

ANNA-ELISABETH
WOLLSTEIN-LEHMKUHL



Wärmeversorgungs- systeme mit saisonalen Wärmespeichern

expert[›]

Anna-Elisabeth Wollstein-Lehmkuhl

Wärmeversorgungssysteme mit saisonalen Wärmespeichern

Аннотация

Der Einsatz von erneuerbaren Energien im Wärmesektor gewinnt im Zuge der Energiewende

zunehmend an Bedeutung. Jedoch erschwert die starke Volatilität nachhaltiger Energieträger eine versorgungssichere Wärmebereitstellung. Der Einsatz von saisonalen Wärmespeichern kann Schwankungen teilweise ausgleichen. Die Entkopplung von Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch ermöglicht eine dezentrale und nachhaltige Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien. Die vorliegende Arbeit wählt einen interdisziplinären Ansatz zur Bewertung eines dezentralen solarthermisch betriebenen saisonalen Wärmespeichers zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden. Die Einflüsse von ökonomischen, sozialen und ökologischen Parametern auf die Marktfähigkeit saisonaler Behälterwärmespeicher wurden untersucht.

Содержание

Geleitwort	6
Vorwort der Verfasserin	9
1 Einleitung	11
1.2 Ziele und Abgrenzung der Arbeit	17
1.3 Aufbau der Arbeit	20
2 Theoretische Grundlagen	25
2.1.1 Internationale politische Instrumente	26
2.1.2 Nationale politische Instrumente	30
2.2 Wärmeversorgung in Deutschland	37
2.2.1 Grundlagen	38
2.2.2 Struktur der Wärmeabnehmer	44
2.2.3 Energieträger im Wärmesektor	49
2.2.4 Akteure und Betreiberkonzepte am Wärmemarkt	59
2.2.4.1 Lieferung Energieträger	62
2.2.4.2 Fernwärmeversorgung	65
2.2.4.3 Wärmecontracting	73
2.2.5 Zusammenfassung zur Wärmeversorgung in Deutschland	77
Конец ознакомительного фрагмента.	79

Anna-Elisabeth Wollstein-Lehmkuhl

Wärmeversorgungssysteme mit saisonalen Wärmespeichern
expert verlag

expert ›

Der vorliegende Band wurde durch die Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden als Dissertationsschrift *Ganzheitliche Bewertung eines nachhaltigen Wärmeversorgungssystems mit saisonalem Wärmespeicher* angenommen und am 19.07.2019 in Dresden verteidigt.

© 2020 · expert verlag

Dischingerweg 5 · D-72070 Tübingen

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Fehler können dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autoren oder Herausgeber übernehmen deshalb eine Gewährleistung für die Korrektheit des Inhaltes und haften nicht für fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen

des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Internet: www.expertverlag.de

eMail: info@expert.verlag

ISBN 978-3-8169-3514-8 (Print)

ISBN 978-3-8169-0016-0 (ePub)

Geleitwort

Der Club of Rome hat mit der Veröffentlichung der Studie „Die Grenzen des Wachstums“ im Jahr 1972 einen Denkprozess eröffnet, indem er auf die Begrenzung der Ressourcen in der Welt hingewiesen hat. Diese Erkenntnisse verbinden sich zunehmend mit dem Konsens, dass die Klimaerwärmung durch die vom Menschen erzeugten CO₂-Emissionen maßgeblich bedingt ist. Die Reduktion der CO₂-Emissionen ist daher Bestandteil von zahlreichen klimapolitischen Zielen.

Nach Angaben des Bundesumweltamtes entfiel im Jahr 2018 über 28 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf Haushalte. Davon wird etwa 85 % für die Erwärmung der Räume und für Warmwasser verwendet. Leider stammt nur etwa 15 % der dafür benötigten Primärenergie aus erneuerbaren Quellen. Somit erscheint es unumgänglich, auf nachhaltige Weise die in Haushalten benötigte Wärme zu erzeugen.

Die Bundesregierung fördert mit zahlreichen Maßnahmen die Reduktion des Energieverbrauchs in Häusern, zum Beispiele zur Wärmedämmung über das KfW-Programm „Energieeffizienz Sanieren“. Außerdem gibt es verschiedene Fördertöpfe für die Erneuerung der Heizanlagen zum Beispiel für den Einsatz von Wärmepumpen. Diese Maßnahmen erscheinen aber nicht ausreichend, um die erforderlichen CO₂-Reduktionen zu

erreichen.

Erste Versuche, die zum Heizen und für die Warmwasserzubereitung benötigte Energie mittels Solarthermie zu gewinnen und in saisonalen Warmwasserbehältern zu speichern, können bis in die 1990er Jahren zurückverfolgt werden. Obwohl das Prinzip der saisonalen Wärmespeicherung relativ einfach erscheint, sind die konkreten technischen Herausforderungen bei der Umsetzung solcher Konzepte komplex und vielschichtig, so dass bisher nur relativ wenige Anlagen realisiert wurden. Besonders sensibel zeigen sich Konzepte der saisonalen Wärmespeicherung auch aus wirtschaftlicher Sicht, da Heizung und Warmwasser einen nicht unbeträchtlichen Anteil der Wohnnebenkosten ausmachen und somit die Erhöhung der Kosten für Heizung und Warmwasser vermieden werden sollte.

Mit der vorliegenden Arbeit widmet sich Frau Wollstein-Lehmkuhl einer nachhaltigen Wärmeversorgung mit saisonalen Warmwasserspeichern. Dabei betrachtet Frau Wollstein-Lehmkuhl solche Systeme aus ökologischer, ökonomischer und soziökonomischer Sicht.

Besonders interessant ist hierbei, dass Frau Wollstein-Lehmkuhl mit umfangreichen Berechnungen auf Grundlage von Vollständigen Finanzplänen nachweisen konnte, dass saisonale Warmwasserwärmespeicher auch wirtschaftlich darstellbar sind.

Es bleibt zu hoffen, dass insbesondere die Bundesregierung aber auch Wohnungsbaugesellschaften

erkennen, dass sich solche Systeme für Heizung und Warmwasser als Alternative für konventionelle Systeme, die zu CO₂-Emissionen führen, darstellen. Es wäre somit wünschenswert, dass umfangreiche Fördergelder bereitgestellt werden und konkrete Projekte realisiert werden, um zunehmend Erfahrungen bei solchen Systemen zu gewinnen.

Dresden, im März 2020 Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Rainer Schach

Vorwort der Verfasserin

Der Einsatz von erneuerbaren Energien im Wärmesektor gewinnt im Zuge der Energiewende zunehmend an Bedeutung. Jedoch erschwert die starke Volatilität nachhaltiger Energieträger eine versorgungssichere Wärmebereitstellung. Der Einsatz von saisonalen Wärmespeichern kann Schwankungen teilweise ausgleichen. Die Entkopplung von Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch ermöglicht eine dezentrale und nachhaltige Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien.

Die wärmetechnische Versorgung durch solarthermisch betriebene saisonale Wärmespeicher steht dabei in direkter Konkurrenz zu anderen Wärmeversorgungssystemen. Durch die dezentrale Struktur des Wärmemarktes ist die optimale Anpassung an die Anforderungen der Stakeholder essentiell. In einer zukunftsfähigen Beurteilung müssen nach heutigen Standards die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden. Projekte müssen ganzheitlich und langfristig unter den Aspekten Ökologie, Ökonomie und sozialer Verträglichkeit initiiert werden.

Die vorliegende Arbeit wählte daher einen interdisziplinären Ansatz zur Bewertung eines dezentralen solarthermisch betriebenen saisonalen Wärmespeichers zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden. Die Einflüsse von ökonomischen, sozialen und ökologischen Parametern auf die Marktfähigkeit saisonaler

Behälterwärmespeicher wurden untersucht.

Die Arbeit entstand im Rahmen meines Promotionsstipendiums am Boysen-TU Dresden-Graduiertenkolleg. Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater und erstem Gutachter Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rainer Schach, der mich während dieser Zeit bei der Umsetzung meiner Promotion immer unterstützt hat und mir in vielen Gesprächen konstruktiv zur Seite stand.

Weiterhin möchte ich Herrn Professor Dr. Lutz M. Hagen vom Institut für Kommunikationswissenschaften der TU Dresden und Herrn Professor Dr.-Ing. Jörn Krimmling von der HTW Dresden für die Bereitschaft zur Begutachtung meiner Arbeit danken. Darüber hinaus möchte ich mich bei allen Angehörigen und Mitarbeitern des Boysen-TU Dresden-Graduiertenkollegs und der Friedrich und Elisabeth Boysen-Stiftung für die Förderung meines Promotionsvorhabens bedanken. Insbesondere danke ich auch den Kolleginnen und Kollegen am Institut für Baubetriebswesen für die kollegiale Zusammenarbeit und fachliche Unterstützung. Schließlich danke ich meiner Mutter, die mich stets ermutigt hat, Sachverhalte kritisch zu hinterfragen und mich in allen Lebenslagen unterstützt hat.

