionellenüberprüfung ebenfalls als Kostenbestanteil berücksichtigt.

Die Schornsteinfegergebühren als Bestandteil der Betriebskosten werden nach der seit 01. Januar 2010 bundesweit geltenden und am 8. April 2013 zuletzt geänderten Verordnung über die Kehrung und Überprüfung von Anlagen (Kehr- und Überprüfungsordnung – KÜO) unter Berücksichtigung der Ersten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes berechnet. Weiterhin werden durchschnittliche Kosten für die notwendige Versicherung des Lagerrisikos für Heizöl mit einer jährlichen Zahlungsweise angesetzt.

EFH unsaniert	Investitions-kosten, gesamt	Mögliche Förderung	Investitions-kosten, gesamt nach Abzug der Förderung	Wartungs-kosten, gesamt	Instand-haltungs-kosten, gesamt	Betriebs-kosten, gesamt
-	€	€	€	€/a	€/a	€/a
Öl-BW	9.750	1.463	8.288	180	190	80
Öl-BW + sol. TWE	14.550	2.183	12.368	205	223	80
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	17.050	3.600	13.450	230	242	80
Gas-BW	7.250	1.088	6.163	155	139	29
Gas-BW + sol. TWE	12.050	1.808	10.243	180	171	29
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	14.550	3.600	10.950	205	190	29
L/W-EWP	23.300	2.160	21.140	135	209	-
Pelletkessel	22.650	4.200	18.450	295	641	116
Fern-/Nahwärme	10.650	-	10.650	110	156	-

EFH teilsaniert	Investitions-kosten, gesamt	Mögliche Förderung	Investitions-kosten, gesamt nach Abzug der Förderung	Wartungs-kosten, gesamt	Instand-haltungs-kosten, gesamt	Betriebs-kosten, gesamt
-	€	€	€	€/a	€/a	€/a
Öl-BW	9.000	1.350	7.650	180	190	80
Öl-BW + sol. TWE	13.800	2.070	11.730	205	223	80
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	16.300	3.600	12.700	230	242	80
Gas-BW	6.400	960	5.440	155	139	29
Gas-BW + sol. TWE	11.200	1.680	9.520	180	171	29
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	13.700	3.600	10.100	205	190	29
L/W-EWP	20.000	2.160	17.840	135	209	-
Pelletkessel	21.900	4.200	17.700	295	641	116
Fern-/Nahwärme	9.900	-	9.900	110	156	-

EFH Neubau, oK	Investitions-kosten, gesamt	Mögliche Förderung	Investitions-kosten, gesamt nach Abzug der Förderung	Wartungs-kosten, gesamt	Instand-haltungs-kosten, gesamt	Betriebs-kosten, gesamt
-	€	€	€	€/a	€/a	€/a
Öl-BW + sol. TWE	25.600	-	25.600	205	223	80
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	28.000	-	28.000	230	242	80
Gas-BW + sol. TWE	21.800	-	21.800	180	171	29
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	24.200	-	24.200	205	190	29
L/W-EWP	23.700	-	23.700	135	209	-
Pelletkessel	32.300	-	32.300	295	641	116
Fern-/Nahwärme	16.200	-	16.200	110	156	-

Verbrauchswerte – Beispiel EFH

Variante	EFH unsaniert		EFH teilsaniert	
	Endenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a	Hilfsenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a	Endenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a	Hilfsenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a
Ausgangszustand	29.429	569	20.552	646
Öl-BW	20.293	333	16.413	293
Öl-BW + sol. TWE	18.231	374	14.275	333
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	16.710	353	12.605	313
Gas-BW	20.293	333	16.413	293
Gas-BW + sol. TWE	18.231	374	14.275	333
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	16.710	353	12.605	313
L/W-EWP	5.935	232	4.747	232
Pelletkessel	24.857	427	4.372	474
Fern-/Nahwärme	21.543	232	20.081	427

Variante	EFH Neubau,mK		EFH Neubau,oK	
	Endenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a	Hilfsenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a	Endenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a	Hilfsenergie-verbrauch, gesamt in kWh/a
Öl-BW + sol. TWE	16.741	299	10.667	290
Öl-BW + sol. TWE/HeizU	14.455	284	9.197	275
Gas-BW + sol. TWE	16.741	299	10.667	290
Gas-BW + sol. TWE/HeizU	14.455	284	9.197	275
L/W-EWP	6.201	241	3.965	283
Pelletkessel	5.305	591	3.380	523
Fern-/Nahwärme	26.142	539	16.370	425

Abbildung 52: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im EFH unsaniert

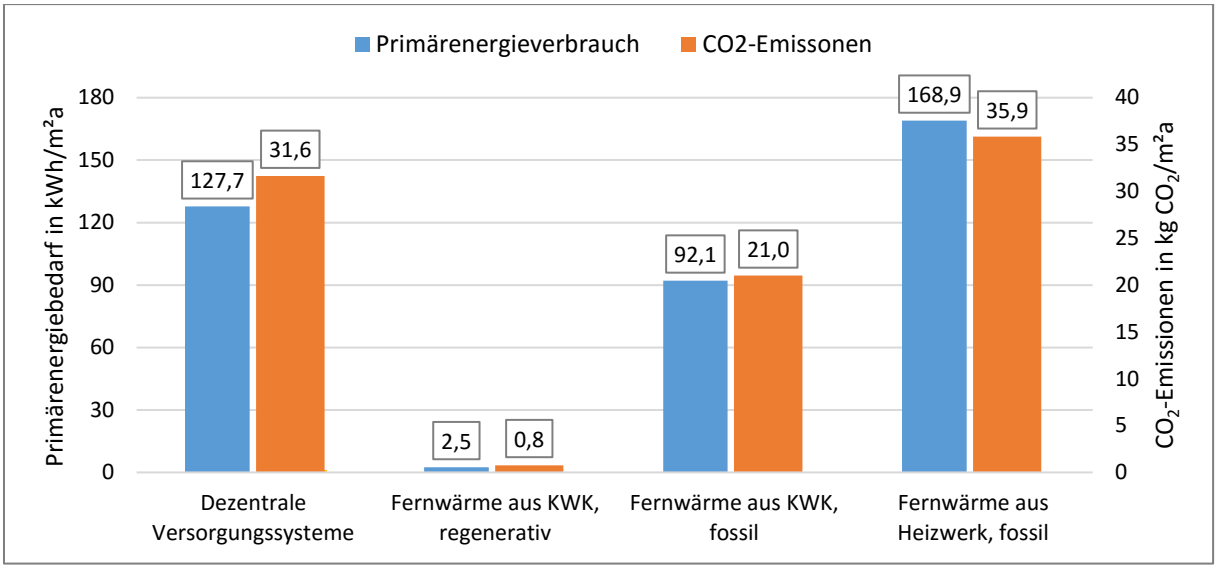


Abbildung 53: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im EFH teilsaniert

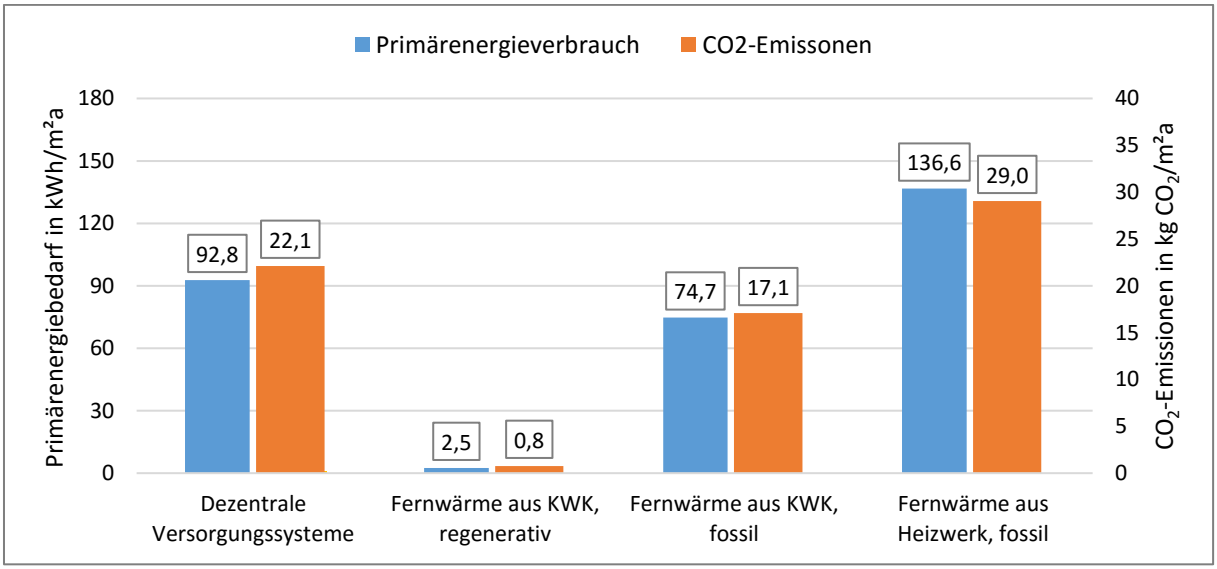


Abbildung 54: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im M_MFH unsaniert

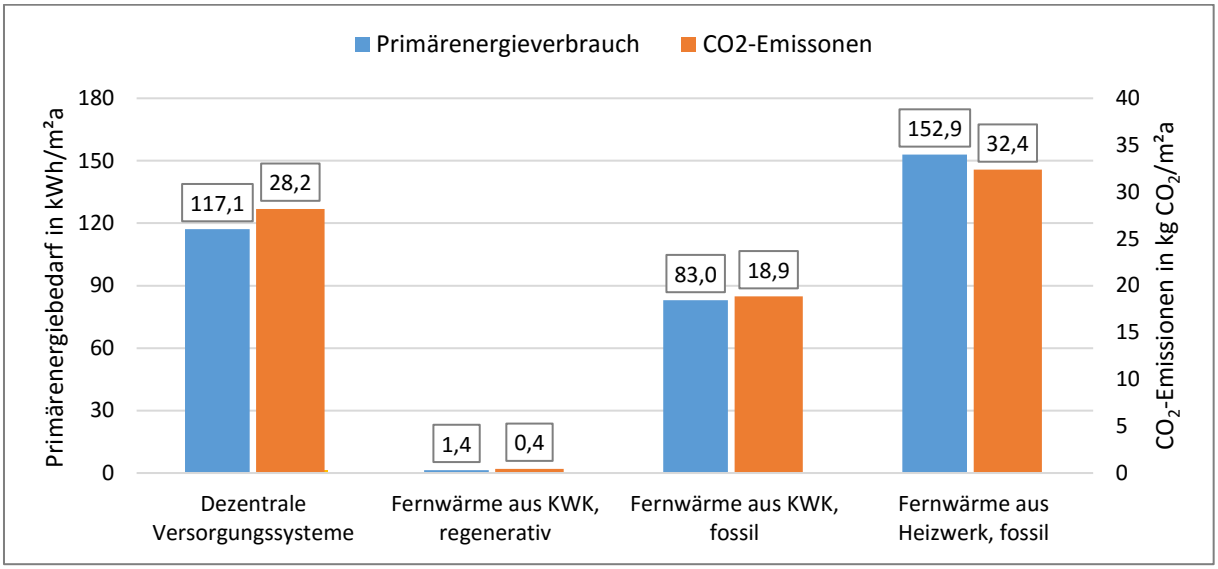


Abbildung 55: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im M_MFH teilsaniert

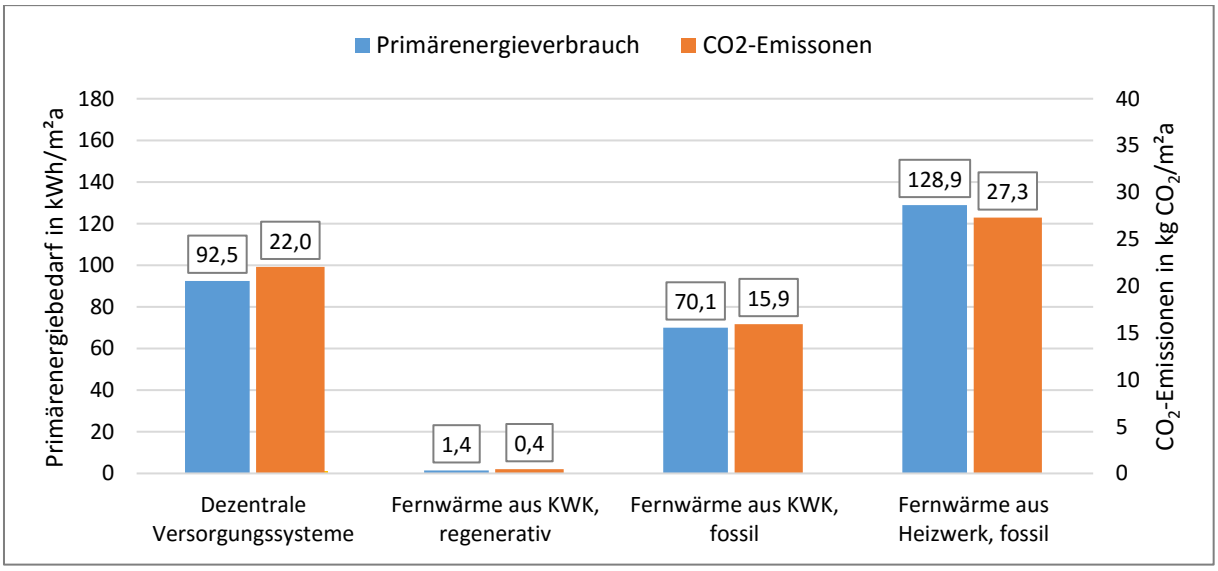


Abbildung 56: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im G_MFH unsaniert