Mein besonderer Dank gilt meinem Ehemann Andreas für die Freiheit, Motivation und Rückendeckung bei diesem besonderen Vorhaben.

Dresden, im März 2020 Anna-Elisabeth Wollstein-Lehmkuhl

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Relevanz der Arbeit

Der Einsatz von erneuerbaren Energien im Wärmesektor gewinnt im Zuge der Energiewende und einer Fokussierung auf den Klimaschutz zunehmend an Bedeutung. Die Relevanz dessen und eine mögliche Umsetzung einer nachhaltigen Wärmeversorgung mit saisonalen Wärmespeichern sollen im Rahmen dieser interdisziplinären Arbeit untersucht werden.

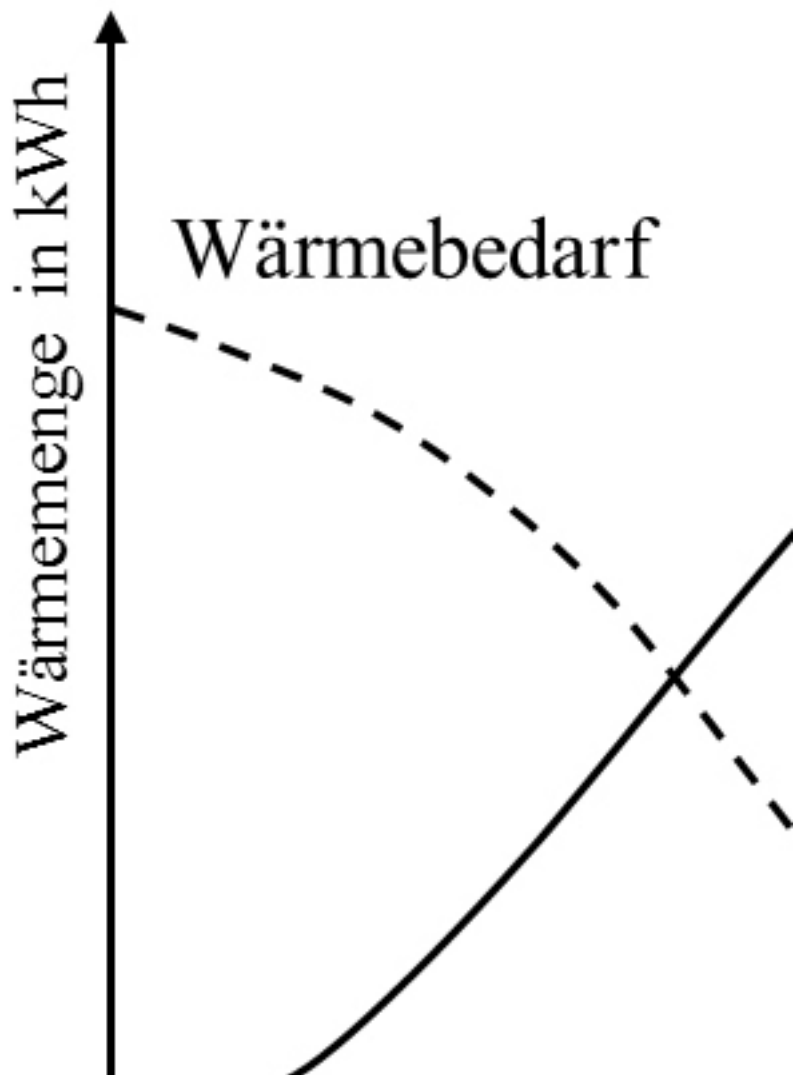
Die Treibhausgase in der Atmosphäre sind seit Beginn der Industrialisierung angestiegen. Seitdem wurden verstärkt fossile Energieträger genutzt, welche zu dem derzeitigen Klimawandel beitragen. Dieser zeigt sich unter anderem in Extremwettererscheinungen und der globalen Erderwärmung.¹

Durch internationale und nationale Bestrebungen, zum Beispiel durch das Pariser Klimaschutzabkommen oder den Klimaschutzplan 2050 in Deutschland, soll der Klimawandel retardiert werden. Ziel ist es unter anderem, die Treibhausgasemissionen zu senken und die Erderwärmung auf 2 °C zu begrenzen.² Im Klimaschutzplan der Bundesrepublik Deutschland sind dafür verschiedene Maßnahmen definiert worden. Dazu gehören beispielsweise der Ausbau der Windenergie, die Förderung von Speichertechnologien oder der

Ausbau der Stromnetze sowie die „stärkere[n] Nutzung der erneuerbaren Energien für die Erzeugung von Wärme“.3 Ein Faktor dabei ist der klimaneutrale Gebäudebestand, welcher die Effizienz der Gebäude betrifft.4 Die Klimaschutzziele können jedoch langfristig nicht nur durch die Reduktion des Energiebedarfs der Gebäude erreicht werden.5 „Es ist weder realistisch noch kosteneffizient, die Klimaschutzziele im Gebäudesektor ausschließlich über Effizienzmaßnahmen anzustreben. Ohne eine dynamische Zunahme der erneuerbaren Energien im Wärmesektor würden die Kosten für die dann zusätzlich erforderlichen Effizienzmaßnahmen erheblich steigen. Funktionsfähige Instrumente zur Durchsetzung der dann notwendigen, sehr weitgehenden Effizienz-Maßnahmen im Gebäudebestand sind zudem nicht ersichtlich.“6

Der Wärmebedarf in Deutschland hat einen Anteil von über 50 % am Endenergieverbrauch.7 Der Anteil von regenerativen Energieträgern bei der Wärmeerzeugung ist jedoch gering. Im Jahr 2016 stammten nur etwa 0,5 % der Nettowärmeerzeugung8 aus regenerativen Energieträgern.9 Der Anteil an erneuerbaren Energien für den Endenergieverbrauch bei Wärme beträgt circa 13 %, jedoch stagniert dieser Wert seit mehreren Jahren.10 Beim Einsatz von erneuerbaren Energien lassen sich sektorenübergreifende Probleme identifizieren. Die starke Volatilität dieser Energieträger erschwert eine versorgungssichere Wärmebereitstellung.11 Diese Problematik wird in Abbildung 1-1 in Bezug auf solare Energie verdeutlicht.

Der Wärmebedarf in Gebäuden ist im Winter, während der Heizperiode, am größten. Die solare Einstrahlung und damit die solarthermischen Wärmegevinne sind jedoch im Sommer maximal.



1-1:

Unterschied Wärmebedarf und solare Strahlung pro Jahr¹²

Der Einsatz von saisonalen Wärmespeichern kann diese Differenz minimieren. Die Entkopplung von Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch ermöglicht eine dezentrale und nachhaltige Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien.¹³

Die wärmetechnische Versorgung durch solarthermisch betriebene saisonale Wärmespeicher steht dabei in direkter Konkurrenz zu anderen Wärmeversorgungssystemen, wie beispielsweise Gasbrennwertkessel, Wärmepumpen oder der Fernwärmeversorgung. Durch die dezentrale Struktur des Wärmemarktes ist die optimale Anpassung an die Anforderungen der Stakeholder essentiell.¹⁴ Die Entscheidungsfindung für eine Investition unterliegt einer Vielzahl von Annahmen und Rahmenbedingungen. Die Homogenität und der Wissensstand der Akteure sind dabei nur beispielhaft zu nennen.¹⁵

In einer zukunftsfähigen Beurteilung müssen nach heutigen Standards die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit berücksichtigt werden. Projekte müssen ganzheitlich, langfristig und global unter den Aspekten Ökologie, Ökonomie und sozialer Verträglichkeit initiiert werden.¹⁶

Dieser Ansatz lässt sich auf Bauprojekte und Wärmeversorgungssysteme übertragen. Ökologische Faktoren, wie zum Beispiel Schadstoffemissionen oder Primärenergieverbrauch, werden teilweise durch gesetzliche

Rahmenbedingungen vorgegeben. Die Wirtschaftlichkeit der Investition muss die Investitionskosten sowie die zukünftigen Kosten durch die Nutzung und den Betrieb einbeziehen. Überdies muss das technische System gesellschaftlich, sowohl vom Investor¹⁷ als auch von den Nutzern,¹⁸ akzeptiert werden. Für den konkurrenzfähigen Bau und Betrieb saisonaler Wärmespeicher müssen diese Aspekte berücksichtigt werden.

1.2 Ziele und Abgrenzung der Arbeit

Auf Grund der dargestellten Relevanz des Themas fand in den letzten Jahren ein verstärkter wissenschaftlicher Diskurs zu dem Problem der Einbindung von regenerativen Energien in die Wärmeversorgung statt.¹ Der Fokus lag dabei oftmals auf einzelnen Aspekten, im Wesentlichen zur Betriebsführung, zur thermischen Auslegung oder zur Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern.

Die thermische Modellierung von Erdsondenwärmespeichern und die Weiterentwicklung der thermischen Transportprozesse wurden von *BAUER* durchgeführt.² In der wissenschaftlichen Untersuchung von *GROSS* lag der Schwerpunkt auf der thermischen Optimierung und der Wirtschaftlichkeit des Fernwärmenetzes als Wärmespeicher.³ Die wissenschaftliche Arbeit von *HEILEK* verknüpfte den Stromsektor mit dem Wärmesektor und konnte über Modellierungsansätze Kostenoptimierungen für das Energiesystem identifizieren.⁴ Die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit von saisonalen Wärmespeichern wurde von *SCHMUCK* untersucht. Die Arbeit fokussierte sich auf die Wirtschaftlichkeit von Behälter- und Erdbeckenwärmespeichern. Es wurde keine Einbindung in ein Nahwärmenetz untersucht.⁵ Eine ganzheitliche⁶ Studie zu saisonalen Wärmespeichern innerhalb eines Wärmeversorgungssystems, welche unterschiedliche

Bewertungskategorien einbezieht, ist demnach in der Wissenschaft bislang nicht erfolgt. Daraus ergibt sich eine Forschungslücke, welche diese Arbeit schließt.

Ziel dieser Arbeit ist somit eine interdisziplinäre Bewertung eines dezentralen solarthermisch betriebenen saisonalen Wärmespeichers zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden. Die zentrale Forschungsfrage lautet, inwieweit ökonomische, soziale und ökologische Parameter die Marktfähigkeit saisonaler Behälterwärmespeicher beeinflussen.

Darüber hinaus werden keine weiteren Bewertungskriterien angesetzt, da diese den Umfang dieser Arbeit bei Weitem übersteigen würden. Für eine Wirkungsabschätzung wird das mit erneuerbaren Energien betriebene Wärmeversorgungssystem im Vergleich zu konventionellen Wärmeversorgungsanlagen betrachtet. Damit geht die vorliegende Arbeit weit über bestehende Analysen und Arbeiten hinaus.

Durch die gewählte Zielstellung ergeben sich für die Bearbeitung drei Schwerpunkte, welche die Arbeit strukturieren und die Fragestellung konkretisieren:

Identifikation und Optimierung der monetären Einflussparameter innerhalb einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung unter Berücksichtigung der Interessen möglicher Stakeholder und des Lebenszyklusansatzes,

Akzeptanzuntersuchung hinsichtlich der Kenntnisse, Bereitschaft und Hürden von Investoren,

Ansätze einer Grundlagenuntersuchung des Einflusses

der ökologischen Randbedingungen und Ausblick auf die Möglichkeiten der Ökobilanzierung anhand eines Beispiels zur CO₂-Bilanz.

Durch die unterschiedlichen Herangehensweisen ermöglicht diese Arbeit eine umfangreiche Lösung für die zentrale Forschungsfrage und realisiert gleichzeitig eine wissenschaftliche Tiefe. Der Fokus der Arbeit liegt auf der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit.

Auf Grund der Forschungsfrage ergeben sich zahlreiche mögliche Untersuchungsfelder. Die einzelnen Untersuchungsschritte sollen daher beispielhaft an einem Modell durchgeführt werden, welches ein Abbild der Realität darstellt. Das Modell muss die Versorgungssicherheit durch die Wärmeanlage garantieren. Die technische Funktionalität muss hierfür gegeben sein. Für die Planung und den Betrieb der Anlage wird ein Geschäftsmodell aufgestellt, welches für einen Markteintritt förderlich ist. Das erarbeitete Modell hat den Anspruch, unterschiedliche Rahmenbedingungen und Eingangsparameter flexibel zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse ermöglichen potenziellen Investoren eine interdisziplinäre⁷ Bewertung für den Einsatz von saisonalen Wärmespeichern und zeigen Chancen für die Umsetzung einer nachhaltigen Wärmeversorgung auf.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Forschungsfrage der Arbeit, die ganzheitliche Bewertung eines nachhaltigen Wärmeversorgungssystems mit einem saisonalen Wärmespeicher, wird in sieben Kapiteln bearbeitet. Der Forschungsablauf kann in Abbildung 1-2 nachvollzogen werden.

Kapitel 1:

Kapitel 2:

Kapitel 3:

1-2:

Inhaltlicher Aufbau der Arbeit

In Kapitel 1 werden die Problemstellung und die Ziele der Arbeit vorgestellt. Der Fokus liegt auf der Darstellung der Forschungsfrage sowie der vielschichtigen Lösungswege.

Anschließend werden die theoretischen Grundlagen in Kapitel 2 erläutert. Dabei wird ein Bogen von den politischen Klimazielen zu der Wärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutschland zu dem Einsatz von erneuerbaren Energien geschlagen. Die Funktionsweise von saisonalen Wärmespeichern wird vorgestellt. Am Ende des Kapitels wird die Lebenszyklusbewertung definiert. Auf Grund des interdisziplinären Ansatzes der Arbeit ist dieses Kapitel sehr ausführlich gestaltet.

In Kapitel 3 wird das Berechnungsmodell der Gebäude und des Wärmespeichers skizziert, welches für die weiteren Ausführungen elementar ist. Hierfür müssen die technischen Rahmenbedingungen und die Bilanzgrenze für die Umsetzung eines dezentralen Wärmeversorgungssystems mit Solarthermie und saisonalem Wärmespeicher aufgestellt werden. Die Systemparameter werden aufeinander abgestimmt ausgelegt. Darüber hinaus wird ein Betreibermodell entwickelt, welches die Grundlage für die folgenden Untersuchungen bildet.

Ausgangspunkt der interdisziplinären Untersuchung ist die Wirtschaftlichkeitsberechnung des Modells in Kapitel 4. Die Ergebnisse aus Kapitel 3 bilden hierfür die

Basis. Innerhalb dieses Kapitels erfolgt eine ausführliche Erläuterung der Untersuchungsmethode, der Ergebnisse und der Untersuchungsvarianten. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung werden alle am Modell beteiligten Stakeholder einbezogen. Für diese müssen die unterschiedlichen Ziele und Rahmenbedingungen in der Berechnung kalkuliert und kombiniert werden. Da Investitionsentscheidungen mit Risiken verbunden sind, werden diese abschließend untersucht.

Als zweite Säule der Untersuchung wird in Kapitel 5 die soziale Akzeptanz fokussiert. Nach einer Beschreibung des methodischen Vorgehens sollen in diesem Abschnitt die Ergebnisse einer qualitativen empirischen Untersuchung dargestellt und entsprechende Schlussfolgerungen für das Gesamtsystem gezogen werden. Die Akzeptanzuntersuchung wird auf Grund des Umfangs der Arbeit und auf Basis der geringen Datenlage auf eine qualitative Expertenbefragung beschränkt. Dafür wurden Interviews mit Personen aus der Führungsebene von Wohnungsgesellschaften und -genossenschaften geführt. Es wurden Gebäudeeigentümer von Mehrfamilienhäusern in unterschiedlichen geografischen Siedlungsstrukturen befragt.

In Kapitel 6 wird die ganzheitliche Untersuchung durch den Ausblick auf eine Ökobilanz des saisonalen Wärmespeichers ergänzt. Hierfür wird das methodische Vorgehen von anerkannten Verfahren hinsichtlich der Kompatibilität auf

das System überprüft und weiterentwickelt. Anhand der CO₂-Bilanz eines Wärmespeichers wird die Wirkung der Ökobilanz beispielhaft aufgezeigt. Darüber hinaus lassen sich Synergien zwischen der Wirtschaftlichkeits- und der Akzeptanzuntersuchung aufzeigen.

Abschließend werden die Ergebnisse in Kapitel 7 zusammengeführt und bewertet. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick für das Untersuchungsfeld.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Politische Rahmenbedingungen der Energiewende

Für die Durchführung der Energiewende¹ sind verschiedene politische Instrumentarien wie Richtlinien, Verordnungen, Gesetze sowie Förder- und Marktanreizprogramme vereinbart worden. Diese Regelungen finden sich auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene. Sie sind weiter in regionale und kommunale Ziele aufgeteilt.² Diese stehen im Spannungsfeld verschiedener Interessen, so dass deren Festsetzung und Umsetzung schwierig sind.³

Aus der historischen Betrachtung der energiepolitischen Entwicklungen bestimmen drei Faktoren die Aktivitäten im energiepolitischen Umfeld Europas: „erstens auf externen Schocks wie der Suezkanalkrise 1956 oder dem Gasstreit zwischen Russland und der Ukraine im Dezember 2005 und im Winter 2008/09, die die Union zum Handeln zwingen; zweitens auf dem Willen der Mitgliedstaaten, für transparente Preisgestaltung und Wettbewerb im Energiebereich durch Deregulierung und Liberalisierung zu sorgen; und drittens auf der Geschicklichkeit der Europäischen Kommission, Initiativen zum richtigen Zeitpunkt zu lancieren.“⁴

2.1.1 Internationale politische Instrumente

Eine einheitliche Energiepolitik¹ bedarf internationaler und europäischer Regelungen zum Schutz des Klimas. Die Entwicklung dieser gestaltet sich auf Grund der unterschiedlichen Ziel- und Interessenlagen schwierig.