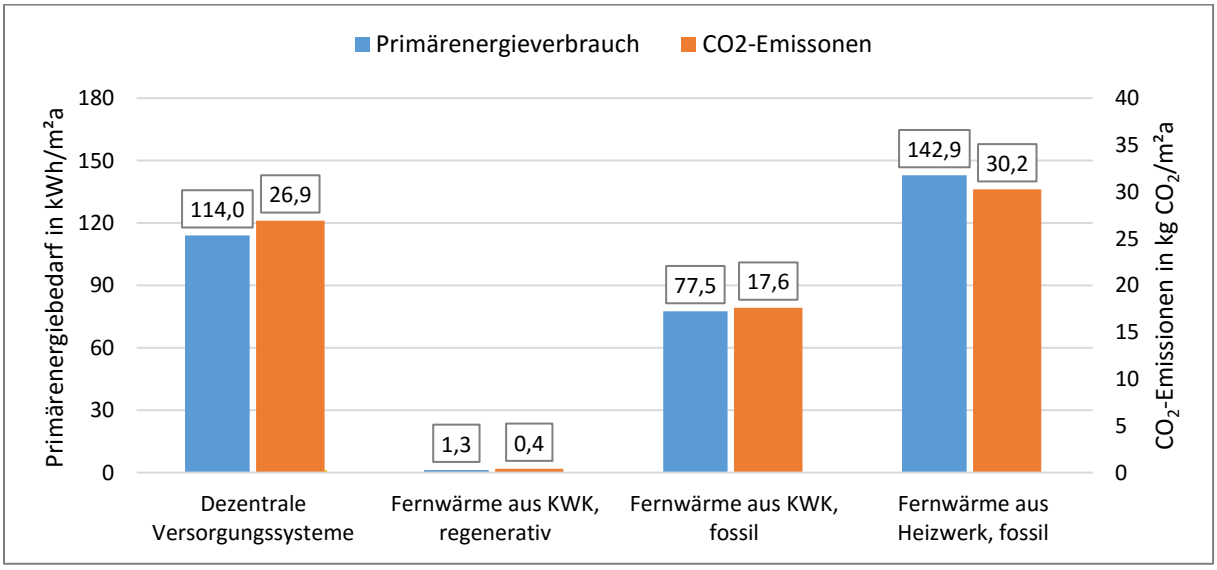
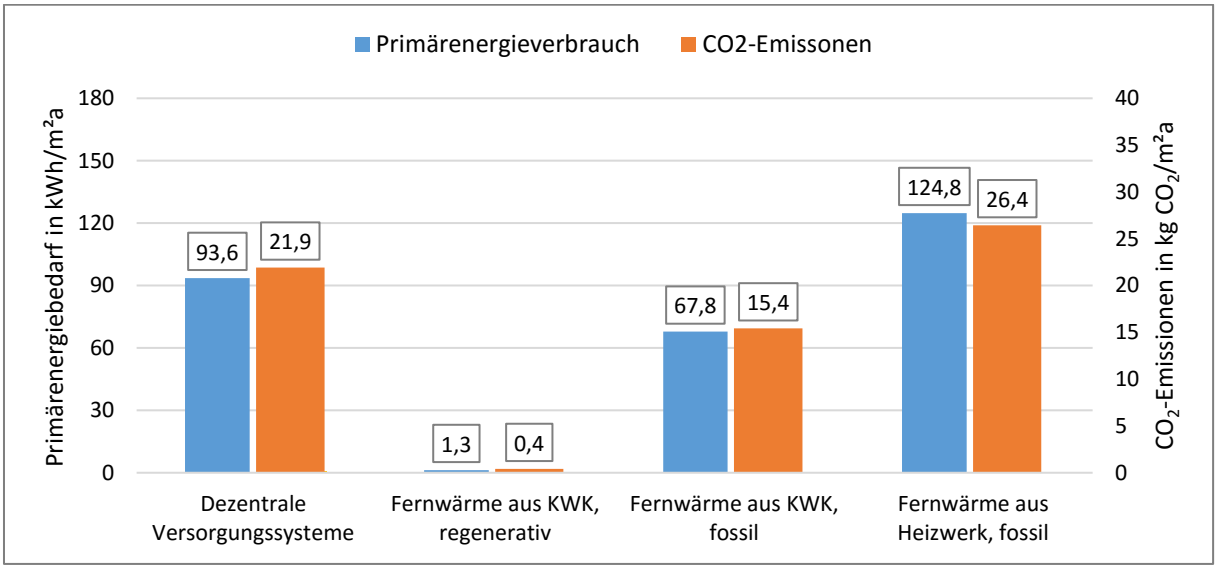


Abbildung 57: Primärenergieverbrauch und CO_2-Emissionen im G_MFH teilsaniert



Anhang 5.1: Projektebene: Ergebnisse für unsanierte Häuser

Tabelle 63: Veränderungen der Wärmekosten bei Heizungserneuerungen in unsanierten EFHs

	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Endwert in € ggü. Status quo	Barwert (DCF) Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Barwert in € ggü. Status quo	Veränderung ggü. Ausgangszustand in %
Ausgangszustand vor Sanierung d. Wärmesystems						
EFH unsaniert, Öl, Ist-Zustand		-68.591	-	-50.927	-	
EFH unsaniert, Gas, Ist-Zustand		-82.557	-	-61.296	-	
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
EFH unsaniert,Öl-BW	29%	-59.332	9.259	-44.053	6.874	-15,6%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	-63.350	5.241	-47.036	3.891	-8,3%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2%	-64.176	4.415	-47.649	3.278	-6,9%
EFH unsaniert,Gas-BW	38%	-66.716	15.842	-49.534	11.762	-23,7%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	14%	-69.777	12.781	-51.807	9.489	-18,3%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	-69.701	12.857	-51.751	9.546	-18,4%
EFH unsaniert,L/W-EWP	2%	-82.531	-13.940	-61.277	-10.350	16,9%
EFH unsaniert,Pelletkessel	3%	-96.144	-27.553	-71.384	-20.457	28,7%
EFH unsaniert, dezentral Durchschnitt		**-65.875**	**10.258**	**-48.910**	**7.617**	**-16,2%**
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-80.631	-12.040	-59.866	-8.939	14,9%
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		-80.631	-12.040	-59.866	-8.939	14,9%
EFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-80.631	-12.040	-59.866	-8.939	14,9%

Ob die Sanierung von Öl- oder Gaswärmesystemen günstiger ausfällt, ist eine Frage der aktuellen Energiepreise. Mit den hier verwendeten Eingangsdaten führt die Ölheizung zu vergleichsweise niedrigeren Wärmekosten. Das bedeutet Gleichzeitig, dass die Sanierung des Wärmesystems im Falle von Gaswärmesystemen zu einer höheren Wirtschaftlichkeit der Investition führt, da bei ähnlichen Investitionsausgaben höhere Wärmekosten eingespart werden können.

Prinzipiell treten bei Ein- und Mehrfamilienhäusern ähnliche Effekte in der Wirtschaftlichkeit von zentraler und dezentraler Wärmeversorgung ein wie im Fall von Einfamilienhäusern (siehe Tabelle 64).

Tabelle 64: Veränderungen der Wärmekosten bei Heizungserneuerungen in unsanierten MFHs

	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Endwert in € ggü. Status quo	Barwert (DCF) Wärmekosten in € nach 20 Jahren	Δ Barwert in € ggü. Status quo	Veränderung ggü. Ausgangszustand in %
Ausgangszustand vor Sanierung d. Wärmesystems						
M_MFH unsaniert, Öl, Ist-Zustand		-296.136		-205.059		
M_MFH unsaniert, Gas, Ist-Zustand		-291.344		-253.496		
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
M_MFH unsaniert,Öl-BW	25%	-229.996	46.188	-170.765	34.294	-20,1%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	5%	-232.686	43.499	-172.762	32.297	-18,7%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-232.865	43.320	-172.895	32.164	-18,6%
M_MFH unsaniert,Gas-BW	55%	-275.890	65.533	-204.840	48.656	-23,8%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	10%	-273.856	67.566	-203.330	50.166	-24,7%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-271.123	70.299	-201.301	52.195	-25,9%
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	1%	-328.192	-52.008	-243.673	-38.614	15,8%
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	1%	-343.282	-67.097	-254.876	-49.818	19,5%
M_MFH unsaniert, dezentral Durchschnitt		**-260.013**	**56.467**	**-193.052**	**41.925**	**-21,6%**
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-354.515	-78.331	-263.217	-58.158	22,1%
M_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-354.515	-78.331	-263.217	-58.158	22,1%
M_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-354.515	-78.331	-263.217	-58.158	22,1%
Ausgangszustand vor Sanierung d. Wärmesystems						
G_MFH unsaniert, Öl, Ist-Zustand		-543.557		-373.267		
G_MFH unsaniert, Gas, Ist-Zustand		-517.473		-444.452		
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
G_MFH unsaniert,Öl-BW	23%	-410.318	92.418	-304.649	68.618	-22,5%
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3%	-412.951	89.785	-306.604	66.662	-21,7%
G_MFH unsaniert,Gas-BW	65%	-476.396	122.217	-353.710	90.743	-25,7%
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	7%	-473.251	125.362	-351.375	93.077	-26,5%
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	2%	-580.537	-77.801	-431.032	-57.765	13,4%
G_MFH unsaniert, dezentral Durchschnitt		**-461.157**	**110.610**	**-342.396**	**82.125**	**-24,1%**
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-632.522	-129.786	-469.629	-96.362	20,5%
G_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-632.522	-129.786	-469.629	-96.362	20,5%
G_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-632.522	-129.786	-469.629	-96.362	20,5%

Anhang 5.2: Projektebene: Ergebnisse für teilsanierte Häuser

Tabelle 65: Veränderungen der Wärmekosten bei Heizungserneuerungen in teilsanierten EFHs

	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren	Δ Endwert ggü. Status quo	Barwert (DCF) Wärmekosten nach 20 Jahren	Δ Barwert ggü. Status quo	Veränderung ggü. Ausgangszustand in %
Ausgangszustand vor Sanierung d. Wärmesystems						
EFH teilsaniert, Öl, Ist-Zustand		-52.851		-39.240		
EFH teilsaniert, Gas, Ist-Zustand		-62.899		-46.701		
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
EFH teilsaniert,Öl-BW	9%	-53.185	-334	-39.488	-248	0,6%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	-57.015	-4.164	-42.332	-3.092	7,3%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	3%	-57.547	-4.696	-42.727	-3.487	8,2%
EFH teilsaniert,Gas-BW	26%	-58.193	4.706	-43.207	3.494	-8,1%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	27%	-61.098	1.802	-45.363	1.338	-2,9%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	12%	-60.703	2.197	-45.070	1.631	-3,6%
EFH teilsaniert,L/W-EWP	4%	-70.083	-17.233	-52.035	-12.795	24,6%
EFH teilsaniert,S/W-EWP	3%	-76.371	-23.520	-56.703	-17.463	30,8%
EFH teilsaniert,Pelletkessel	6%	-89.739	-36.888	-66.628	-27.388	41,1%
EFH teilsaniert, dezentral Durchschnitt		**-61.604**	**-2.222**	**-45.739**	**-1.650**	**2,1%**
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-68.485	-15.634	-50.848	-11.608	22,8%
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		-68.485	-15.634	-50.848	-11.608	22,8%
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-68.485	-15.634	-50.848	-11.608	22,8%

Tabelle 66: Veränderungen der Wärmekosten bei Heizungserneuerungen in sanierten MFHs

	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren	Δ Endwert ggü. Status quo	Barwert (DCF) Wärmekosten nach 20 Jahren	Δ Barwert ggü. Status quo	Veränderung ggü. Ausgangszustand in %
Ausgangszustand vor Sanierung d. Wärmesystems						
M_MFH teilsaniert, Öl, Ist-Zustand		-	-	-	-	0,0%
M_MFH teilsaniert, Gas, Ist-Zustand	0	-219.229	-	-162.771	-	0,0%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	18%	-196.440	22.789	-145.851	16.920	-11,6%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	7%	-195.881	23.348	-145.436	17.335	-11,9%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-194.633	24.596	-144.509	18.261	-12,6%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	46%	-235.672	36.783	-174.979	27.310	-15,6%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	18%	-229.538	42.917	-170.425	31.864	-18,7%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	-224.979	47.476	-167.041	35.249	-21,1%
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	3%	-276.251	-57.022	-205.108	-42.337	20,6%
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	1%	-306.364	-87.135	-227.466	-64.695	28,4%
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	4%	-297.557	-78.328	-220.927	-58.156	26,3%
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-193.137**	**21.760**	**-143.398**	**16.156**	**-12,1%**
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-298.505	-79.277	-221.631	-58.861	26,6%
M_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-298.505	-79.277	-221.631	-58.861	26,6%
M_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-298.505	-79.277	-221.631	-58.861	26,6%
Ausgangszustand vor Sanierung d. Wärmesystems						
G_MFH unsaniert, Öl, Ist-Zustand		-401.829		-298.346		
G_MFH unsaniert, Gas, Ist-Zustand		-478.574		-355.327		
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	20%	-351.453	50.377	-260.943	37.403	-14,3%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3%	-351.734	50.095	-261.152	37.194	-14,2%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	62%	-407.597	70.976	-302.629	52.698	-17,4%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	11%	-401.633	76.940	-298.201	57.126	-19,2%
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	4%	-506.078	-104.249	-375.748	-77.402	20,6%
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-397.976**	**59.877**	**-295.485**	**44.457**	**-15,4%**
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-549.948	-148.119	-408.320	-109.974	26,9%
G_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-549.948	-148.119	-408.320	-109.974	26,9%
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-549.948	-148.119	-408.320	-109.974	26,9%

Anhang 5.3: Projektebene: Ergebnisse für Neubau Häuser

Tabelle 67: Wärmekosten bei Neubau EFHs

Hausvarianten Neubau Einfamilienhaus groß mit Keller	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren	Barwert (DCF) Wärmekosten nach 20 Jahren	Mehrkosten ggü. Endwert günstigster Lösung (absolut)	Mehrkosten ggü. Endwert günstigster Lösung (in %)
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE	1%	-76.106	-56.507	-	0,0%
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-77.802	-57.766	-1.696	2,2%
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE	40%	-79.004	-58.658	-2.898	3,8%
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	17%	-79.768	-59.226	-3.662	4,8%
EFH Neubau, mK,L/W-EWP	27%	-88.368	-65.611	-12.262	16,1%
EFH Neubau, mK,S/W-EWP	8%	-100.644	-74.725	-24.538	32,2%
EFH Neubau, mK,Pelletkessel	6%	-111.916	-83.094	-35.809	47,1%
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-77.276**	**-57.375**	**-7.258**	**9,5%**
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, regenerativ		-88.005	-65.341	-11.898	15,6%
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, fossil		-88.005	-65.341	-11.898	15,6%
EFH Neubau, mK,Fernwärme Heizwerk, fossil		-88.005	-65.341	-11.898	15,6%
Hausvarianten Neubau mittelgroß ohne Keller					
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE	1%	-62.994	-46.771	-	0,0%
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-64.650	-48.000	-1.656	2,6%
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE	40%	-63.245	-46.957	-251	0,4%
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	17%	-64.357	-47.783	-1.363	2,2%
EFH Neubau, oK,L/W-EWP	27%	-68.308	-50.717	-5.314	8,4%
EFH Neubau, oK,S/W-EWP	8%	-80.226	-59.566	-17.233	27,4%
EFH Neubau, oK,Pelletkessel	6%	-96.086	-71.341	-33.093	52,5%
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-68.141**	**-50.593**	**-5.148**	**8,2%**
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, regenerativ		-65.977	-48.986	-2.984	4,7%
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, fossil		-65.977	-48.986	-2.984	4,7%
EFH Neubau, oK,Fernwärme Heizwerk, fossil		-65.977	-48.986	-2.984	4,7%