Der Grundgedanke der internationalen Energiepolitik war zunächst die Schaffung eines europäischen Energiebinnenmarkts. Die große Importabhängigkeit war durch die stark steigenden Ölpreise bedingt durch die Ölkrise in den 1970er Jahren in den Fokus der EU-Kommission gerückt.² Die Umsetzung eines solchen einheitlichen europäischen Energiemarktes wurde durch die unterschiedlichen Interessen der europäischen Mitgliedstaaten verzögert.³ Letztendlich gaben die politischen Rahmenbedingungen der Jahre um 1990, wie die deutsche Wiedervereinigung, der Zusammenbruch der Sowjetunion und der Beginn des ersten Irankriegs,⁴ den Ausschlag für die Energiecharta, welche 1990 in Dublin ausgearbeitet und 1991 von den Mitgliedsstaaten der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft (EWG), den EFTA-Staaten, Japan und den USA unterzeichnet wurde.⁵

Die nukleare Katastrophe im Jahr 1986 im Kernkraftwerk in Tschernobyl trug zu einer verstärkten Diskussion bei, welche neben der Energiepolitik auch den Klimaschutz in den Fokus

rückte.⁶ Die erste Klimarahmenkonvention im Jahr 1992 in Rio de Janeiro thematisierte dies. Damit wurde ein gemeinsamer internationaler Rahmen für klimapolitische Standards, wie zum Beispiel die Stabilisierung von Treibhausgasemissionen,⁷ geschaffen.

Diese Verpflichtungen wurden weiterführend im Kyoto-Protokoll im Jahr 1997 ausgearbeitet. Die Mitgliedsstaaten der EU und weitere Staaten verpflichteten sich dabei, die Treibhausgasemissionen zwischen 2008 bis 2012 im Vergleich zum Jahr 1990 um 8 % zu reduzieren.⁸ Hinzu kamen weitere Ziele für die Erhöhung der Anteile an erneuerbaren Energien und der Steigerung der Energieeffizienz.⁹ Das Kyoto-Protokoll wird auf Grundlage seiner internationalen Anerkennung und der vereinbarten Ziele als Meilenstein der internationalen Klimaschutzpolitik gesehen.¹⁰

In den folgenden Jahren wuchsen die Schwierigkeiten in der Europäischen Union, sich auf eine gemeinsame Klimapolitik zu einigen. Davon zeugt auch der Vertrag von Nizza aus dem Jahr 2003, welcher keine neuen Impulse setzte.¹¹ Ab dem Jahr 2005 gab es Ansätze für die Einführung des Emissionshandels in der EU.¹² Zwei Jahre später konnten diese gemeinschaftlichen Bestrebungen für einen gemeinsamen Energiemarkt in der EU durch den Vertrag von Lissabon bestätigt und ausgebaut werden. Die Verknüpfung der Energienetze und der Energiepolitik bedeutete einen entscheidenden Fortschritt.¹³ Fortführend muss auf den Beschluss des EU-Rates vom März 2007

hingewiesen werden, welcher das sogenannte „20-20-20-Ziel“¹⁴ beinhaltet.¹⁵ „Das inhaltliche Hauptziel besteht darin, zum Jahr 2020 die Treibhausgasemissionen um 20 Prozent gegenüber dem Bezugsjahr 1990 zu senken, den Anteil der erneuerbaren Energien am Energieendverbrauch auf 20 Prozent zu erhöhen und die Energieeffizienz um 20 Prozent zu steigern.“¹⁶ Dieser Beschluss kann als Fortführung des Kyoto-Protokolls auf EU-Ebene gesehen werden.¹⁷

Auf der Weltklimakonferenz 2011 in Cancún wurde eine Begrenzung des weltweiten Temperaturanstieges auf 2 °C politisch angestrebt, um die Auswirkungen des Klimawandels auf einen verträglichen Rahmen zu begrenzen. Dies würde eine Reduktion der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80 % bis 90 % pro Kopf im Vergleich zum Jahr 1990 bedeuten. Für Industrie- und Schwellenländer können sich durch die ambitionierten Ziele Schwierigkeiten hinsichtlich des wirtschaftlichen Wachstums ergeben. Vor diesem Hintergrund wird das „2 °C – Ziel“ immer wieder kritisch beurteilt.¹⁸

Die Weltklimakonferenzen finden jährlich statt, um wie auf der Klimarahmenkonvention vereinbart gemeinsam die Ziele voranzutreiben und dessen Erreichung zu überprüfen.¹⁹ Im Rahmen dessen konnte auf der Weltklimakonferenz 2015 in Paris ein neues Klimaschutzabkommen erarbeitet werden. Dieses sieht eine völkerrechtliche Verpflichtung aller Staaten zu nationalem Klimaschutz vor. Die Reduktion der Erderwärmung auf mindestens 2 °C wurde bestätigt und auf 1,5 °C verschärft.

Gleichzeitig sollen Maßnahmen für die Dekarbonisierung der Wirtschaft ergriffen werden. Im Sinne dessen muss der Klimaschutz flexibilisiert werden.²⁰

2.1.2 Nationale politische Instrumente

Auf nationaler Ebene begann die Energiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland (BRD) bedeutend früher als im internationalen Raum. Ab den 1970er Jahren rückten die Themen der Energie- und Umweltpolitik verstärkt in den Vordergrund.¹ 1971 wurde das erste Umweltprogramm beschlossen, welches drei Kernpunkte beinhaltet:²

1 Das *Verursacherprinzip*: Dem Verursacher werden die Kosten von Umweltbelastungen zugeschrieben.

2 Das *Vorsorgeprinzip*: Es wird eine vorausschauende Umweltplanung angestrebt, welche die zukünftige Entwicklung einbeziehen muss.

3 Das *Kooperationsprinzip*: Die Verantwortlichkeit für den Umweltschutz liegt bei allen betroffenen Akteuren.³

Daneben wurde im Jahr 1973 das erste Energieprogramm beschlossen, welches erstmalig energiepolitische Ziele festschrieb. Dabei lag ein besonderer Fokus auf der unsicheren Situation hinsichtlich der Versorgungssicherheit. Diese wurde geprägt durch die weltpolitischen Unruhen. Die Themen Kohle, Kernenergie und Energiesparen wurden in der BRD aufgegriffen.⁴

Diese Entwicklung wurde im Jahr 1977 mit der Einführung des Energieeinsparungsgesetzes und der Wärmeschutzverordnung fortgesetzt. Erstmals wurde der Fokus

gezielt auf das Einsparen von Energie gesetzt.⁵ Mit einigen Novellierungen und Anpassungen an die internationalen und europäischen Abkommen in den 1990er Jahren blieben diese Ziele bis zum Jahr 2000 bestehen.

Seit dem Jahr 2000 sind verstärkt gesetzliche und politische Regelungen im Bereich der Energie- und Klimaschutzpolitik zu verzeichnen. So wurde in diesem Jahr das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) erlassen, welches die Förderung von erneuerbaren Energien unterstützen sollte.⁶ Dabei liegt der Fokus auf der Stromerzeugung.⁷ In der Folge des EEG kann ein starker Anstieg bei dem Ausbau von Windkraftanlagen, Biomasseheizkraftwerken sowie Photovoltaikanlagen verzeichnet werden.⁸ Das EEG wurde in den vergangenen Jahren mehrfach novelliert und somit an Randbedingungen wie beispielsweise fortgeschriebenen europäischen Energiegesetzen angepasst.⁹ Der Fokus der Novellierung im Jahr 2017 lag auf den Ausschreibungsvergütungen und dem Netzausbau im Stromsektor.¹⁰

Eine ökologische Steuerreform¹¹ wurde für den zusätzlichen Ausbau und die Nutzung von erneuerbaren Energien umgesetzt. Diese sollte eine „Lenkungswirkung in Richtung Umweltschutz“ erzielen.¹² Der Anreiz zum Energiesparen mit dieser Steuerreform sollte nicht im Sinne einer CO₂-Steuer, sondern als Besteuerung von Energie erfolgen, zum Beispiel auf fossile Brennstoffe.¹³

Die Forderungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen wurden in der BRD im Jahr 2000 mit den Nationalen Klimaschutzprogramm umgesetzt.¹⁴ Zu diesem Zeitpunkt wurden verschiedene Maßnahmen für die Umsetzung der internationalen Zielsetzungen festgelegt, die auch den Wärmesektor betrafen. Dazu gehört das Marktanreizprogramm (MAP), welches Technologien zur Wärmeerzeugung aus regenerativen Energien fördert.¹⁵ Darüber hinaus wurde im Jahr 2009 mit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) ein Instrument institutionalisiert, welches den Einsatz von erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung von Neubauten verpflichtend vorschreibt.¹⁶ Dieses Gesetz wurde in den vergangenen Jahren ebenfalls novelliert.

Im Jahr 2001 wurden das Energieeinsparungsgesetz und die Wärmeschutzverordnung zur Energieeinsparverordnung (EnEV) verbunden.¹⁷ Durch diese Verordnung, welche in den folgenden Jahren immer wieder novelliert wurde und somit an die energetischen Standards angepasst werden konnte, wurden die Gebäudeeffizienz und das Gebäude als ganzheitliches Konzept inklusive der Anlagentechnik festgesetzt. Ziel der EnEV ist den Energieverbrauch der Gebäude durch geeignete Maßnahmen zu reduzieren.

Vor dem Hintergrund, dass die BRD seit Beginn der Klimaschutzpolitischen Bestrebungen international eine „Vorreiterrolle“ eingenommen hat, wurden 2007 das integrierte

Energie- und Klimaprogramm überarbeitet.¹⁸ Die Zielvorgaben sind in Tabelle 2-1 dargestellt. Es ergeben sich zum Teil drastische Einsparungsziele, zum Beispiel für die Treibhausgasemissionen oder den Primärenergieverbrauch im Gebäudebereich. Gleichzeitig soll der Zuwachs an erneuerbaren Energien hoch sein.

Ziele	2011	2020	2030	2040	2050
Absenkung 27 % Treibhausgasemissionen (ggü. 1990)	- 40 %	- 55 %	- 70 %	- 80 %	
Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoenergieverbrauch	10 %	18 %	30 %	45 %	60 %
Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch	16 %	35 %	50 %	65 %	80 %
Absenkung 6 % Primärenergieverbrauch (ggü. 2008)	- 20 %				- 50 %

Absenkung Stromverbrauch (ggü. 2008)	- 10 %			- 25 %
Absenkung Endenergieverbrauch Verkehrsbereich (ggü. 2008)	- 10 %			- 40 %
Absenkung Wärmebedarf Gebäudebereich (ggü. 2008)	- 20 %			
Absenkung Primärenergiebedarf Gebäudebereich (ggü. 2008)				- 80 %
Leistung der Offshore- Windenergie		25 GW		
Zahl der	1 Mio.	6 Mio.		

Elektrofahrzeuge				
Anlagen zur CO ₂ -Abtrennung und -speicherung	2			

Tabelle 2-1:

Übersicht klimapolitische Ziele Deutschland¹⁹

Insbesondere durch die Globalisierung müssen europäische und deutsche Klima- und Energiepolitik gemeinsam gedacht werden. Die Ziele werden international vorgegeben und müssen in nationales Recht umgewandelt werden.²⁰

Neben den hier vorgestellten Maßnahmen und gesetzlichen Regelungen finden sich auf nationaler Ebene noch viele weitere Vorschriften und Gesetze, welche die Energiepolitik tangieren.²¹

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Energiepolitik in der BRD auf drei Säulen fußt:²²

Wirtschaftlichkeit,
Versorgungssicherheit,
Umweltverträglichkeit.

Im Rahmen des Klimaschutzabkommens von Paris im Jahr 2015 wurde in der BRD der Klimaschutzplan 2050 entwickelt. Die international festgelegten Ziele wurden damit auf nationaler Ebene weitergeführt und ratifiziert.²³ Dies

betrifft unter anderem die Treibhausgasneutralität bis 2050.²⁴ Diese Maßnahmen zeigen das Bestreben einer fortwährenden Erneuerung der klimaschutz- und energiepolitischen Maßgaben der BRD.

2.2 Wärmeversorgung in Deutschland

Für die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele werden zusätzliche Maßnahmen im Sektor Wärme veranschlagt. Für die Wärmeversorgung in Deutschland sind drei Schwerpunkte für die Untersuchung zu berücksichtigen. Zunächst sollen die Grundlagen der Wärmeversorgung erläutert werden. Dabei wird der Wärmesektor in seiner Gänze analysiert und der Marktaufbau dargestellt. Daran können Schwierigkeiten und Möglichkeiten für eine erfolgreiche Implementierung der erneuerbaren Energien in diesen Bereich aufgezeigt werden. Anschließend wird der Status quo der erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung analysiert. Hierbei wird auf aktuelle Trends und mögliche Szenarien eingegangen. Der letzte Abschnitt dieses Kapitels stellt gezielt Betreibermodelle im Wärmesektor vor und untersucht diese hinsichtlich ihrer Potenziale für den Einsatz von erneuerbaren Energien, Wirtschaftlichkeit und sozialer Akzeptanz bezüglich der Einsatzhäufigkeit.

2.2.1 Grundlagen

Der Wärmesektor ist unterteilt in unterschiedliche Handlungsfelder. Häufig wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff des Wärmemarktes eingesetzt, welcher zunächst theoretisch analysiert werden soll. Ein Markt wird ökonomisch beschrieben als ein „Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage, aufgrund dessen sich Preise bilden. Märkte lassen sich nach dem Institutionalierungsgrad, der Art des Marktzutritts, dem Autonomiegrad der Marktteilnehmer und den vorherrschenden Präferenzen unterscheiden.“¹ Der Wärmemarkt lässt sich in diese Definition einordnen. Entgegen früherer Definitionen wird der Wärmemarkt heute nur noch bedingt als einheitlich beschrieben. Dies trifft nur auf die erste Systementscheidung des Eigentümers zu, nicht aber auf die Nutzungs- und Betriebszeit mit der notwendigen Wärmebeschaffung.² Vereinfacht gesagt, gibt es eine ganzheitlich freie Marktentscheidung bei der ersten Auswahl des Wärmeversorgungssystems, bei der anschließenden Lieferung der Brennstoffe wird der Markt jedoch aufgeteilt. Hinzu kommt, dass Heizungssysteme auf Grund der hohen Anschaffungskosten und des technischen Aufwandes nur selten während ihrer Betriebsdauer ausgetauscht oder modernisiert werden.³

Wie dargestellt, ist der Wärmemarkt an sich nicht

einheitlich. Er ist vielmehr sehr vielschichtig und setzt sich aus verschiedenen Aspekten zusammen, welche berücksichtigt und zum Verständnis klar voneinander getrennt werden müssen.⁴ Dazu zählen die eingesetzten Energieträger, die verschiedenen Betreiberkonzepte für die Wärmeversorgung und die verschiedenen Abnehmer der Wärme. Der Wärmemarkt ist im Gegensatz zum Strommarkt inhomogen organisiert. Er wird nicht national oder gar international gesteuert, sondern befindet sich in einem lokal beschränkten Handlungsraum.⁵

Der Wärmesektor allgemein kann mit folgenden Merkmalen beschrieben werden:

„große[n] Heterogenität und hohe[n] Komplexität, was die Eigentümer und Betreiber, die Heiztechnologien und Anlagengrößen sowie die Gebäudetypen betrifft,
sehr starke Abhängigkeit von der Entwicklung global geprägter fossiler Energiepreise,
kontinuierlich zunehmende Verschränkung mit dem Stromsektor.“⁶

Diese drei Faktoren verdeutlichen bereits, wie komplex sich der Wärmesektor darstellt. Im Gegensatz zum Stromsektor, welcher in einem gewissen Maße einheitlich organisiert ist, ergeben sich somit völlig andere Voraussetzungen für eine erfolgreiche Energiewende. Die Vielzahl der Akteure, welche sich in keinem einheitlichen Markt bewegen, verhindert eine aktive Steuerung und erschwert somit zusätzlich eine Energiewende in diesem Bereich. Es gilt daher umso mehr,

mögliche Synergieeffekte aus der Kopplung der Sektoren zu nutzen.⁷ Aber nicht nur die Verknüpfung mit anderen Sektoren, sondern die ganzheitliche Betrachtung von Gebäuden und Wärmeversorgung ist für eine optimale Lösung essentiell und muss zukünftig eine noch stärkere Beachtung in der Planung finden.⁸

Die Wärmeversorgung wird in zentrale und dezentrale Systeme unterschieden. Zentrale Anlagen sind beispielsweise Fernwärmeversorgungen durch Heizwerke oder Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Anlagen). Im Gegensatz dazu wird bei dezentralen Anlagen die Wärme bei dem Verbraucher, beispielsweise Einfamilienhäuser oder Siedlungsstrukturen, bereitgestellt, zum Beispiel durch Heizkessel oder Wärmepumpen.⁹ Insbesondere erneuerbare Energien ermöglichen eine dezentrale Wärmeversorgung und können somit zur Erreichung der Klimaziele und zur Minderung der Importabhängigkeit von fossilen Brennstoffen beitragen.¹⁰