Tabelle 68: Wärmekosten bei Neubau MFHs

Hausvarianten mittelgroße Mehrfamilienhäuser	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren	Barwert (DCF) Wärmekosten nach 20 Jahren	Mehrkosten ggü. Endwert günstigster Lösung (absolut)	Mehrkosten ggü. Endwert günstigster Lösung (in %)
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	1%	-221.927	-164.774	-	0,0%
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-223.388	-165.859	-1.461	0,7%
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	58%	-244.147	-181.272	-22.220	10,0%
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	15%	-241.731	-179.478	-19.804	8,9%
M_MFH Neubau,L/W-EWP	9%	-288.347	-214.089	-66.420	29,9%
M_MFH Neubau,S/W-EWP	6%	-309.603	-229.871	-87.676	39,5%
M_MFH Neubau,Pelletkessel	10%	-317.345	-235.619	-95.418	43,0%
M_MFH Neubau, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-258.580**	**-191.988**	**-36.653**	**16,5%**
M_MFH Neubau,Fernwärme KWK, regenerativ		-302.628	-224.692	-80.701	36,4%
M_MFH Neubau,Fernwärme, KWK fossil		-302.628	-224.692	-80.701	36,4%
M_MFH Neubau,Fernwärme Heizwerk, fossil		-302.628	-224.692	-80.701	36,4%
Hausvarianten große Mehrfamilienhäuser					
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	1%	-421.080	-312.639	-1.512	0,4%
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-419.568	-311.516	-	0,0%
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	68%	-453.683	-336.846	-34.116	8,1%
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	8%	-445.974	-331.123	-26.407	6,3%
G_MFH Neubau,L/W-EWP	7%	-556.834	-413.432	-137.266	32,7%
G_MFH Neubau,S/W-EWP	5%	-595.842	-442.395	-176.274	42,0%
G_MFH Neubau,Pelletkessel	10%	-563.510	-418.390	-143.943	34,3%
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-477.711**	**-354.686**	**-58.143**	**13,9%**
G_MFH Neubau,Fernwärme KWK, regenerativ		-594.599	-441.472	-175.032	41,7%
G_MFH Neubau,Fernwärme, KWK fossil		-594.599	-441.472	-175.032	41,7%
G_MFH Neubau,Fernwärme Heizwerk, fossil		-594.599	-441.472	-175.032	41,7%

Anhang 5.4: Vermieter/Mieter Sichten: Ergebnisse für unsanierte Häuser

Tabelle 69: Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung aus Vermieter- und Mietersicht im Falle eines unsanierten EFH

	Vermietersicht			Mietersicht		
	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert der Investition	VoFi Eigenkapitalrendite	Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	Δ Wärmekosten im ersten Jahr	Durchschnittliches Δ Wärmekosten d. nächsten 20 Jahre p.a.
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
EFH unsaniert,Öl-BW	29%	2.812	5,08%	-6.543	-121	-316
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	2.135	3,16%	-3.941	31	-192
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2%	1.724	2,51%	-4.480	29	-218
EFH unsaniert,Gas-BW	38%	2.372	5,51%	-12.815	-374	-615
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	14%	1.721	3,10%	-11.065	-253	-533
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	1.321	2,39%	-12.664	-298	-610
EFH unsaniert,L/W-EWP	2%	1.361	1,41%	14.469	743	619
EFH unsaniert,Pelletkessel	3%	-9.700	neg EW	14.501	733	621
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**1.969**		**-8.329**	**-178**	**-405**
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		4.764	6,05%	17.359	694	754
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		4.764	6,05%	17.359	694	754
EFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		4.764	6,05%	17.359	694	754

Tabelle 70: Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung aus Vermieter- und Mietersicht im Falle eines unsanierten MFH

	Vermietersicht			Mietersicht		
	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert der Investition	VoFi Eigenkapitalrendite	Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	Δ Wärmekosten im ersten Jahr	Durchschnittliches Δ Wärmekosten d. nächsten 20 Jahre p.a.
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
M_MFH unsaniert,Öl-BW	25%	4.241	3,80%	-37.864	-28.113	-1.088
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	5%	1.669	1,20%	-38.845	-28.841	-953
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-50	neg EW	-44.717	-33.201	-1.109
M_MFH unsaniert,Gas-BW	55%	3.111	3,52%	-56.784	-42.160	-1.811
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	10%	564	0,49%	-62.066	-46.082	-1.830
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-1.180	neg EW	-70.631	-52.442	-2.081
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	1%	882	0,36%	52.251	38.795	2.488
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	1%	-29.601	neg EW	32.334	24.007	1.749
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**2.612**		**-49.153**	**-36.495**	**-1.488**
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		10.033	7,54%	89.509	66.458	3.110
M_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil		10.033	7,54%	89.509	66.458	3.110
M_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		10.033	7,54%	89.509	66.458	3.110
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
G_MFH unsaniert,Öl-BW	23%	6.168	3,79%	-78.181	-58.047	-2.403
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3%	2.279	1,10%	-80.984	-60.128	-2.240
G_MFH unsaniert,Gas-BW	65%	7.016	4,74%	-104.718	-77.750	-3.417
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	7%	3.127	1,60%	-112.815	-83.762	-3.443
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	2%	-39.462	neg EW	30.829	22.889	1.968
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**5.477**		**-95.759**	**-71.098**	**-3.043**
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		15.088	7,88%	146.626	108.865	5.050
G_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil		15.088	7,88%	146.626	108.865	5.050
G_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		15.088	7,88%	146.626	108.865	5.050

Anhang 5.5: Vermieter/Mieter Sichten: Ergebnisse für teilsanierte Häuser

Tabelle 71: Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung aus Vermieter- und Mietersicht im Falle eines teilsanierten EFH

	Vermietersicht			Mietersicht		
	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert der Investition	VoFi Eigenkapitalrendite	Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	Δ Wärmekosten im ersten Jahr	Durchschnittliches Δ Wärmekosten d. nächsten 20 Jahre p.a.
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
EFH teilsaniert,Öl-BW	9%	399	1,08%	-92	106	-11
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	-278	neg EW	2.611	252	105
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	3%	-689	neg EW	1.745	240	66
EFH teilsaniert,Gas-BW	26%	615	2,07%	-4.369	-74	-211
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	27%	-36	neg EW	-2.759	42	-135
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	12%	-434	neg EW	-4.662	-14	-226
EFH teilsaniert,L/W-EWP	4%	-729	neg EW	15.367	728	661
EFH teilsaniert,S/W-EWP	3%	3.287	2,68%	22.985	1.057	990
EFH teilsaniert,Pelletkessel	6%	-12.113	neg EW	21.193	952	914
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-397**		**3.472**	**422**	**128**
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		2.351	3,79%	18.310	725	796
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		2.351	3,79%	18.310	725	796
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		2.351	3,79%	18.310	725	796
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		8.714	5,9%	157.953	5.409	6.916

Tabelle 72: Wirtschaftlichkeit der Heizungssanierung aus Vermieter- und Mietersicht im Falle eines teilsanierten MFH

	Vermietersicht			Mietersicht		
	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert der Investition	VoFi Eigenkapitalrendite	Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren	Δ Wärmekosten im ersten Jahr	Durchschnittliches Δ Wärmekosten d. nächsten 20 Jahre p.a.
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems						
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	18%	155	0,2%	-20.573	-506	-990
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	7%	-2.417	neg EW	-24.529	-477	-1.183
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	-4.136	neg EW	-31.709	-679	-1.528
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	46%	429	0,7%	-33.169	-994	-1.592
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	18%	-2.118	neg EW	-42.207	-1.146	-2.029
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	-3.862	neg EW	-52.445	-1.458	-2.520
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	3%	-2.954	neg EW	53.259	2.388	2.298
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	1%	10.788	2,5%	94.687	4.215	4.088
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	4%	-33.080	neg EW	40.374	1.894	1.737
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-1.776**		**-21.778**	**-543**	**-1.067**
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		5.799	5,7%	85.787	2.975	3.754
M_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		5.799	5,7%	85.787	2.975	3.754
M_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		5.799	5,7%	85.787	2.975	3.754
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	20%	-50	neg EW	-45.948	-1.287	-2.208
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3%	-3.938	neg EW	-50.905	-1.201	-2.450
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	62%	361	0,4%	-64.483	-2.006	-3.094
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	11%	-3.527	neg EW	-75.162	-2.125	-3.611
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	4%	-45.076	neg EW	51.918	2.541	2.227
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**-2.095**		**-56.887**	**-1.669**	**-2.742**
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		8.714	5,9%	157.953	5.409	6.916
G_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		8.714	5,9%	157.953	5.409	6.916
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		8.714	5,9%	157.953	5.409	6.916

Anhang 5.6: Selbstnutzer Sicht: Ergebnisse für Mehrfamilienhäuser

Tabelle 73: Wirtschaftlichkeit der Sanierung eines EFH aus Sicht von Selbstnutzern

	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert der Investition	Barwert der Investiton	Annuität des Investitionser-folgs	Monatlich anteilige Annuität	Monatliche Annuität pro qm	VoFi Eigenkapitalrendite
Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems							
EFH unsaniert,Öl-BW	29%	9.355	6.946	405	33,71	0,20	9,93%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	6.078	4.512	263	21,90	0,13	6,40%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2%	6.205	4.607	268	22,36	0,13	6,16%
EFH unsaniert,Gas-BW	38%	15.188	11.276	657	54,73	0,33	13,82%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	14%	12.786	9.493	553	46,08	0,27	10,41%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	13.986	10.384	605	50,40	0,30	10,51%
EFH unsaniert,L/W-EWP	2%	-11.668	-8.663	-505	-42,05	-0,25	neg EW
EFH unsaniert,Pelletkessel	3%	-23.359	-17.343	-1.010	-84,18	-0,50	neg EW
EFH unsaniert, dezentral Durchschnitt		**10.352**	**7.686**	**448**	**37,31**	**0,22**	
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-11.301	-8.391	-489	-40,73	-0,24	neg EW
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		-11.301	-8.391	-489	-40,73	-0,24	neg EW
EFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-11.301	-8.391	-489	-40,73	-0,24	neg EW
EFH teilsaniert,Öl-BW	9%	575	427	25	2,07	0,01	1,50%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	-2.531	-1.879	-109	-9,12	-0,05	neg EW
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	3%	-2.134	-1.584	-92	-7,69	-0,05	neg EW
EFH teilsaniert,Gas-BW	26%	4.984	3.701	216	17,96	0,11	8,49%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	27%	2.726	2.024	118	9,82	0,06	4,35%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	12%	4.227	3.139	183	15,23	0,09	5,55%
EFH teilsaniert,L/W-EWP	4%	-14.618	-10.853	-632	-52,68	-0,31	neg EW
EFH teilsaniert,S/W-EWP	3%	-17.720	-13.157	-766	-63,86	-0,38	neg EW
EFH teilsaniert,Pelletkessel	6%	-32.694	-24.275	-1.414	-117,82	-0,70	neg EW
EFH teilsaniert, dezentral Durchschnitt		**-3.214**	**-2.387**	**-139**	**-11,58**	**-0,07**	
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-14.895	-11.059	-644	-53,68	-0,32	neg EW
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		-14.895	-11.059	-644	-53,68	-0,32	neg EW
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-14.895	-11.059	-644	-53,68	-0,32	neg EW

Tabelle 74: Wirtschaftlichkeit der Sanierung eines MFH aus Sicht von Selbstnutzern

Alternative Sanierungsvarianten d. Wärmesystems	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Endwert der Investition	Barwert der Investition	Annuität des Investitionserfolgs	Monatlich anteilige Annuität	Monatliche Annuität pro qm	VoFi Eigenkapitalrendite
M_MFH unsaniert,Öl-BW	25%	42.105	31.262	1.821	151,74	0,14	13,24%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	5%	40.515	30.081	1.752	146,01	0,14	10,61%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	44.668	33.164	1.932	160,97	0,15	10,52%
M_MFH unsaniert,Gas-BW	55%	59.894	44.470	2.590	215,85	0,20	16,22%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	10%	62.630	46.501	2.708	225,71	0,21	13,39%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	1%	69.451	51.565	3.003	250,29	0,24	13,26%
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	1%	-46.333	-34.401	-2.004	-166,98	-0,16	neg EW
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	1%	-59.760	-44.370	-2.584	-215,36	-0,20	neg EW
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**51.837**	**38.488**	**2.242**	**186,81**	**0,18**	
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-77.270	-57.370	-3.342	-278,46	-0,26	neg EW
M_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-77.270	-57.370	-3.342	-278,46	-0,26	neg EW
M_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-77.270	-57.370	-3.342	-278,46	-0,26	neg EW
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	18%	20.728	15.390	896	74,70	0,07	10,41%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	7%	22.112	16.418	956	79,69	0,08	8,23%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	1%	27.573	20.472	1.192	99,37	0,09	8,65%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	46%	33.598	24.945	1.453	121,08	0,11	13,76%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	18%	40.090	29.766	1.734	144,48	0,14	11,47%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	48.583	36.072	2.101	175,08	0,17	11,74%
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	3%	-51.945	-38.568	-2.246	-187,20	-0,18	neg EW
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	1%	-77.118	-57.258	-3.335	-277,92	-0,26	neg EW
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	4%	-72.494	-53.825	-3.135	-261,25	-0,25	neg EW
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**23.968**	**17.796**	**1.037**	**86,38**	**0,08**	
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-78.285	-58.124	-3.385	-282,12	-0,27	neg EW
M_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-78.285	-58.124	-3.385	-282,12	-0,27	neg EW
M_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-78.285	-58.124	-3.385	-282,12	-0,27	neg EW
G_MFH unsaniert,Öl-BW	23%	84.349	62.626	3.648	303,98	0,14	14,91%
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3%	83.264	61.821	3.601	300,07	0,14	12,16%
G_MFH unsaniert,Gas-BW	65%	111.734	82.959	4.832	402,67	0,19	17,53%
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	7%	115.942	86.084	5.014	417,83	0,20	14,46%
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	2%	-67.078	-49.803	-2.901	-241,74	-0,11	neg EW
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**101.300**	**75.212**	**4.381**	**365,07**	**0,17**	
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-128.315	-95.270	-5.549	-462,42	-0,22	neg EW
G_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-128.315	-95.270	-5.549	-462,42	-0,22	neg EW
G_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-128.315	-95.270	-5.549	-462,42	-0,22	neg EW
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	20%	45.898	34.078	1.985	165,41	0,08	12,20%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	3%	46.967	34.872	2.031	169,26	0,08	9,65%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	62%	64.844	48.145	2.804	233,69	0,11	14,95%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	11%	71.635	53.187	3.098	258,16	0,12	12,18%
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	4%	-95.171	-70.662	-4.116	-342,98	-0,16	neg EW
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**54.865**	**40.736**	**2.373**	**197,72**	**0,09**	
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		-146.704	-108.923	-6.344	-528,69	-0,25	neg EW
G_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil		-146.704	-108.923	-6.344	-528,69	-0,25	neg EW
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		-146.704	-108.923	-6.344	-528,69	-0,25	neg EW

Anhang 5.7: Robustheit – Kapitalkosten

Tabelle 75: Sensitivitätsanalyse: Fremdkapitalkostensatz 5 % EFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	**-121.051**	**-80.631**	**-50,1%**	**731**	**4.764**	**84,7%**	**24.572**	**17.359**	**-41,5%**	**-22.390**	**-11.301**	**-98,1%**
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-102.619**	**-66.748**	**-53,7%**	**-1.785**	**1.969**	**190,7%**	**-10.453**	**-7.529**	**-38,8%**	**8.707**	**9.552**	**8,8%**
EFH unsaniert,Öl-BW	-92.721	-59.332	-56,3%	-371	2.812	113,2%	-8.212	-6.543	-25,5%	7.841	9.355	16,2%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-103.280	-63.350	-63,0%	-3.145	2.135	247,3%	-4.614	-3.941	-17,1%	1.472	6.078	75,8%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-108.620	-64.176	-69,3%	-4.171	1.724	341,9%	-5.264	-4.480	-17,5%	1.095	6.205	82,3%
EFH unsaniert,Gas-BW	-100.323	-66.716	-50,4%	-4	2.372	100,2%	-16.521	-11.296	-46,3%	16.517	13.668	-20,8%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-109.558	-69.777	-57,0%	-2.744	1.721	259,5%	-14.040	-9.661	-45,3%	11.296	11.382	0,8%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-114.234	-69.701	-63,9%	-3.588	1.321	371,5%	-16.095	-11.359	-41,7%	12.507	12.681	1,4%
EFH unsaniert,L/W-EWP	-136.672	-82.531	-65,6%	-8.120	1.361	696,6%	21.203	14.469	-46,5%	-27.401	-11.668	-134,8%
EFH unsaniert,Pelletkessel	-158.334	-96.144	-64,7%	-22.002	-9.700	-126,8%	21.205	14.501	-46,2%	-43.207	-23.359	-85,0%
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	**-104.246**	**-68.485**	**-52,2%**	**-2.460**	**2.351**	**204,6%**	**25.888**	**18.310**	**-41,4%**	**-27.402**	**-14.895**	**-84,0%**
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-99.410**	**-61.604**	**-61,4%**	**-6.010**	**-572**	**-950,9%**	**1.327**	**441**	**-201,0%**	**-7.133**	**-804**	**-787,0%**
EFH teilsaniert,Öl-BW	-84.216	-53.185	-58,3%	-3.562	399	993,5%	351	-92	479,6%	-3.690	575	742,1%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-94.514	-57.015	-65,8%	-6.336	-278	-2179,0%	4.343	2.611	-66,3%	-9.918	-2.531	-291,9%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-99.449	-57.547	-72,8%	-7.362	-689	-968,8%	3.219	1.745	-84,5%	-9.895	-2.134	-363,6%
EFH teilsaniert,Gas-BW	-88.431	-58.193	-52,0%	-2.289	615	472,2%	-5.462	-4.369	-25,0%	3.173	4.984	36,3%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-97.449	-61.098	-59,5%	-5.029	-36	-13790,1%	-3.160	-2.759	-14,6%	-1.859	2.726	168,2%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-101.706	-60.703	-67,5%	-5.865	-434	-1250,5%	-5.619	-4.662	-20,5%	-247	4.227	105,8%
EFH teilsaniert,L/W-EWP	-116.844	-70.083	-66,7%	-9.411	-729	-1190,6%	22.250	15.367	-44,8%	-30.481	-14.618	-108,5%
EFH teilsaniert,S/W-EWP	-141.512	-76.371	-85,3%	-8.663	3.287	363,6%	33.141	22.985	-44,2%	-40.547	-17.720	-128,8%
EFH teilsaniert,Pelletkessel	-149.473	-89.739	-66,6%	-25.698	-12.113	-112,2%	30.465	21.193	-43,7%	-56.163	-32.694	-71,8%
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, regenerativ	**-136.970**	**-87.168**	**-57,1%**									
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-129.469**	**-77.595**	**-66,9%**									
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE	-130.429	-76.106	-71,4%									
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-135.477	-77.802	-74,1%									
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE	-131.255	-79.004	-66,1%									
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-135.014	-79.768	-69,3%									
EFH Neubau, mK,L/W-EWP	-147.590	-88.368	-67,0%									
EFH Neubau, mK,S/W-EWP	-172.115	-100.644	-71,0%									
EFH Neubau, mK,Pelletkessel	-191.769	-117.229	-63,6%									
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, regenerativ	**-104.696**	**-64.583**	**-62,1%**									
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-115.667**	**-67.854**	**-70,5%**									
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE	-115.726	-67.129	-72,4%									
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-119.207	-68.262	-74,6%									
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE	-106.516	-62.666	-70,0%									
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-110.175	-63.927	-72,3%									
EFH Neubau, oK,L/W-EWP	-116.143	-68.551	-69,4%									
EFH Neubau, oK,S/W-EWP	-133.513	-76.283	-75,0%									
EFH Neubau, oK,Pelletkessel	-165.700	-99.243	-67,0%									

Tabelle 76: Sensitivitätsanalyse: Fremdkapitalkostensatz 5 % Mittelgroßes MFH

Hausvarianten	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
M_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-503.913**	**-354.515**	**-42,1%**	**5.418**	**10.033**	**46,0%**	**124.650**	**89.509**	**-39,3%**	**-116.380**	**-77.270**	**-50,6%**
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-377.212**	**-260.013**	**-45,1%**	**-5.820**	**2.612**	**322,8%**	**-63.446**	**-49.153**	**-29,1%**	**57.672**	**51.837**	**-11,3%**
M_MFH unsaniert,Öl-BW	-334.257	-229.996	-45,3%	-3.491	4.241	182,3%	-48.755	-37.864	-28,8%	45.265	42.105	-7,5%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-351.485	-232.686	-51,1%	-12.248	1.669	833,6%	-49.499	-38.845	-27,4%	37.251	40.515	8,1%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-370.942	-232.865	-59,3%	-16.221	-50	-32531,8%	-57.019	-44.717	-27,5%	40.798	44.668	8,7%
M_MFH unsaniert,Gas-BW	-394.902	-275.890	-43,1%	-3.424	3.111	210,1%	-73.690	-56.784	-29,8%	70.266	59.894	-17,3%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-405.595	-273.856	-48,1%	-12.147	564	2253,3%	-80.067	-62.066	-29,0%	67.920	62.630	-8,4%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-421.023	-271.123	-55,3%	-16.154	-1.180	-1268,4%	-91.114	-70.631	-29,0%	74.960	69.451	-7,9%
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	-510.357	-328.192	-55,5%	-27.021	882	3162,9%	75.714	52.251	-44,9%	-98.213	-46.333	-112,0%
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	-529.497	-343.282	-54,2%	-64.274	-29.601	-117,1%	47.777	32.334	-47,8%	-112.051	-59.760	-87,5%
M_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-425.632**	**-298.505**	**-42,6%**	**267**	**5.799**	**95,4%**	**119.441**	**85.787**	**-39,2%**	**-117.302**	**-78.285**	**-49,8%**
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-336.037**	**-228.496**	**-47,1%**	**-12.474**	**-1.748**	**-613,8%**	**-32.089**	**-25.481**	**-25,9%**	**19.741**	**23.968**	**17,6%**
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	-285.857	-196.440	-45,5%	-7.778	155	5121,8%	-26.219	-20.573	-27,4%	18.441	20.728	11,0%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-298.591	-195.881	-52,4%	-16.535	-2.417	-584,1%	-30.860	-24.529	-25,8%	14.325	22.112	35,2%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-316.073	-194.633	-62,4%	-20.508	-4.136	-395,8%	-40.092	-31.709	-26,4%	19.584	27.573	29,0%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	-337.838	-235.672	-43,4%	-6.166	429	1537,3%	-42.841	-33.169	-29,2%	36.675	33.598	-9,2%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-342.858	-229.538	-49,4%	-14.890	-2.118	-603,1%	-54.138	-42.207	-28,3%	39.248	40.090	2,1%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-355.760	-224.979	-58,1%	-18.896	-3.862	-389,3%	-67.375	-52.445	-28,5%	48.479	48.583	0,2%
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	-428.976	-276.251	-55,3%	-27.556	-2.954	-833,0%	76.529	53.259	-43,7%	-101.175	-51.945	-94,8%
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	-516.364	-306.364	-68,5%	-32.944	10.788	405,4%	135.921	94.687	-43,5%	-165.014	-77.118	-114,0%
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	-456.319	-297.557	-53,4%	-66.522	-33.080	-101,1%	58.386	40.374	-44,6%	-124.908	-72.494	-72,3%
M_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-461.004**	**-302.628**	**-52,3%**									
M_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-417.718**	**-257.573**	**-62,2%**									
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	-373.278	-221.927	-68,2%									
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-384.174	-223.388	-72,0%									
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	-396.119	-244.147	-62,2%									
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-401.650	-241.731	-66,2%									
M_MFH Neubau,L/W-EWP	-483.702	-288.347	-67,7%									
M_MFH Neubau,S/W-EWP	-508.555	-317.345	-60,3%									
M_MFH Neubau,Pelletkessel	-461.004	-302.628	-52,3%									

Tabelle 77: Sensitivitätsanalyse: Fremdkapitalkostensatz 5 % Großes MFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
G_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-893.484**	**-632.522**	**-41,3%**	**9.254**	**15.088**	**38,7%**	**204.000**	**146.626**	**-39,1%**	**-190.430**	**-128.315**	**-48,4%**
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-661.675**	**-461.157**	**-43,5%**	**-5.689**	**5.477**	**203,9%**	**-124.159**	**-95.759**	**-29,7%**	**118.469**	**101.300**	**-16,9%**
G_MFH unsaniert,Öl-BW	-591.039	-410.318	-44,0%	-5.087	6.168	182,5%	-101.170	-78.181	-29,4%	96.083	84.349	-13,9%
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-615.605	-412.951	-49,1%	-18.575	2.279	914,9%	-104.004	-80.984	-28,4%	85.429	83.264	-2,6%
G_MFH unsaniert,Gas-BW	-678.455	-476.396	-42,4%	-1.778	7.016	125,3%	-136.143	-104.718	-30,0%	134.365	111.734	-20,3%
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-695.026	-473.251	-46,9%	-15.266	3.127	588,1%	-145.911	-112.815	-29,3%	130.644	115.942	-12,7%
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	-880.986	-580.537	-51,8%	-86.893	-39.462	-120,2%	46.869	30.829	-52,0%	-133.762	-67.078	-99,4%
G_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-778.609**	**-549.948**	**-41,6%**	**1.183**	**8.714**	**86,4%**	**219.624**	**157.953**	**-39,0%**	**-215.534**	**-146.704**	**-46,9%**
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-574.316**	**-397.976**	**-44,3%**	**-15.568**	**-2.095**	**-643,1%**	**-73.149**	**-56.887**	**-28,6%**	**57.581**	**54.865**	**-4,9%**
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	-507.702	-351.453	-44,5%	-12.236	-50	-24504,0%	-59.060	-45.948	-28,5%	46.823	45.898	-2,0%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-529.014	-351.734	-50,4%	-25.725	-3.938	-553,2%	-64.716	-50.905	-27,1%	38.991	46.967	17,0%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	-581.929	-407.597	-42,8%	-9.818	361	2816,4%	-83.521	-64.483	-29,5%	73.703	64.844	-13,7%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-594.599	-401.633	-48,0%	-23.306	-3.527	-560,8%	-96.672	-75.162	-28,6%	73.365	71.635	-2,4%
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	-767.601	-506.078	-51,7%	-92.460	-45.076	-105,1%	75.541	51.918	-45,5%	-168.001	-95.171	-76,5%
G_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-900.444**	**-594.599**	**-51,4%**									
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-769.657**	**-479.203**	**-60,6%**									
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	-701.076	-421.080	-66,5%									
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-715.066	-419.568	-70,4%									
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	-729.992	-453.683	-60,9%									
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-735.410	-445.974	-64,9%									
G_MFH Neubau,L/W-EWP	-933.275	-556.834	-67,6%									
G_MFH Neubau,S/W-EWP	-897.883	-563.510	-59,3%									
G_MFH Neubau,Pelletkessel	-900.444	-594.599	-51,4%									