Für die zukünftige Wärmeversorgung lassen sich verschiedene Trends erkennen, welche in Abbildung 2-1 veranschaulicht sind. Diese wurden in unterschiedlichen Studien untersucht. Grundsätzlich lassen sich Tendenzen feststellen, welche in unterschiedlichen Ausprägungen und Möglichkeiten umgesetzt werden können. Abbildung 2-1 stellt nicht nur die Maßnahmen dar, sondern zeigt darüber hinaus, dass diese sinnvoll verknüpft werden müssen. So bestehen zwischen den Trends Interdependenzen, welche in die zukünftigen

Entwicklungen einbezogen werden sollten. Die Digitalisierung bietet neue Möglichkeiten im Rahmen der Dezentralisierungen durch das Angebot von virtuellen Kraftwerken. Gleichzeitig müssen für dezentrale Systeme die lokalen Verbrauchs- oder Speicheranlagen vorhanden sein. Die Trendentwicklung greift die festgesetzten Sektorenziele aus Tabelle 2-1 auf. Die relevanten Sektoren der nachhaltigen Energiepolitik sind Strom, Wärme und Verkehr. Ziel ist es unter anderem diese optimal zu verknüpfen.¹¹ Eine Stellschraube dafür stellen Power-to-X-Technologien (P2X) dar.¹² Überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien wird dabei zum Beispiel in Wärme (Power-to-heat) oder Gas (Power-to-gas) umgewandelt.¹³

Produktivitätsfortschritte/
Senkung der Herstellkosten



2-1:

Trends der Wärmewende¹⁴

Der Wärmemarkt kann in verschiedene Handlungs- und Untersuchungsfelder aufgeteilt werden, welche in den folgenden Kapiteln näher untersucht werden:

Wärmeabnehmer,
Energieträger und
Betreiberkonzepte (Wärmeversorger).

2.2.2 Struktur der Wärmeabnehmer

Die Wärmeabnehmer lassen sich in drei Verbrauchssektoren unterteilen:¹

Private Haushalte,
Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) und
Industrie.

Diese Sektoren haben einen unterschiedlichen Wärmebedarf,² welcher deren spezifischen Anwendungen geschuldet ist.

In Abbildung 2-2 wird ersichtlich, dass der größte Anteil des Wärmebedarfs mit 2.151 PJ in Deutschland auf die privaten Haushalte entfällt. Dabei ist wiederum der Bedarf an Raumwärme mit 77,4 % (1.664 PJ von 2.151 PJ) am höchsten. Der Wärmebedarf beträgt 1.888 PJ in der Industrie und 892 PJ im Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Insgesamt ergibt sich ein Wärmebedarf über alle Verbrauchssektoren mit 51,6 % für Raumwärme, 39,7 % für Prozesswärme und 8,7 % für Warmwasser.

me [PJ]

1.500

2.000

2.500

2-2:

Wärmebedarf nach Verbrauchersektoren im Jahr 2016³

Der Energieverbrauch⁴ für Raumwärme bei privaten Haushalten unterliegt jährlichen Schwankungen, welche in Abbildung 2-3 dargestellt sind. Diese können durch die Temperaturschwankungen im Vergleich der Betrachtungsjahre, der demografische Entwicklung und dem gestiegenen Wohnraumbedarf pro Kopf erklärt werden.⁵ Circa 50 % des Endenergieverbrauchs des Gesamtwärmebedarfs in Höhe von 4.931 PJ wird für die Raumwärme benötigt.⁶

Im Gegensatz dazu steht jedoch die Einsparung von Raumwärme durch die gestiegenen Anforderungen an die Energieeffizienz der Gebäudehülle in Folge der Erhöhung der baulichen Standards.⁷ Der Endenergieverbrauch von Bestandsgebäuden kann durch Sanierungstätigkeiten drastisch gesenkt werden.⁸ Übereinstimmende Studien gehen daher von einem sinkenden Wärmebedarf bis 2050 in Deutschland aus.⁹

rm [PJ]

1.000

1.500

2.000

2-3:

Entwicklung Endenergieverbrauch Raumwärme private Haushalte¹⁰

Jedoch bleibt bei hoch gedämmten Gebäuden ein Anteil an Wärmebedarf bestehen.¹¹ Dieser wird im Sinne der Energie- und Klimapolitik bestenfalls durch erneuerbare Energien zur Wärmeerzeugung gedeckt.¹² Es zeigt sich weiterhin, dass eine stetige Erhöhung der Energieeffizienz der Gebäudehülle nicht kosteneffizient ist.¹³

2.2.3 Energieträger im Wärmesektor

Wie bereits in der Einleitung¹ dargestellt, entfallen circa 50 % des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf den Sektor Wärme.² Der Wärmeverbrauch lässt sich gemäß Abbildung 2-4 in verschiedene Energieträger aufgliedern. Der Anteil stagniert in den letzten Jahren bei 10 % bis 13 %.³ Im Gegensatz dazu wird fast viermal mehr Wärme aus Öl und Gas erzeugt. Der Anteil von Wärme aus Kohle ist eher gering. Fernwärme kann auf Grund der benötigten Infrastruktur nur partiell eingesetzt werden. Darüber hinaus lässt sich ein schwacher Rückgang für Mineralöle und Fernwärme feststellen.

rauch [PJ]

3000

2500

2000



2-4:

Wärmemix in Deutschland (alle Verbrauchssektoren)⁴

Den größten Anteil an erneuerbaren Energien nimmt die Biomasse mit 87,5 % ein, wie die Abbildung 2-5 zeigt. Dies wird unter anderem durch die gute lokale Verfügbarkeit und die gesetzliche Förderung begünstigt.⁵ Des Weiteren sind die Kosten im Vergleich zu anderen nachhaltigen Systemen durch die vielfältige Nutzung geringer. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass unter dem Begriff Bioenergie viele unterschiedliche Rohstoffe zusammengefasst werden.

2-5:

Wärmeverbrauch aus erneuerbaren Energien 20166

Problematisch für den Ausbau der erneuerbaren Energien innerhalb der Wärmeversorgung ist die Marktstruktur. Derzeit herrscht große Unsicherheit bezüglich der künftigen Entwicklung der Wärmeinfrastruktur. Dadurch entsteht ein hohes Investitionsrisiko, welches viele Eigentümer und Investoren scheuen.⁷ Dazu kommen, wie bereits erwähnt, die hohen Investitionskosten in Wärmeversorgungsanlagen sowie fehlendes Wissen und damit verbundene weitere Unsicherheiten.⁸ Weiterhin lässt sich eine Diskontinuität innerhalb der politischen Zielsetzung feststellen. Dies zeigt sich durch wechselnde Förderbedingungen und durch mangelnde richtungsweisende politische Entscheidungen.⁹ Soziale Strukturen verstärken diesen Effekt, etwa durch die geringe Eigentümerquote¹⁰ von 45,5 % im Jahr 2014 in Deutschland.¹¹ Dadurch muss bei Investitionen immer das Investor-Nutzer-Dilemma¹² beachtet werden.¹³ Es muss somit gezielt auf die Voraussetzungen und Gegebenheiten des Wärmemarktes bei seiner zukünftigen Entwicklung eingegangen werden.¹⁴ Die stark volatile Erzeugung durch erneuerbare Energien erschwert eine versorgungssichere Wärmebereitstellung.¹⁵ Um dieses Hindernis zu überwinden, muss eine Speichermöglichkeit für die Energie zur Verfügung stehen.¹⁶ Die Potenziale von erneuerbaren Energien sind zum derzeitigen Zeitpunkt nicht ausgeschöpft.¹⁷

Für die Versorgung mit Wärme und der Wahl eines Versorgungssystems müssen gegebenenfalls rechtliche Bestimmungen beachtet werden. So sind in einigen Gebieten Anschlusspflichten für Fernwärme vorzufinden. Dies wird in Bebauungsplänen geregelt und kann insbesondere Neubaugebiete betreffen.¹⁸

Im vorherigen Abschnitt ist die Bedeutung der privaten Haushalte für den Endenergieverbrauch im Sektor Wärme verdeutlicht wurden, so dass der Energiemix für die Wärmeversorgung der privaten Haushalte noch einmal gesondert betrachtet werden soll. Abbildung 2-6 zeigt, dass der Anteil von Fernwärme, das heißt zentraler Wärmeversorgung, im privaten Bereich gering ist im Vergleich zu einer dezentralen Versorgung mit Heizkesseln, welche mit Mineralölen und Gasen betrieben werden. Die am häufigsten vertretenen Energieträger für die Versorgung sind Gas und Mineralöl sowie erneuerbare Energien.