Anhang 5.8: Robustheit – Umlagefähige Investitionskosten

Tabelle 78: Sensitivitätsanalyse: Anteil modernisierender Instandhaltungskosten 70 % EFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	**-121.051**	**-80.631**	**-50,1%**	**7.357**	**4.764**	**-54,4%**	**32.319**	**17.359**	**-86,2%**	**-22.390**	**-11.301**	**-98,1%**
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-102.619**	**-66.748**	**-53,7%**	**3.757**	**1.969**	**-90,8%**	**-4.710**	**-7.529**	**37,4%**	**8.707**	**9.552**	**8,8%**
EFH unsaniert,Öl-BW	-92.721	-59.332	-56,3%	4.785	2.812	-70,2%	-3.033	-6.543	53,6%	7.841	9.355	16,2%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-103.280	-63.350	-63,0%	4.550	2.135	-113,1%	3.984	-3.941	201,1%	1.472	6.078	75,8%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-108.620	-64.176	-69,3%	4.197	1.724	-143,4%	4.054	-4.480	190,5%	1.095	6.205	82,3%
EFH unsaniert,Gas-BW	-100.323	-66.716	-50,4%	3.830	2.372	-61,5%	-12.687	-11.296	-12,3%	16.517	13.668	-20,8%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-109.558	-69.777	-57,0%	3.628	1.721	-110,8%	-7.668	-9.661	20,6%	11.296	11.382	0,8%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-114.234	-69.701	-63,9%	3.224	1.321	-144,0%	-9.283	-11.359	18,3%	12.507	12.681	1,4%
EFH unsaniert,L/W-EWP	-136.672	-82.531	-65,6%	5.033	1.361	-269,7%	36.582	14.469	-152,8%	-27.401	-11.668	-134,8%
EFH unsaniert,Pelletkessel	-158.334	-96.144	-64,7%	-9.953	-9.700	-2,6%	34.627	14.501	-138,8%	-43.207	-23.359	-85,0%
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	**-104.246**	**-68.485**	**-52,2%**	**4.166**	**2.351**	**-77,2%**	**33.635**	**18.310**	**-83,7%**	**-27.402**	**-14.895**	**-84,0%**
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-99.410**	**-61.604**	**-61,4%**	**611**	**-572**	**206,9%**	**8.702**	**441**	**-1874,3%**	**-7.133**	**-804**	**-787,0%**
EFH teilsaniert,Öl-BW	-84.216	-53.185	-58,3%	1.594	399	-299,9%	6.380	-92	6999,7%	-3.690	575	742,1%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-94.514	-57.015	-65,8%	1.359	-278	588,7%	13.340	2.611	-410,9%	-9.918	-2.531	-291,9%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-99.449	-57.547	-72,8%	1.006	-689	246,0%	13.004	1.745	-645,1%	-9.895	-2.134	-363,6%
EFH teilsaniert,Gas-BW	-88.431	-58.193	-52,0%	1.492	615	-142,5%	-1.645	-4.369	62,3%	3.173	4.984	36,3%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-97.449	-61.098	-59,5%	1.290	-36	3661,9%	3.988	-2.759	244,6%	-1.859	2.726	168,2%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-101.706	-60.703	-67,5%	885	-434	303,8%	1.691	-4.662	136,3%	-247	4.227	105,8%
EFH teilsaniert,L/W-EWP	-116.844	-70.083	-66,7%	1.689	-729	331,6%	35.228	15.367	-129,2%	-30.481	-14.618	-108,5%
EFH teilsaniert,S/W-EWP	-141.512	-76.371	-85,3%	6.019	3.287	-83,2%	50.309	22.985	-118,9%	-40.547	-17.720	-128,8%
EFH teilsaniert,Pelletkessel	-149.473	-89.739	-66,6%	-13.144	-12.113	-8,5%	43.886	21.193	-107,1%	-56.163	-32.694	-71,8%
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, regenerativ	**-136.970**	**-87.168**	**-57,1%**									
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-129.469**	**-77.595**	**-66,9%**									
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE	-130.429	-76.106	-71,4%									
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-135.477	-77.802	-74,1%									
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE	-131.255	-79.004	-66,1%									
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-135.014	-79.768	-69,3%									
EFH Neubau, mK,L/W-EWP	-147.590	-88.368	-67,0%									
EFH Neubau, mK,S/W-EWP	-172.115	-100.644	-71,0%									
EFH Neubau, mK,Pelletkessel	-191.769	-117.229	-63,6%									
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, regenerativ	**-104.696**	**-64.583**	**-62,1%**									
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-115.667**	**-67.854**	**-70,5%**									
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE	-115.726	-67.129	-72,4%									
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-119.207	-68.262	-74,6%									
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE	-106.516	-62.666	-70,0%									
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-110.175	-63.927	-72,3%									
EFH Neubau, oK,L/W-EWP	-116.143	-68.551	-69,4%									
EFH Neubau, oK,S/W-EWP	-133.513	-76.283	-75,0%									
EFH Neubau, oK,Pelletkessel	-165.700	-99.243	-67,0%									

Tabelle 79: Sensitivitätsanalyse: Anteil modernisierender Instandhaltungskosten 70 % mittelgroßes MFH

Hausvarianten	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
M_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-354.515**	**-354.515**	**0,0%**	**17.094**	**10.033**	**-70,4%**	**97.292**	**89.509**	**-8,7%**	**-77.270**	**-77.270**	**0,0%**
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-260.013**	**-260.013**	**0,0%**	**11.581**	**2.612**	**-343,4%**	**-40.132**	**-49.153**	**18,4%**	**51.837**	**51.837**	**0,0%**
M_MFH unsaniert,Öl-BW	-229.996	-229.996	0,0%	13.057	4.241	-207,8%	-29.049	-37.864	23,3%	42.105	42.105	0,0%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-232.686	-232.686	0,0%	16.023	1.669	-859,8%	-24.491	-38.845	37,0%	40.515	40.515	0,0%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-232.865	-232.865	0,0%	16.062	-50	32411,7%	-28.606	-44.717	36,0%	44.668	44.668	0,0%
M_MFH unsaniert,Gas-BW	-275.890	-275.890	0,0%	10.311	3.111	-231,5%	-49.583	-56.784	12,7%	59.894	59.894	0,0%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-273.856	-273.856	0,0%	13.303	564	-2258,1%	-49.327	-62.066	20,5%	62.630	62.630	0,0%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-271.123	-271.123	0,0%	13.316	-1.180	1228,0%	-56.135	-70.631	20,5%	69.451	69.451	0,0%
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	-328.192	-328.192	0,0%	28.229	882	-3099,8%	82.394	52.251	-57,7%	-46.333	-46.333	0,0%
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	-343.282	-343.282	0,0%	-6.152	-29.601	79,2%	58.179	32.334	-79,9%	-59.760	-59.760	0,0%
M_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-298.505**	**-298.505**	**0,0%**	**12.399**	**5.799**	**-113,8%**	**93.061**	**85.787**	**-8,5%**	**-78.285**	**-78.285**	**0,0%**
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-228.496**	**-228.496**	**0,0%**	**7.903**	**-1.748**	**552,2%**	**-15.641**	**-25.481**	**38,6%**	**23.968**	**23.968**	**0,0%**
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	-196.440	-196.440	0,0%	7.816	155	-4946,4%	-12.911	-20.573	37,2%	20.728	20.728	0,0%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-195.881	-195.881	0,0%	10.783	-2.417	546,1%	-11.318	-24.529	53,9%	22.112	22.112	0,0%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-194.633	-194.633	0,0%	10.821	-4.136	361,6%	-16.751	-31.709	47,2%	27.573	27.573	0,0%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	-235.672	-235.672	0,0%	6.798	429	-1484,7%	-26.799	-33.169	19,2%	33.598	33.598	0,0%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-229.538	-229.538	0,0%	9.790	-2.118	562,3%	-30.300	-42.207	28,2%	40.090	40.090	0,0%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-224.979	-224.979	0,0%	9.803	-3.862	353,8%	-38.780	-52.445	26,1%	48.583	48.583	0,0%
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	-276.251	-276.251	0,0%	19.858	-2.954	772,3%	78.403	53.259	-47,2%	-51.945	-51.945	0,0%
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	-306.364	-306.364	0,0%	49.742	10.788	-361,1%	137.623	94.687	-45,3%	-77.118	-77.118	0,0%
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	-297.557	-297.557	0,0%	-13.649	-33.080	58,7%	61.792	40.374	-53,0%	-72.494	-72.494	0,0%
M_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-302.628**	**-302.628**	**0,0%**									
M_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-257.573**	**-257.573**	**0,0%**									
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	-221.927	-221.927	0,0%									
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-223.388	-223.388	0,0%									
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	-244.147	-244.147	0,0%									
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-241.731	-241.731	0,0%									
M_MFH Neubau,L/W-EWP	-288.347	-288.347	0,0%									
M_MFH Neubau,S/W-EWP	-317.345	-317.345	0,0%									
M_MFH Neubau,Pelletkessel	-302.628	-302.628	0,0%									

Tabelle 80: Sensitivitätsanalyse: Anteil modernisierender Instandhaltungskosten 70 % großes MFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
G_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-632.522**	**-632.522**	**0,0%**	**24.873**	**15.088**	**-64,9%**	**157.411**	**146.626**	**-7,4%**	**-128.315**	**-128.315**	**0,0%**
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-461.157**	**-461.157**	**0,0%**	**17.987**	**5.477**	**-228,4%**	**-83.182**	**-95.759**	**13,1%**	**101.300**	**101.300**	**0,0%**
G_MFH unsaniert,Öl-BW	-410.318	-410.318	0,0%	19.045	6.168	-208,8%	-65.304	-78.181	16,5%	84.349	84.349	0,0%
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-412.951	-412.951	0,0%	23.787	2.279	-943,6%	-59.476	-80.984	26,6%	83.264	83.264	0,0%
G_MFH unsaniert,Gas-BW	-476.396	-476.396	0,0%	17.631	7.016	-151,3%	-94.103	-104.718	10,1%	111.734	111.734	0,0%
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-473.251	-473.251	0,0%	22.374	3.127	-615,4%	-93.569	-112.815	17,1%	115.942	115.942	0,0%
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	-580.537	-580.537	0,0%	-6.681	-39.462	83,1%	66.960	30.829	-117,2%	-67.078	-67.078	0,0%
G_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-549.948**	**-549.948**	**0,0%**	**18.129**	**8.714**	**-108,1%**	**168.331**	**157.953**	**-6,6%**	**-146.704**	**-146.704**	**0,0%**
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-397.976**	**-397.976**	**0,0%**	**10.150**	**-2.095**	**584,5%**	**-44.524**	**-56.887**	**21,7%**	**54.865**	**54.865**	**0,0%**
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	-351.453	-351.453	0,0%	11.720	-50	23664,8%	-34.178	-45.948	25,6%	45.898	45.898	0,0%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-351.734	-351.734	0,0%	16.462	-3.938	518,0%	-30.505	-50.905	40,1%	46.967	46.967	0,0%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	-407.597	-407.597	0,0%	10.192	361	-2719,9%	-54.652	-64.483	15,2%	64.844	64.844	0,0%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-401.633	-401.633	0,0%	14.935	-3.527	523,4%	-56.701	-75.162	24,6%	71.635	71.635	0,0%
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	-506.078	-506.078	0,0%	-16.248	-45.076	64,0%	83.693	51.918	-61,2%	-95.171	-95.171	0,0%
G_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-594.599**	**-594.599**	**0,0%**									
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-479.203**	**-479.203**	**0,0%**									
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	-421.080	-421.080	0,0%									
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-419.568	-419.568	0,0%									
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	-453.683	-453.683	0,0%									
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-445.974	-445.974	0,0%									
G_MFH Neubau,L/W-EWP	-556.834	-556.834	0,0%									
G_MFH Neubau,S/W-EWP	-563.510	-563.510	0,0%									
G_MFH Neubau,Pelletkessel	-594.599	-594.599	0,0%									

Anhang 5.9: Robustheit – Energiepreisentwicklung

Tabelle 81: Sensitivitätsanalyse: +5 % Energiepreissteigerung p.a. EFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	**-94.091**	**-80.631**	**-16,7%**	**4.764**	**4.764**	**0,0%**	**19.262**	**17.359**	**-11,0%**	**-13.204**	**-11.301**	**-16,8%**
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-75.217**	**-66.748**	**-12,7%**	**1.969**	**1.969**	**0,0%**	**-12.471**	**-7.529**	**-65,6%**	**14.492**	**9.552**	**-51,7%**
EFH unsaniert,Öl-BW	-67.188	-59.332	-13,2%	2.812	2.812	0,0%	-10.051	-6.543	-53,6%	12.863	9.355	-37,5%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-70.550	-63.350	-11,4%	2.135	2.135	0,0%	-8.071	-3.941	-104,8%	10.207	6.078	-68,0%
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-70.797	-64.176	-10,3%	1.724	1.724	0,0%	-9.160	-4.480	-104,5%	10.885	6.205	-75,4%
EFH unsaniert,Gas-BW	-77.648	-66.716	-16,4%	2.372	2.372	0,0%	-17.178	-11.296	-52,1%	19.550	13.668	-43,0%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-79.850	-69.777	-14,4%	1.721	1.721	0,0%	-16.243	-9.661	-68,1%	17.964	11.382	-57,8%
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-79.044	-69.701	-13,4%	1.321	1.321	0,0%	-18.533	-11.359	-63,2%	19.855	12.681	-56,6%
EFH unsaniert,L/W-EWP	-92.282	-82.531	-11,8%	1.361	1.361	0,0%	12.662	14.469	12,5%	-9.956	-11.668	14,7%
EFH unsaniert,Pelletkessel	-104.968	-96.144	-9,2%	-9.700	-9.700	0,0%	11.768	14.501	18,8%	-20.626	-23.359	11,7%
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	**-79.283**	**-68.485**	**-15,8%**	**2.351**	**2.351**	**0,0%**	**20.422**	**18.310**	**-11,5%**	**-17.006**	**-14.895**	**-14,2%**
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-69.394**	**-61.604**	**-12,6%**	**-572**	**-572**	**0,0%**	**-2.267**	**441**	**614,3%**	**1.877**	**-804**	**333,4%**
EFH teilsaniert,Öl-BW	-59.694	-53.185	-12,2%	399	399	0,0%	-2.207	-92	-2286,8%	2.639	575	-359,2%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-62.827	-57.015	-10,2%	-278	-278	0,0%	-264	2.611	110,1%	194	-2.531	107,7%
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-62.715	-57.547	-9,0%	-689	-689	0,0%	-1.752	1.745	200,4%	1.201	-2.134	156,3%
EFH teilsaniert,Gas-BW	-67.285	-58.193	-15,6%	615	615	0,0%	-6.794	-4.369	-55,5%	7.409	4.984	-48,7%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-69.296	-61.098	-13,4%	-36	-36	0,0%	-6.033	-2.759	-118,7%	5.999	2.726	-120,0%
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-68.104	-60.703	-12,2%	-434	-434	0,0%	-8.690	-4.662	-86,4%	8.256	4.227	-95,3%
EFH teilsaniert,L/W-EWP	-78.080	-70.083	-11,4%	-729	-729	0,0%	14.676	15.367	4,5%	-13.964	-14.618	4,5%
EFH teilsaniert,S/W-EWP	-84.279	-76.371	-10,4%	3.287	3.287	0,0%	22.207	22.985	3,4%	-16.942	-17.720	4,4%
EFH teilsaniert,Pelletkessel	-97.160	-89.739	-8,3%	-12.113	-12.113	0,0%	19.928	21.193	6,0%	-31.429	-32.694	3,9%
EFH Neubau, mK,Fernwärme KWK, regenerativ	**-100.876**	**-87.168**	**-15,7%**									
EFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-86.197**	**-77.595**	**-11,1%**									
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE	-82.747	-76.106	-8,7%									
EFH Neubau, mK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-83.585	-77.802	-7,4%									
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE	-88.258	-79.004	-11,7%									
EFH Neubau, mK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-87.955	-79.768	-10,3%									
EFH Neubau, mK,L/W-EWP	-98.528	-88.368	-11,5%									
EFH Neubau, mK,S/W-EWP	-110.154	-100.644	-9,4%									
EFH Neubau, mK,Pelletkessel	-127.922	-117.229	-9,1%									
EFH Neubau, oK,Fernwärme KWK, regenerativ	**-73.725**	**-64.583**	**-14,2%**									
EFH Neubau oK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-74.364**	**-67.854**	**-9,6%**									
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE	-72.884	-67.129	-8,6%									
EFH Neubau, oK,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-73.288	-68.262	-7,4%									
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE	-69.039	-62.666	-10,2%									
EFH Neubau, oK,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-69.601	-63.927	-8,9%									
EFH Neubau, oK,L/W-EWP	-75.873	-68.551	-10,7%									
EFH Neubau, oK,S/W-EWP	-82.284	-76.283	-7,9%									
EFH Neubau, oK,Pelletkessel	-106.436	-99.243	-7,2%									

Tabelle 82: Sensitivitätsanalyse: +5 % Energiepreissteigerung p.a. mittelgroßes MFH

Hausvarianten	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
M_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-426.422**	**-354.515**	**-20,3%**	**10.033**	**10.033**	**0,0%**	**106.165**	**89.509**	**-18,6%**	**-77.270**	**-77.270**	**0,0%**
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-308.171**	**-260.013**	**-18,5%**	**2.612**	**2.612**	**0,0%**	**-65.287**	**-49.153**	**-32,8%**	**51.837**	**51.837**	**0,0%**
M_MFH unsaniert,Öl-BW	-271.074	-229.996	-17,9%	4.241	4.241	0,0%	-51.298	-37.864	-35,5%	42.105	42.105	0,0%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-270.004	-232.686	-16,0%	1.669	1.669	0,0%	-55.843	-38.845	-43,8%	40.515	40.515	0,0%
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-267.666	-232.865	-14,9%	-50	-50	0,0%	-64.101	-44.717	-43,3%	44.668	44.668	0,0%
M_MFH unsaniert,Gas-BW	-329.291	-275.890	-19,4%	3.111	3.111	0,0%	-73.580	-56.784	-29,6%	59.894	59.894	0,0%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-322.468	-273.856	-17,8%	564	564	0,0%	-83.402	-62.066	-34,4%	62.630	62.630	0,0%
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-316.574	-271.123	-16,8%	-1.180	-1.180	0,0%	-94.964	-70.631	-34,4%	69.451	69.451	0,0%
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	-379.470	-328.192	-15,6%	882	882	0,0%	48.279	52.251	7,6%	-46.333	-46.333	0,0%
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	-390.873	-343.282	-13,9%	-29.601	-29.601	0,0%	24.675	32.334	23,7%	-59.760	-59.760	0,0%
M_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-358.433**	**-298.505**	**-20,1%**	**5.799**	**5.799**	**0,0%**	**101.906**	**85.787**	**-18,8%**	**-78.285**	**-78.285**	**0,0%**
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-268.957**	**-228.496**	**-17,7%**	**-1.748**	**-1.748**	**0,0%**	**-36.725**	**-25.481**	**-44,1%**	**23.968**	**23.968**	**0,0%**
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	-230.902	-196.440	-17,5%	155	155	0,0%	-29.431	-20.573	-43,1%	20.728	20.728	0,0%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-225.872	-195.881	-15,3%	-2.417	-2.417	0,0%	-37.627	-24.529	-53,4%	22.112	22.112	0,0%
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-221.794	-194.633	-14,0%	-4.136	-4.136	0,0%	-47.488	-31.709	-49,8%	27.573	27.573	0,0%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	-280.790	-235.672	-19,1%	429	429	0,0%	-44.139	-33.169	-33,1%	33.598	33.598	0,0%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-268.969	-229.538	-17,2%	-2.118	-2.118	0,0%	-58.569	-42.207	-38,8%	40.090	40.090	0,0%
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-260.849	-224.979	-15,9%	-3.862	-3.862	0,0%	-72.183	-52.445	-37,6%	48.583	48.583	0,0%
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	-319.046	-276.251	-15,5%	-2.954	-2.954	0,0%	52.247	53.259	1,9%	-51.945	-51.945	0,0%
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	-348.337	-306.364	-13,7%	10.788	10.788	0,0%	92.853	94.687	1,9%	-77.118	-77.118	0,0%
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	-337.893	-297.557	-13,6%	-33.080	-33.080	0,0%	36.903	40.374	8,6%	-72.494	-72.494	0,0%
M_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-356.298**	**-302.628**	**-17,7%**									
M_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-293.393**	**-257.573**	**-13,9%**									
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	-247.761	-221.927	-11,6%									
M_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-245.853	-223.388	-10,1%									
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	-278.341	-244.147	-14,0%									
M_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-271.700	-241.731	-12,4%									
M_MFH Neubau,L/W-EWP	-326.369	-288.347	-13,2%									
M_MFH Neubau,S/W-EWP	-354.350	-317.345	-11,7%									
M_MFH Neubau,Pelletkessel	-356.298	-302.628	-17,7%									

Tabelle 83: Sensitivitätsanalyse: +5 % Energiepreissteigerung p.a. großes MFH

Hausvarianten Bestand	Endwert Wärmekosten nach 20 Jahren			Eigentümer: Endwert der Investition			Mieter: Endwert d. Δ Wärmekosten in 20 Jahren			Selbstnutzer: Endwert der Investition		
	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung	Szenario	Ausgangswert	Abweichung
G_MFH unsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-763.363**	**-632.522**	**-20,7%**	**15.088**	**15.088**	**0,0%**	**174.460**	**146.626**	**-19,0%**	**-156.149**	**-128.315**	**-21,7%**
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-550.334**	**-461.157**	**-19,3%**	**5.477**	**5.477**	**0,0%**	**-124.465**	**-95.759**	**-30,0%**	**129.995**	**101.300**	**-28,3%**
G_MFH unsaniert,Öl-BW	-487.079	-410.318	-18,7%	6.168	6.168	0,0%	-103.059	-78.181	-31,8%	109.227	84.349	-29,5%
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-483.668	-412.951	-17,1%	2.279	2.279	0,0%	-111.593	-80.984	-37,8%	113.872	83.264	-36,8%
G_MFH unsaniert,Gas-BW	-571.005	-476.396	-19,9%	7.016	7.016	0,0%	-134.321	-104.718	-28,3%	141.337	111.734	-26,5%
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-560.549	-473.251	-18,4%	3.127	3.127	0,0%	-149.348	-112.815	-32,4%	152.475	115.942	-31,5%
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	-670.194	-580.537	-15,4%	-39.462	-39.462	0,0%	17.478	30.829	43,3%	-54.290	-67.078	19,1%
G_MFH teilsaniert,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-662.929**	**-549.948**	**-20,5%**	**8.714**	**8.714**	**0,0%**	**188.493**	**157.953**	**-19,3%**	**-177.243**	**-146.704**	**-20,8%**
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-473.226**	**-397.976**	**-18,9%**	**-2.095**	**-2.095**	**0,0%**	**-76.675**	**-56.887**	**-34,8%**	**74.653**	**54.865**	**-36,1%**
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	-416.022	-351.453	-18,4%	-50	-50	0,0%	-62.889	-45.948	-36,9%	62.839	45.898	-36,9%
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	-409.743	-351.734	-16,5%	-3.938	-3.938	0,0%	-74.065	-50.905	-45,5%	70.127	46.967	-49,3%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	-487.631	-407.597	-19,6%	361	361	0,0%	-84.517	-64.483	-31,1%	84.878	64.844	-30,9%
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	-473.737	-401.633	-18,0%	-3.527	-3.527	0,0%	-102.712	-75.162	-36,7%	99.185	71.635	-38,5%
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	-582.178	-506.078	-15,0%	-45.076	-45.076	0,0%	45.577	51.918	12,2%	-88.829	-95.171	6,7%
G_MFH Neubau,Fern-/Nahwärme KWK, regenerativ	**-702.861**	**-594.599**	**-18,2%**									
G_MFH Neubau mK, dezentral erwärmt Durchschnitt	**-550.517**	**-479.203**	**-14,9%**									
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE	-474.925	-421.080	-12,8%									
G_MFH Neubau,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	-466.400	-419.568	-11,2%									
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE	-520.781	-453.683	-14,8%									
G_MFH Neubau,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	-504.702	-445.974	-13,2%									
G_MFH Neubau,L/W-EWP	-635.202	-556.834	-14,1%									
G_MFH Neubau,S/W-EWP	-636.924	-563.510	-13,0%									
G_MFH Neubau,Pelletkessel	-702.861	-594.599	-18,2%									

Anhang 5.10: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Endenergie

Tabelle 84: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Endenergie im EFH

Kosten pro kWh/a Endenergie						
	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter Endenergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a
Hausvarianten Bestand						
EFH unsaniert,Öl-BW	29%	9.371	0,73	0,22	-0,52	0,74
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	11.393	0,34	0,14	-0,26	0,40
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2%	12.934	0,25	0,10	-0,26	0,36
EFH unsaniert,Gas-BW	38%	9.371	1,26	0,19	-1,02	1,20
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	14%	11.393	0,83	0,11	-0,72	0,83
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	12.934	0,74	0,08	-0,73	0,80
EFH unsaniert,L/W-EWP	2%	23.830	-0,43	0,04	0,45	-0,36
EFH unsaniert,Pelletkessel	3%	4.714	-4,34	-1,53	2,28	-3,68
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**9.727**	**0,70**	**0,13**	**-0,58**	**0,72**
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		8.222	-1,09	0,43	1,57	-1,02
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		8.222	-1,09	0,43	1,57	-1,02
EFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		8.222	-1,09	0,43	1,57	-1,02
EFH teilsaniert,Öl-BW	9%	4.492	-0,06	0,07	-0,02	0,09
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	6.590	-0,47	-0,03	0,29	-0,29
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	3%	8.280	-0,42	-0,06	0,16	-0,19
EFH teilsaniert,Gas-BW	26%	4.492	0,78	0,10	-0,72	0,82
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	27%	6.590	0,20	-0,00	-0,31	0,31
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	12%	8.280	0,20	-0,04	-0,42	0,38
EFH teilsaniert,L/W-EWP	4%	16.219	-0,79	-0,03	0,70	-0,67
EFH teilsaniert,S/W-EWP	3%	16.352	-1,07	0,15	1,04	-0,80
EFH teilsaniert,Pelletkessel	6%	691	-39,63	-13,01	22,77	-35,12
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**6.433**	**-2,23**	**-0,76**	**1,14**	**-1,84**
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		3.602	-3,22	0,48	3,77	-3,07
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		3.602	-3,22	0,48	3,77	-3,07
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		3.602	-3,22	0,48	3,77	-3,07

Tabelle 85: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Endenergie im mittelgroßen MFH

Kosten pro kWh/a Endenergie					
Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter Endenergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a
M_MFH unsaniert,Öl-BW	39.855	0,86	0,08	-0,71	0,78
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	51.232	0,63	0,02	-0,56	0,59
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	58.440	0,55	-0,00	-0,57	0,57
M_MFH unsaniert,Gas-BW	39.855	1,22	0,06	-1,06	1,12
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	51.232	0,98	0,01	-0,90	0,91
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	58.440	0,89	-0,01	-0,90	0,88
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	121.833	-0,32	0,01	0,32	-0,28
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	14.750	-3,38	-1,49	1,63	-3,01
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**42.103**	**0,99**	**0,04**	**-0,87**	**0,91**
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	31.959	-1,82	0,23	2,08	-1,80
M_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil	31.959	-1,82	0,23	2,08	-1,80
M_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	31.959	-1,82	0,23	2,08	-1,80
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	25.263	0,67	0,00	-0,60	0,61
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	38.720	0,45	-0,05	-0,47	0,42
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	46.891	0,39	-0,07	-0,50	0,44
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	25.263	1,08	0,01	-0,97	0,99
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	38.720	0,82	-0,04	-0,81	0,77
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	46.891	0,75	-0,06	-0,83	0,77
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	94.287	-0,45	-0,02	0,42	-0,41
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	95.224	-0,68	0,08	0,74	-0,60
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	4.462	-13,04	-5,50	6,72	-12,06
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**31.215**	**0,27**	**-0,23**	**-0,47**	**0,25**
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	18.225	-3,23	0,24	3,49	-3,19
M_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil	18.225	-3,23	0,24	3,49	-3,19
M_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	18.225	-3,23	0,24	3,49	-3,19

Tabelle 86: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Endenergie im großen MFH

Kosten pro kWh/a Endenergie					
Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter Endenergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a
G_MFH unsaniert,Öl-BW	75.335	-4,04	0,06	-0,77	0,83
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	94.152	-3,26	0,02	-0,64	0,66
G_MFH unsaniert,Gas-BW	75.335	-4,70	0,07	-1,03	1,10
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	94.152	-3,73	0,02	-0,89	0,91
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	27.080	-15,92	-1,08	0,85	-1,84
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**76.252**	**-4,66**	**0,04**	**-0,91**	**0,95**
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	67.110	-7,00	0,17	1,62	-1,42
G_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil	67.110	-7,00	0,17	1,62	-1,42
G_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	67.110	-7,00	0,17	1,62	-1,42
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	49.678	-5,25	-0,00	-0,69	0,69
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	70.031	-3,73	-0,04	-0,54	0,50
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	49.678	-6,09	0,01	-0,96	0,97
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	70.031	-4,26	-0,04	-0,80	0,76
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	9.503	-39,54	-3,52	4,06	-7,44
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**50.921**	**-6,99**	**-0,14**	**-0,68**	**0,54**
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	35.065	-11,64	0,18	3,34	-3,11
G_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil	35.065	-11,64	0,18	3,34	-3,11
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	35.065	-11,64	0,18	3,34	-3,11

Anhang 5.11: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Primärenergie im Mehrfamilienhaus

Tabelle 87: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Primärenergie im EFH