Petajoule

800

1000

1200

1400

1600

1800

2-6:

Wärmemix der privaten Haushalte für das Jahr 2016¹⁹

Für die Wahl einer Versorgungsanlage sind in privaten Haushalten unter anderem die Nutzungskosten²⁰, welche im Wesentlichen die Energiekosten darstellen²¹, entscheidend. Die Entwicklung der zukünftigen Energiepreise ist jedoch von unterschiedlichen externen Faktoren abhängig, so dass eine Einschätzung der Entwicklung erschwert wird. Externe Faktoren sind zum Beispiel politische und wirtschaftliche Krisen sowie die technische Entwicklung. Auffällig in Abbildung 2-7 ist ein steigender Trend für Strom²² in den vergangenen Jahren, während die Preise für Fernwärme, Mineralöl, Erdgas und Holzpellets relativ stabil bleiben.

Bundesdurchschnitt [€/MWh]

100

150

200

250



2-7:

Entwicklung Energiepreise²³

Die Versorgung mit Wärme und die Wahl der Brennstoffe sind von der Art des Betriebes abhängig. Es ist somit unerlässlich, nachfolgend die Akteure am Wärmemarkt zu betrachten.

2.2.4 Akteure und Betreiberkonzepte am Wärmemarkt

Nachdem im vorangegangenen Kapitel eine Unterteilung des Wärmesektors in die Energieträger durchgeführt wurde, sollen im Folgenden die beteiligten Akteure in dem Sektor erläutert werden. In Deutschland existiert eine Vielzahl von Anbietern im Wärmesektor.¹ Neben diesen zahlreichen Anbietern stehen verschiedene Technologien zur Versorgung bereit. Bei der Sanierung oder dem Neubau eines Gebäudes muss somit unter verschiedenen Gesichtspunkten eine Wahl für die Wärmeversorgung getroffen werden. Dabei haben unterschiedliche Konzepte und Technologien verschiedene Vor- und Nachteile. Die individuellen Randbedingungen sind darüber hinaus zu berücksichtigen.

In Deutschland stehen unterschiedliche Beheizungsarten zur Verfügung, welche nach ihren Anteilen in Tabelle 2-2 dargestellt sind. Den größten Anteil besitzen dabei Zentralheizungen, welche auf konventionellen Energieträgern beruhen. Heizungen, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden, sind nur in geringem Maße vorhanden.

Heizung	Wohngebäude	Wohnungen
Zentralheizung	78,4 %	70,4 %
Erdgas-	40,5 %	36,1 %

Zentralheizung		
Öl-Zentralheizung	28,9 %	26,2 %
Holz-/Pellets-Zentralheizung	2,2 %	2,0 %
Elektro-Wärmepumpe	2,2 %	2,1 %
Sonstige Zentralheizung	4,6 %	4,0 %
Erdgas-Etagenheizung	6,4 %	9,8 %
Fernwärmeheizung	5,2 %	13,5 %
Einzelheizung	5,1 %	6,1 %
Strom-Nachtspeicherheizung	1,8 %	2,0 %
Holz-/Pelleteinzelofen	0,9 %	1,1 %
Gaseinzelofen	0,8 %	1,1 %
Sonstige Einzelheizung	1,6 %	1,9 %
Sonstiges Heizsystem	4,5 %	0,2 %
Keine Angabe	0,4 %	-

Tabelle 2-2:

Beheizungsarten Deutschland 2015/2

Für die Versorgung mit Wärme in Deutschland stehen unterschiedliche Betreiberkonzepte und Versorgungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die wichtigsten sind:

- 1 Lieferung Energieträger, z.B. Gas, Heizöl, Holz/Holzpellets, Strom,
- 2 Fernwärmeunternehmen und Lieferung von Fernwärme,
- 3 Wärmecontracting.

Das Wärmecontracting ist dabei gesondert zu betrachten, da es sich hierbei um ein reines Vertragsmodell handelt.

Die verschiedenen Betreiberkonzepte unterscheiden sich in ihrer Betriebsweise und den Vertragsbedingungen mit dem Wärmeabnehmer. Sie sollen im Folgenden jeweils kurz beschrieben werden.

2.2.4.1 Lieferung Energieträger

Im dezentralen Wärmeversorgungsbereich, beispielsweise durch einen Heizkessel oder eine Wärmepumpe, müssen die Energieträger oder die Brennstoffe an den Kunden geliefert werden. Diese Lieferung kann bedarfsabhängig, beispielsweise bei der Lieferung von Gas an den Hausanschluss, oder vorrätig, zum Beispiel bei der Lieferung von Heizöl oder Pellets, erfolgen.¹ Wie bereits dargestellt, ist dies die häufigste Versorgungsart mit Wärme in Deutschland. Durch den eigenen Betrieb und die eigene Investition besteht jedoch die Gefahr einer Überalterung der Heizungsanlage, wie die Untersuchung des *BDEW* in Abbildung 2-8 nachweist. Es zeigt sich insbesondere bei Mehrfamilienhäusern ein Modernisierungsbedarf, da zum Zeitpunkt der Untersuchung 26 % der Anlagen älter als 25 Jahre waren. Mehr als die Hälfte der Heizungen in diesen Gebäuden wurde vor dem Jahr 2000 installiert und entsprechen nicht dem heutigen Stand der Technik. Das durchschnittliche Heizungsalter beträgt für Wohnungen 16,6 Jahre, für Ein- und Zweifamilienhäuser 15,9 Jahre und für Mehrfamilienhäuser 20,1 Jahre.



2-8:

Alter der Heizungsanlagen²

Neben den Investitionskosten der Anlage müssen die Nutzungs- und Betriebskosten, wie zum Beispiel Kosten für Wartung und Instandsetzung, einberechnet werden. Dazu kommen die Kosten für die Brennstoffe, welche wie im vorherigen Abschnitt gezeigt, zum Teil schwanken können. Die Risiken des Betriebes sind somit von den Brennstoffkosten und den Wartungskosten abhängig und müssen vom Eigentümer getragen werden. Der Einsatz von den jeweiligen Energieträgern muss in diesem Fall in Abhängigkeit der Wohnform, Mehrfamilienhäuser oder Einfamilienhäuser und der geografischen Lage in Deutschland betrachtet werden.³ Auf Grund des Umfanges dieser Arbeit soll auf die einzelnen Anlagenvarianten zur Wärmeversorgung nicht näher eingegangen werden. Die Anschaffungs- und Betriebskosten variieren zum Teil stark hinsichtlich der unterschiedlichen Versorgungsanlagen. Für die Lieferung der Brennstoffe wird ein Vertrag mit dem Lieferanten abgeschlossen.⁴

2.2.4.2 Fernwärmeversorgung

Die Fernwärmeversorgung in Deutschland ist definiert als „Wärme beliebiger Herkunft, die mit Hilfe eines Trägermediums (meistens Heizwasser oder Dampf) gewerblich aufgrund eines Vertrages gegen Entgelt geliefert wird und mit deren Lieferung keine eigenen mietrechtlichen Nebenverpflichtungen erfüllt werden. Auf jede Form der Wärmelieferung ist die AVBFernwärmeV anzuwenden.“¹ Die Definition der Fernwärme ist nicht eindeutig, da beispielsweise nicht zwischen Fern- und Nahwärme differenziert wird und Eigentumsverhältnisse nicht geklärt sind.²

Fernwärme zur Wärmeversorgung von Gebäuden existiert in Deutschland, wie in Abschnitt 2.2.3 dargestellt, deutlich weniger als Einzelheizungen. Jedoch lässt sich insbesondere im Osten Deutschlands eine stärker ausgebaute Struktur vorfinden.³ Ein verstärkter Ausbau der Infrastruktur in diesem Bereich lässt sich nicht feststellen, welcher durch die politische Fokussierung auf andere Schwerpunkte der Energiepolitik, wie zum Beispiel Gebäudeeffizienz und Stromausbau, zu begründen ist.⁴ Der Verbrauch von Fernwärme ist seit 2002 angestiegen, wie Abbildung 2-9 zeigt. Dieser Anstieg lässt sich unter anderem durch das verabschiedete KWK-Gesetz und der daraus folgenden Förderung erklären.⁵ Danach lassen sich jedoch immer wieder Schwankungen und kein stärkerer Ausbau

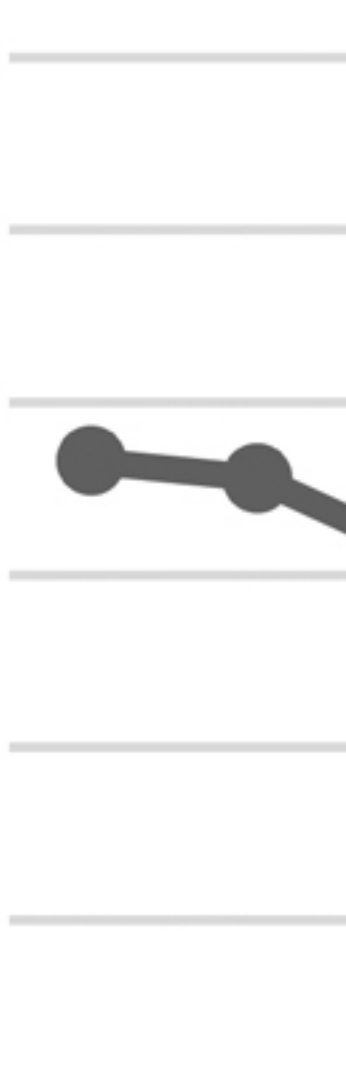
erkennen.