Kosten pro kWh/a Primärenergie						
Hausvarianten Bestand	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter Primärergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a
EFH unsaniert,Öl-BW	29%	10.473	0,66	0,20	-0,46	0,66
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	12.669	0,31	0,13	-0,23	0,36
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2%	14.378	0,23	0,09	-0,23	0,32
EFH unsaniert,Gas-BW	38%	10.473	1,12	0,17	-0,91	1,08
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	14%	12.669	0,75	0,10	-0,65	0,75
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	14.378	0,66	0,07	-0,65	0,72
EFH unsaniert,L/W-EWP	2%	22.295	-0,46	0,05	0,48	-0,39
EFH unsaniert,Pelletkessel	3%	27.656	-0,74	-0,26	0,39	-0,63
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**11.445**	**0,72**	**0,15**	**-0,57**	**0,72**
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		32.978	-0,27	0,11	0,39	-0,25
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		17.897	-0,50	0,20	0,72	-0,47
EFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		4.971	-1,80	0,71	2,59	-1,69
EFH teilsaniert,Öl-BW	9%	5.189	-0,05	0,06	-0,01	0,08
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	7.468	-0,41	-0,03	0,26	-0,25
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	3%	9.341	-0,37	-0,05	0,14	-0,17
EFH teilsaniert,Gas-BW	26%	5.189	0,67	0,09	-0,63	0,71
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	27%	7.468	0,18	-0,00	-0,27	0,27
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	12%	9.341	0,17	-0,03	-0,37	0,34
EFH teilsaniert,L/W-EWP	4%	14.808	-0,86	-0,04	0,77	-0,73
EFH teilsaniert,S/W-EWP	3%	15.046	-1,16	0,16	1,13	-0,87
EFH teilsaniert,Pelletkessel	6%	18.987	-1,44	-0,47	0,83	-1,28
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**8.163**	**0,03**	**-0,01**	**-0,14**	**0,14**
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		23.353	-0,50	0,07	0,58	-0,47
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		11.198	-1,04	0,16	1,21	-0,99
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		779	-14,90	2,24	17,45	-14,20

Tabelle 88: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Primärenergie im mittelgroßen MFH

Kosten pro kWh/a Primärenergie					
Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter Primärergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a
M_MFH unsaniert,Öl-BW	44.077	0,78	0,07	-0,64	0,71
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	56.532	0,57	0,02	-0,51	0,53
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	64.483	0,50	-	-0,51	0,51
M_MFH unsaniert,Gas-BW	44.077	1,10	0,05	-0,96	1,01
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	56.532	0,89	0,01	-0,82	0,82
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	64.483	0,81	-0,01	-0,81	0,80
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	110.888	-0,35	0,01	0,35	-0,31
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	141.189	-0,35	-0,16	0,17	-0,31
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**47.552**	**0,93**	**0,05**	**-0,80**	**0,85**
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	170.969	-0,34	0,04	0,39	-0,34
M_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil	84.692	-0,69	0,09	0,78	-0,68
M_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	10.741	-5,41	0,69	6,19	-5,34
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	28.100	0,60	0,00	-0,54	0,55
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	42.844	0,40	-0,04	-0,43	0,38
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	51.846	0,35	-0,06	-0,45	0,39
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	28.100	0,97	0,01	-0,88	0,89
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	42.844	0,74	-0,04	-0,73	0,69
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	51.846	0,68	-0,06	-0,75	0,70
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	84.588	-0,50	-0,03	0,47	-0,46
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	86.276	-0,75	0,09	0,81	-0,66
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	109.146	-0,53	-0,23	0,27	-0,49
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**38.017**	**0,69**	**-0,01**	**-0,65**	**0,64**
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	134.325	-0,44	0,03	0,47	-0,43
M_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil	61.740	-0,95	0,07	1,03	-0,94
M_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	-477	123,41	-9,03	-133,54	121,86

In der letzten Zeile der Tabelle entsteht im Fall der Wärmeerzeugung mittels fossiler Energieträger in einem Heizwerk größere Primärenergieverbrauche als vor der Sanierung. Die Werte zur Wirtschaftlichkeit dieser Sanierungsvariante sind aufgrund des Vorzeichenwechsels nicht im Sinne der bisherigen Argumentation interpretierbar. Gleiches gilt für die folgenden Ergebnisse für das große Mehrfamilienhaus (siehe letzte Zeile der folgenden Tabelle).

Tabelle 89: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit Primärenergie im großen MFH

Kosten pro kWh/a Primärenergie					
Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter Primärergieverbrauch in kWh/a	Barwert Projekt pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kWh/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kWh/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kWh/a
G_MFH unsaniert,Öl-BW	83.298	0,82	0,05	-0,70	0,75
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	103.879	0,64	0,02	-0,58	0,60
G_MFH unsaniert,Gas-BW	83.298	1,09	0,06	-0,93	1,00
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	103.879	0,90	0,02	-0,81	0,83
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	270.065	-0,21	-0,11	0,08	-0,18
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**89.092**	**0,98**	**0,05**	**-0,84**	**0,89**
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	327.432	-0,29	0,03	0,33	-0,29
G_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil	166.128	-0,58	0,07	0,66	-0,57
G_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	27.867	-3,46	0,40	3,91	-3,42
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	55.179	0,68	-0,00	-0,62	0,62
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	77.449	0,48	-0,04	-0,49	0,45
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	55.179	0,96	0,00	-0,87	0,87
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	77.449	0,74	-0,03	-0,72	0,69
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	211.230	-0,37	-0,16	0,18	-0,33
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**64.539**	**0,81**	**-0,01**	**-0,75**	**0,74**
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	259.812	-0,42	0,02	0,45	-0,42
G_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil	119.126	-0,92	0,05	0,98	-0,91
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	-1.462	75,22	-4,43	-80,22	74,50

Anhang 5.12: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit CO_2

Tabelle 90: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit CO_2 im EFH

Kosten pro kg/a CO2						
Hausvarianten Bestand	Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter CO2 Ausstoß in kg/a	Barwert Projekt pro erspartem kg/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kg/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kg/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro erspartem kg/a
EFH unsaniert,Öl-BW	29%	2.964	2,32	0,70	-1,64	2,34
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	3.580	1,09	0,44	-0,82	1,26
EFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	2%	4.063	0,81	0,32	-0,82	1,13
EFH unsaniert,Gas-BW	38%	2.342	5,02	0,75	-4,06	4,81
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	14%	2.819	3,37	0,45	-2,91	3,37
EFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	2%	3.198	2,98	0,31	-2,94	3,25
EFH unsaniert,L/W-EWP	2%	5.999	-1,73	0,17	1,79	-1,44
EFH unsaniert,Pelletkessel	3%	8.904	-2,30	-0,81	1,21	-1,95
EFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**2.933**	**3,06**	**0,62**	**-2,42**	**3,05**
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		9.311	-0,96	0,38	1,38	-0,90
EFH unsaniert,Fernwärme KWK, fossil		5.907	-1,51	0,60	2,18	-1,42
EFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		3.408	-2,62	1,04	3,78	-2,46
EFH teilsaniert,Öl-BW	9%	1.480	-0,17	0,20	-0,05	0,29
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	10%	2.120	-1,46	-0,10	0,91	-0,89
EFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	3%	2.649	-1,32	-0,19	0,49	-0,60
EFH teilsaniert,Gas-BW	26%	3.304	1,06	0,14	-0,98	1,12
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	27%	3.799	0,35	-0,01	-0,54	0,53
EFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	12%	4.214	0,39	-0,08	-0,82	0,74
EFH teilsaniert,L/W-EWP	4%	3.953	-3,24	-0,14	2,89	-2,75
EFH teilsaniert,S/W-EWP	3%	4.027	-4,34	0,61	4,24	-3,27
EFH teilsaniert,Pelletkessel	6%	6.253	-4,38	-1,44	2,52	-3,88
EFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt		**3.469**	**-0,31**	**-0,05**	**-0,00**	**0,00**
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ		6.602	-1,76	0,26	2,06	-1,68
EFH teilsaniert,Fernwärme KWK, fossil		3.859	-3,01	0,45	3,52	-2,87
EFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil		1.844	-6,29	0,95	7,37	-6,00

Tabelle 91: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit CO_2 im mittelgroßen MFH

Kosten pro kg/a CO2					
Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter CO2 Ausstoß in kg/a	Barwert Projekt pro erspartem kg/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kg/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kg/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro ersparter kg/a
M_MFH unsaniert,Öl-BW	12.439	2,76	-2,26	0,25	2,51
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	15.945	2,03	-1,81	0,08	1,89
M_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	18.187	1,77	-1,83	-0,00	1,82
M_MFH unsaniert,Gas-BW	9.752	4,99	-4,32	0,24	4,56
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	12.478	4,02	-3,69	0,03	3,73
M_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	14.233	3,67	-3,68	-0,06	3,62
M_MFH unsaniert,L/W-EWP	29.574	-1,31	1,31	0,02	-1,16
M_MFH unsaniert,Pelletkessel	45.938	-1,08	0,52	-0,48	-0,97
M_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**11.598**	**3,97**	**0,20**	**-3,44**	**3,64**
M_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	48.199	-1,21	1,38	0,15	-1,19
M_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil	28.725	-2,02	2,31	0,26	-2,00
M_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	14.428	-4,03	4,61	0,52	-3,98
M_MFH teilsaniert,Öl-BW	7.942	2,13	-1,92	0,01	1,94
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	12.092	1,43	-1,51	-0,15	1,36
M_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE/HeizU	14.631	1,25	-1,61	-0,21	1,40
M_MFH teilsaniert,Gas-BW	14.321	1,91	-1,72	0,02	1,74
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	17.551	1,82	-1,79	-0,09	1,70
M_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE/HeizU	19.535	1,80	-1,99	-0,15	1,85
M_MFH teilsaniert,L/W-EWP	22.452	-1,89	1,76	-0,10	-1,72
M_MFH teilsaniert,S/W-EWP	22.975	-2,82	3,06	0,35	-2,49
M_MFH teilsaniert,Pelletkessel	35.885	-1,62	0,84	-0,68	-1,50
M_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**14.898**	**1,59**	**-1,50**	**-0,05**	**1,46**
M_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	37.871	-1,55	1,68	0,11	-1,53
M_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil	21.487	-2,74	2,96	0,20	-2,71
M_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	9.459	-6,22	6,73	0,46	-6,15

Tabelle 92: Kosten der Akteure pro ersparter Einheit CO_2 im großen MFH

Kosten pro kg/a CO2					
Anteile am Gesamtbestand der jeweiligen Hausvariante	Ersparter CO2 Ausstoß in kg/a	Barwert Projekt pro erspartem kg/a	Barwert Investition Vermieter pro ersparter kg/a	Barwert Wärmekosten Mieter pro ersparter kg/a	Barwert Investition Selbstnutzer pro erspartem kg/a
G_MFH unsaniert,Öl-BW	23.506	2,92	0,19	-2,47	2,66
G_MFH unsaniert,Öl-BW + sol. TWE	29.297	2,28	0,06	-2,05	2,11
G_MFH unsaniert,Gas-BW	18.425	4,92	0,28	-4,22	4,50
G_MFH unsaniert,Gas-BW + sol. TWE	22.925	4,06	0,10	-3,65	3,75
G_MFH unsaniert,Pelletkessel	87.923	-0,66	-0,33	0,26	-0,57
G_MFH unsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**21.625**	**4,21**	**0,23**	**-3,62**	**3,85**
G_MFH unsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	92.286	-1,04	0,12	1,18	-1,03
G_MFH unsaniert,Fernwärme, KWK fossil	55.877	-1,72	0,20	1,95	-1,70
G_MFH unsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	29.147	-3,31	0,38	3,74	-3,27
G_MFH teilsaniert,Öl-BW	15.589	2,40	-0,00	-2,19	2,19
G_MFH teilsaniert,Öl-BW + sol. TWE	21.857	1,70	-0,13	-1,73	1,60
G_MFH teilsaniert,Gas-BW	27.132	1,94	0,01	-1,76	1,77
G_MFH teilsaniert,Gas-BW + sol. TWE	32.004	1,78	-0,08	-1,74	1,66
G_MFH teilsaniert,Pelletkessel	69.396	-1,12	-0,48	0,56	-1,02
G_MFH teilsaniert, dezentral erwärmt Durchschnitt	**26.892**	**1,89**	**-0,03**	**-1,75**	**1,73**
G_MFH teilsaniert,Fernwärme KWK, regenerativ	73.232	-1,50	0,09	1,60	-1,49
G_MFH teilsaniert,Fernwärme, KWK fossil	41.477	-2,65	0,16	2,83	-2,63
G_MFH teilsaniert,Fernwärme Heizwerk, fossil	18.163	-6,05	0,36	6,46	-6,00

Anhang 6.1: Bewertung der Wärmeversorgung aus Sicht von Industrie und Handwerk

Die Wärmeversorgung der privaten Haushalte ist ein großer Sektor der deutschen Wirtschaft, der insbesondere auch den Mittelstand trägt. Er setzt sich zusammen aus den Segmenten der Brennstoffwirtschaft, der Heizungswirtschaft und weiteren Dienstleistungsunternehmen wie Schornsteinfegern und Messdiensten.

Umsätze in der Brennstoffwirtschaft rückläufig

Die Unternehmen der Brennstoffwirtschaft versorgen die Haushalte mit den zur Wärmeerzeugung notwendigen Energieträgern. Wie die Ausführungen im Kapitel 2 zeigen, sind das im Gebäudebestand vor allem Erdgas mit 50 % und Öl mit knapp 30 % sowie in deutlich geringerem Umfang Holz, Strom und sonstige Brennstoffe. Nimmt man den mit Energiesteuern belegten Umsatz als Maßstab, so wurden im Jahr 2013 23 Mio. Kubikmeter leichtes Heizöl sowie 922 Mio. kWh an Erdgas umgesetzt. Der Anteil des Öls geht dabei seit vielen Jahren kontinuierlich zurück, wohingegen der Zugewinn des mengenmäßigen Anteils von Gas diesen Rückgang fast auffängt.