Der Ausbau der Infrastruktur und die damit verbundenen Kosten können für die zukünftige Nutzung von Fernwärme ein Problem darstellen.⁶

Fernwärme kann über fossile oder erneuerbare Energien zur Verfügung gestellt werden. Die Wärme wird in zentralen Heizkraftwerken erzeugt. Abbildung 2-10 verdeutlicht die Verteilung der Energieträger bei der Wärmeerzeugung. Aus fossilen Brennstoffen wird bislang 78 % der Wärme bereitgestellt.

Power consumption [PJ]

500
450
400
350
300
250
200



2-9:

Verbrauch von Fernwärme in Deutschland von 1990 bis
20167

2-10:

Wärmeerzeugung Fernwärme im Jahr 2016⁸

Die Fernwärme ist jedoch im Besonderen geeignet, erneuerbare Energien einzubeziehen.⁹ Dies kann auf verschiedene Weisen erfolgen, wie zum Beispiel durch Erdwärme oder industrielle Abwärme.¹⁰ So stellen Fernwärmenetze eine Flexibilitätsoption für KWK-Anlagen dar, welche auch den Einsatz von erneuerbarem Strom im Wärmesektor, zum Beispiel über Power-to-heat, ermöglichen.¹¹ Überdies können solarthermische Anlagen in Wärmenetze eingebunden werden. Beispielhaft dafür sind die Anlagen in Dänemark zu nennen.¹² Die Möglichkeiten der Fernwärmenutzung in Deutschland sind in Abbildung 2-11 dargestellt. Für die erfolgreiche Implementierung von Fernwärmenetzen sollten die Bürger in den Planungsprozess eingebunden werden. Dadurch können die Vorteile der Netzstruktur und die Kostenentwicklungen transparent dargestellt werden.

Vers

2-11:

Leitlinien Fernwärmestrategie¹³

Kritisch bei der Fernwärmeversorgung müssen die zum Teil intransparente Preisstruktur¹⁴ sowie die Wärmeverluste in den Netzen gesehen werden. Die Aufwendungen der Pumpleistungen für den Transport der Wärme sind ebenfalls nicht unerheblich.¹⁵

2.2.4.3 Wärmecontracting

Das Wärmecontracting wird gesondert als ein Vertragsmodell für die Wärmeversorgung vorgestellt. Es kann als eine Art Finanzierungsmodell für die Wärmeversorgung gesehen werden, da die Energieversorgung auf verschiedenen bereits vorgestellten Konzepten beruhen kann.¹ Der Fernwärmesektor kann nicht pauschal mit dem Contracting gleichgesetzt werden.²

In der DIN 8930-5 wird Contracting definiert als „die zeitlich und räumlich abgegrenzte Übertragung von Aufgaben der Energiebereitstellung und Energielieferung auf einen Dritten, der im eigenen Namen und auf eigene Rechnung handelt. Gegenstand des Contractings sind die Nutzenergien Wärme, Kälte, Druckluft und Beleuchtung“.³ Die Wärmelieferung wird somit als Dienstleistung abgegrenzt. Der Gebäudeeigentümer ist nur für die Technik ab der Wärmeübergabestation innerhalb der Immobilie zuständig.⁴

Contracting wird unterschieden in das Energieliefer-, das Einspar-, das Finanzierungscontracting und das technische Anlagenmanagement.⁵ Daneben gibt es Sonder- und Mischformen.⁶ Bei diesen stehen unterschiedliche Themen im Fokus und es ergeben sich somit verschiedene Anwendungsgebiete. Abbildung 2-12 stellt die Marktaufteilung für die vorgestellten Arten dar. Danach bildet das Energieliefercontracting mit 88 % den wichtigsten Bereich.

Technisches A

Einspar

2-12:

Marktanteile Contractingarten⁷

Die durchschnittliche Vertragslaufzeit beläuft sich, je nach Contractingart, auf 2 bis 20 Jahre.⁸ Im Jahr 2011 gab es in Deutschland circa 90.000 bis 100.000 Contractingverträge, welche meist mit der Wohnungswirtschaft abgeschlossen wurden.⁹

Im Rahmen des *Energieliefercontractings* wird die Anlage durch den Contractor geplant, errichtet, finanziert und betrieben. Diese befindet sich somit während der Vertragslaufzeit im Eigentum des Contractors. Zur Finanzierung der Investition erhebt der Contractor eine Jahresgebühr und eine verbrauchsabhängige Vergütung.¹⁰

Ähnlich wie beim Energieliefercontracting wird die Anlage beim *Energieeinsparcontracting* durch den Contractor geplant, errichtet, finanziert und betrieben. Zu der Anlage gehören hierbei jedoch zusätzlich die Verteilstationen und andere Bauteile für die Energieversorgung. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei die zugesicherte Energieeinsparung für den Nutzer.¹¹

Die Zuständigkeiten des Contractors sind beim *technischen Anlagenmanagement* ähnlich wie beim Energieliefercontracting. Die Anlage kann jedoch darüber hinaus ein Bestandsobjekt sein. Die Abrechnung erfolgt dabei meist pauschal.¹²

Im Gegensatz dazu sind der Betrieb und die Instandhaltung beim *Finanzierungscontracting* in der Hand des Nutzers. Der Contractor übernimmt nur die Planung, die Finanzierung und

den Bau.13

Das Wärmecontracting bietet in seiner vertraglichen Vielfalt, unter anderem für den Einsatz von erneuerbaren Energien, individuelle Vorteile und Nachteile. Diese sind zum Teil abhängig von der gewählten Contractingart.

Die Vorteile des Contracting liegen im geringen Investitionsvolumen und dem überschaubaren Planungsaufwand für den Nutzer. Ihm werden vertraglich Wartung, Instandsetzung und Versorgungssicherheit zugesichert. Durch die geringen Anfangsinvestitionen für den Contractingnehmer können der Einsatz von erneuerbaren Energien und effizienter Technik ermöglicht werden. Der Contractingnehmer hat Kosteneinsparungen, da dieser ein Leistungspaket angeboten bekommt.14

Für die optimale Umsetzung des Konzeptes sind jedoch umfangreiche Vorbereitungen, eine frühzeitige Ausschreibung und eine frühe Festlegung der Verbrauchsdaten und Leistungen notwendig. Zudem können sich die langen Vertragslaufzeiten sowie Interessenskonflikte der Partner nachteilig auswirken. Im Rahmen der Entscheidungsfindung sollten zur Risikominimierung Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden.15

2.2.5 Zusammenfassung zur Wärmeversorgung in Deutschland

Die dargestellten Ergebnisse zeigen ein vielschichtiges Bild der Wärmeversorgung in Deutschland. Neben den unterschiedlichen Energieträgern, welche eingesetzt werden können, gibt es verschiedene Betreiberkonzepte zur Versorgung. Eine einheitliche Struktur ergibt sich im Wärmesektor nicht. Eine flächendeckende Energiewende wird erschwert, da keine zentrale Umsetzung möglich ist. Es muss jeweils spezifisch auf die gegebenen Rahmenbedingungen und Voraussetzungen eingegangen werden.

„In Deutschland fehlt es an einer langfristig orientierten Wärmepolitik, die Gebäudeeffizienz, Anlagentechnik und soziale Aspekte integriert betrachtet und diese auch als planerische Aufgabe staatlicher Infrastrukturpolitik begreift.“¹

Es lassen sich unterschiedliche Chancen und Hemmnisse für eine Wärmewende feststellen:²

Technik,
Ökonomie,
Ökologie,
Soziales,
Organisation.

Diese Aspekte werden in unterschiedlichen

Bearbeitungstiefen im Rahmen dieser Arbeit in Bezug auf eine spezifische Art der Wärmeversorgung untersucht.

Die Energiewende im Bereich der Wärmeversorgung ist schwieriger als im Stromsektor.³ Wie im Bauwesen allgemein können verschiedene Konzepte, welche an die unterschiedlichen Rahmenbedingungen angepasst sein müssen, zum Erfolg beitragen. Wie bereits in Kapitel 1.1 dargestellt, stellt insbesondere die zeitlich konzentrierte Nachfrage in den Wintermonaten eine Herausforderung für die Einbindung von einigen erneuerbaren Energien dar. Diese könnte durch Speicherkonzepte überwunden werden.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.