In Bereichen, die unmittelbar der Mineralöl- und der Gaswirtschaft und somit anteilig auch der Erzeugung der Wärmeträger Öl und Gas zuzurechnen sind, sind derzeit nach der Statistik der Bundesagentur für Arbeit 33.800 sozialversicherungspflichtige Arbeitnehmer beschäftigt.[106] Die Mineralölwirtschaft ist in ihren Fertigungs- und Dienstleistungsprozessen tief mit anderen Wirtschaftszweigen wie der chemischen Industrie in Deutschland verbunden. So bestehen zwischen der Mineralölwirtschaft und der Chemie – insbesondere der Petrochemie -, der Kunstoffverarbeitung und der Stahlindustrie starke Abhängigkeiten und vielschichtige Erfolgsverbünde.[107] Die Isolierung von Beschäftigungseffekten dieses Sektor insgesamt und des Anteils von leichtem Heizöl als Energieträger der Hauswärme ist deshalb kaum möglich. Insgesamt folgert der Mineralölwirtschaftsverband, dass dieser Wirtschaftszweig die Basis für 500.000 Arbeitsplätze bietet.[108] In einer etwas engeren Abgrenzung rechnet das HWWI in seiner Studie zur volkswirtschaftlichen Bedeutung des Raffineriesektors in Deutschland der Mineralölwirtschaft mittelbar 324.000 Beschäftigte und eine Bruttowertschöpfung von insgesamt 28,5 Mrd. Euro zu. Geht man davon aus, dass über das gesamte Wertschöpfungssystem hinweg der Anteil der Beschäftigten dem 20%-tigen Umsatzanteil des Produkts Heizöl am Gesamtumsatz des Wirtschaftszweigs entspricht, so hängen in Deutschland allein zwischen 60.000 und 100.000 Arbeitsplätze am Heizölumsatz, die dann den Berechnungen des HWWI folgend über 5 Mrd. Euro an Bruttowertschöpfung pro Jahr erzielen.

Besteuerung von fossilen Brennstoffen ist wichtiger Teil der Energiesteuer

---

[106] Dabei handelt es sich um die Summe der Beschäftigten in den Abteilungen 61, 62, 91 und 192, vgl. BfA (2015).
[107] Vgl HWWI (2010).
[108] Vgl. MVV (2015).

Besondere volkswirtschaftliche Bedeutung kommt den fossilen Energieträgern aufgrund der Energiesteuer, die früher teils auch als Mineralölsteuer bezeichnet wurde, zu. Die Energiesteuer gehört mit einem Steueraufkommen von rund 40 Mrd. Euro zu den wichtigen Einnahmequellen des deutschen Fiskus. Im Energiesteuergesetz ist festgelegt, wie hoch die Energiesteuern auf die jeweiligen Energieträger ist. Der Steuersatz für leichtes Heizöl liegt bei 6,14 Cent pro Liter und bei 6,06 Cent pro kg für Flüssiggas sowie 5,50 Euro/MWh bei Erdgas.[109] Im Jahr 2013 summierten sich die Energiesteuern auf die hier maßgeblichen Energieträger Heizöl und Erdgas auf circa 6,5 Mrd. Euro. Davon entfielen 1,4 Mrd. Euro auf Heizöl und 5,1 Mrd. Euro auf Erdgas.[110] Seit 2002 sind die Steuersätze im Wesentlichen stabil geblieben.[111] Entsprechend der Entwicklung des Verbrauchs der jeweiligen Energieträger schwanken die entsprechenden Steuereinahmen, die in der Summe in den letzten Jahren leicht gesunken sind. Im Jahr 2003 nach maßgeblichen Änderung der Steuersätze betrug das Steueraufkommen für leichtes Heizöl noch 1,9 Mrd. Euro und für Erdgas 4,8 Mrd. Euro.

Gebäudetechnik ist maßgeblicher Teil der deutschen Wirtschaft

Der Umsatz der 50.000 Unternehmen in der Haustechnikwirtschaft**,** die die Heizungs- und Sanitärwirtschaft vereint, bereinigt um Doppelzählungen innerhalb des Sektors circa 30 Mrd. Euro im Jahr 2014. Ein Anteil von 25 Mrd. dieser Umsätze wurden im Inland und 5 Mrd. im Ausland getätigt. Die Unternehmen des Wirtschaftszweigs bieten in der Summe circa 500.000 Arbeitsplätze.[112] Davon waren 359.000 Beschäftigte im Handwerk, 100.100 in der Industrie und 44.500 im Großhandel tätig.

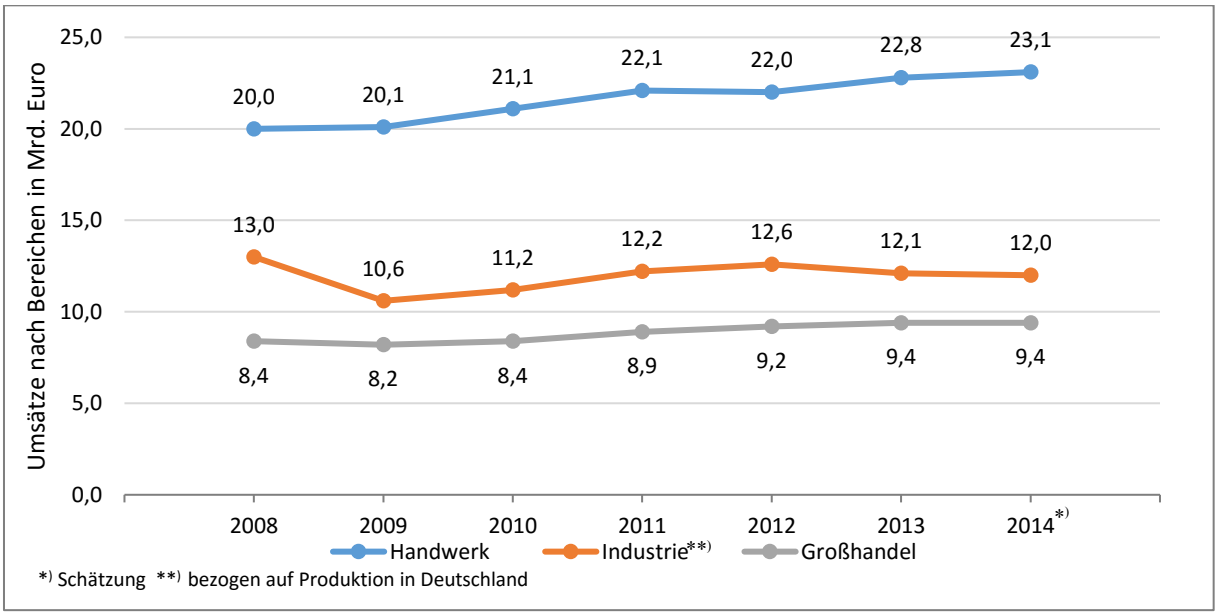
Die vom Zentralverband Sanitär, Heizung und Klima beim Volkwirtschaftlichen Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh) beauftragte Studie untersucht die Handwerksbereiche Installateur und Heizungsbauer, Klempner, Ofen- und Luftheizungsbauer sowie Behälter- und Apparatebauer.[113] Innerhalb des Handwerks umfasst die Gruppe des Sanitär, Heizung und Klima Handwerks 9 % der deutschen Handwerkswirtschaft. Die Betriebsgröße der Handwerksunternehmen dieser Sektoren wird mit durchschnittlich 6,2 Personen angegeben. Je tätiger Person werden durchschnittlich circa 100.000 Euro pro Jahr umgesetzt. Die Beschäftigtenzahlen in diesen Handwerksbereichen sind zwischen den Jahren der letzten Handwerkszählungen 1995 und 2011 bei leicht steigenden Umsätzen um 31 % zurückgegangen.[114] Die einzelnen Bereiche der Heizungswirtschaft inkl. Lüf-

---

[109] Vgl. BMF (2015).
[110] Vgl. destatis (2015), Statistisches Bundesamt, Fachserie 14, Reihe 9.3, 2014, S. 3
[111] Vgl. BMF (2015).
[112] Der VdZ gibt als Spitzenverband der Gebäudetechnik jährlich ein Gutachten beim Ifo Institut zur wirtschaftlichen Lage des Wirtschaftssektors in Auftrag. Vgl. VdZ (2015) basierend auf Zahlen des Ifo Instituts.
113 Vgl. Müller (2015).
114 Im Rahmen dieser Studie sind die Zahlen nur bedingt aussagekräftig, da maßgebliche Umsatzanteile in Gewerbeimmobilien erzielt werden, die nicht Gegenstand dieser Analyse sind.

tung, Klima und Gebäudeautomation generierten im Jahr 2014 die in der Abbildung 58 dargestellten Umsätze.[115]

Abbildung 58: Umsätze in der Heizungswirtschaft nach Bereichen inkl. Lüftung, Klima, Gebäudeautomation



Quelle der Zahlenwerte: VdZ (2015).

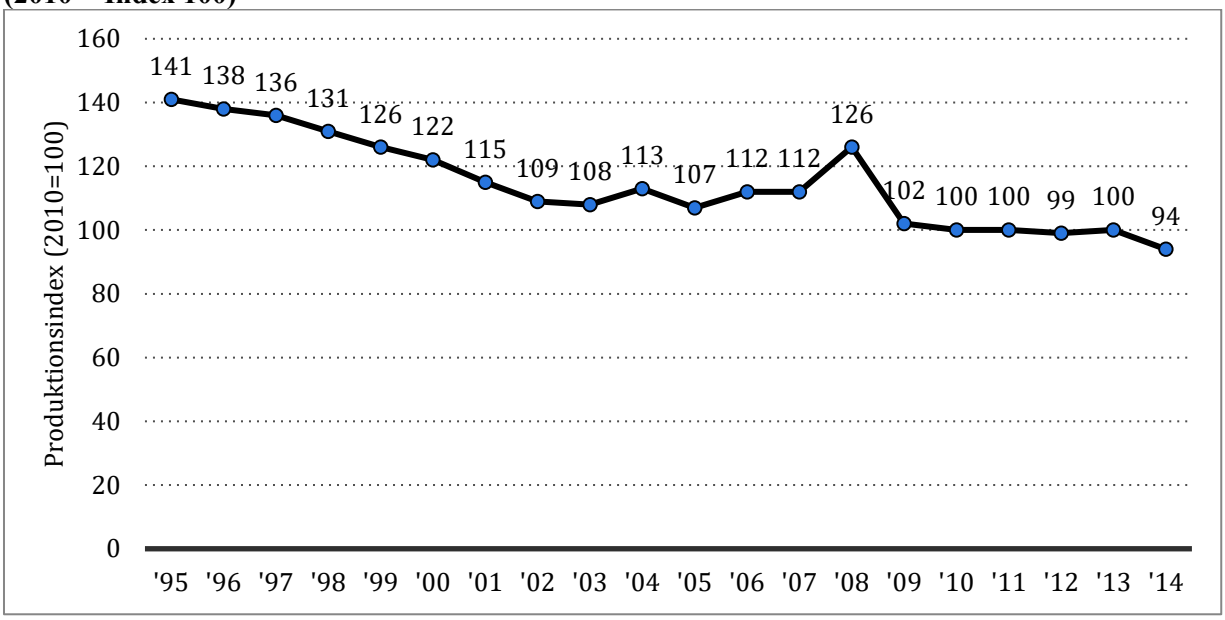
Von den 12 Mrd. Euro Umsätzen im Industriebereich entfielen nach Angaben des Statistischen Bundesamts 2,3 Mrd. Euro auf den Wirtschaftssektor „Herstellung von Heizkörpern und -kesseln für Zentralheizungen."[116]

Sanierungswelle dezentraler Wärmesysteme könnte Abwärtstrend im deutschen Heizungsbau stoppen und wichtige volkswirtschaftliche Impulse setzen

Die Umsätze der Heizungswirtschaft schwankten insgesamt wie auch in den einzelnen Sektoren in den letzten Jahren deutlich.

[115] Vgl. VdZ (2015) basierend auf Zahlen des Ifo Instituts. http://vdzev.de/wp-content/uploads/2015/07/Umsatz-Heizungswirtschaft-nach-Bereichen.jpg. Aufruf vom 11.02.16. Die Zahlen enthalten Doppelzählungen durch Umsätze von Unternehmen innerhalb des Sektors.
[116] Vgl. destatis (2015) (statista statistic_id165278).

Abbildung 59: Produktionsentwicklung im deutschen Heizungsbau in den Jahren 1995 bis 2014 (2010 = Index 100)



Quelle: Statistisches Bundesamt (2015c).[117]

Der Geschäftsverlauf hing vor allem vom Fordern und Fördern der energetischen Gebäudesanierung durch den Staat ab. Insbesondere die sukzessive Verschärfung der EnEV wie auch die Aufstockung des Marktanreizprogramms haben in jüngster Zeit den Geschäftsverlauf positiv beeinflusst. Angesichts des bereits oben festgestellten hohen Alters der Heizungsanlagen und dem damit einhergehenden Sanierungsstau leidet der Sektor aber dennoch unter der Investitionsträgheit der Immobilieneigentümer.

Dienstleistungen im Heizungsbetrieb sind wichtiger regionaler Beschäftigungsfaktor

Würde anstelle einer dezentralen Erneuerung der Heizungssysteme die energiepolitische Strategie in einem vermehrten Anschluss an Wärmenetze bestehen, so würde das auch zu einer Wettbewerbsverschiebung auf den Märkten führen. Planung, Projektierung, Errichtung und Betrieb von Fernwärmenetzen sind traditionell stark dominiert von Unternehmen der Energiewirtschaft. Im Falle einer energiepolitisch motivierten Privilegierung von Wärmenetzen gegenüber der hausbezogenen dezentralen Wärmeerzeugung würde der klassische Heizungsbau in Geräteindustrie und Handwerk seine bisherige Wettbewerbsposition im Wärmemarkt einbüßen und in diesem Geschäftsfeld den bereits seit Jahren deutlich rückläufigen Beschäftigungstrend wohl kaum aufhalten können. Eine solche Entwicklung würde vor allem das mittelständisch und regional geprägte Sanitär-, Heizungs- und Klimahandwerk treffen und zu einem weiteren Verlust von handwerklich geprägten Arbeitsplätzen in ländlichen Regionen führen. Wie die in der ifh Studie ermittelte Beschäftigtendichte zeigt, während davon vor allem

[117] Vgl. destatis (2015) (statista statistic_id165278).

auch die wirtschaftlich schwächeren Flächenbundesländer in Ost und West wie beispielsweise Brandenburg, Thüringen oder Schleswig Holstein betroffen.[118]

Neben Brennstoffhandel und Geräteindustrie umfasst der Wärmesektor der deutschen Wirtschaft eine Reihe an Unternehmen, die für den Betrieb der Heizungsanlagen notwendig sind. Das sind zum einen etwa 20.000 Beschäftigte in 7.500 klein- und mittelständigen Schornsteinfegerbetrieben.[119] Zum anderen die circa 15.000 Mitarbeiter in 150 Unternehmen der Wärmeverbrauchserfassung und Heizkostenabrechnung.[120]

[118] Vgl. ifh (2015), S. 26 ff.
[119] Vgl. Pressemeldung BMWI (2008) http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=240840.html. Aufruf vom 29.01.16.
[120] Eigene Hochrechnung nach Daten des Unternehmens ista (statista statistic_id162960).