



Projektabschlussbericht (Entwurfssfassung)

Kommunale **Wärmeplanung** der Stadt Kempen.

Impressum

Kommunale Wärmeplanung Stadt Kempen

Auftraggeber: Stadt Kempen, Buttermarkt 1, 47906 Kempen

Durchgeführt durch die BMU Energy Consulting GmbH

Autoren:

Dr.-Ing Tobias Müller

Jöran Schirmer

Anschrift:

BMU Energy Consulting GmbH

Lise-Meitner-Straße 1-13

42119 Wuppertal

E-Mail: info@bmu-energy-consulting.de

Webseite: <https://bmu-energy-consulting.de/>

Datum:

April 2025

Titelbild-Bildnachweis:

© Sascha Lamozik/FEE

Logo Stadt Kempen:

https://de.wikipedia.org/wiki/Kempen#/media/Datei:DEU_Kempen_COA.svg

Gender-Hinweis:

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Bericht teilweise das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich auf alle Geschlechter.



Inhalt

Impressum.....	2
Inhalt.....	3
Kurzfassung.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	8
2 Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung.....	10
2.1 Projektablauf.....	10
2.2 Verbindlichkeit der kommunalen Wärmeplanung.....	10
2.3 Was kann man von der kommunalen Wärmeplanung erwarten?.....	11
2.4 Gesetzliche Anforderungen.....	12
2.5 Energiebedarf in Deutschland.....	20
2.6 Detaillierte Analyse des Wärmbedarfes.....	21
2.7 Sanierung.....	26
2.8 EE-Technologien zur Wärmeerzeugung.....	34
2.9 Wärmenetze.....	44
3 Bestandsanalyse.....	47
3.1 Datengrundlage.....	47
3.2 Vorprüfung.....	47
3.3 Allgemeine Informationen.....	48
3.4 Wärmebedarf nach Energieträgern und Sektoren.....	56
3.5 Anzahl der versorgten Gebäude.....	66
3.6 Wärmebedarfsdichte und Großverbraucher.....	73
3.7 Anteil der Erneuerbaren Energien.....	75
3.8 Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Sektoren.....	77
4 Potenzialanalyse.....	80
4.1 Allgemeines.....	80
4.2 Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung.....	80
4.3 Transformationsplan für das Kempener Wärmenetz.....	82
4.4 Solare Wärme.....	83
4.5 Gewässer.....	85
4.6 Abwasser.....	86
4.7 Rohwasser.....	86
4.8 Geothermie.....	87
4.9 Industrielle Abwärme.....	90



4.10	Biomasse.....	91
5	Entwicklung der Zielszenarien.....	93
5.1	Allgemeines.....	93
5.2	Grundlagen zum Technologiewechsel.....	93
5.3	Auswirkungen der Sanierung.....	95
5.4	Eignung der Gebäude für Wärmeversorgungs- technologien.....	97
5.5	Zielszenarien.....	103
6	Umsetzungsstrategie.....	116
6.1	Darstellung der empfohlenen Maßnahmen.....	116
6.2	Verstetigungsstrategie.....	119
6.3	Controllingkonzept.....	121
	Literaturverzeichnis.....	124
	Abbildungsverzeichnis.....	127
	Tabellenverzeichnis.....	130



Kurzfassung

Die Wärmewende ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Dazu ist die kommunale Wärmeplanung die notwendige Umsetzung des Wärmeplanungsgesetzes. Von den etablierten öl- und gasbasierten Heizungen hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu kommen, ist eine große Herausforderung. Für die Stadt Kempen bedeutet das insbesondere die gasbasierten Heizungen in den urbanen Teilen der Stadt zu ersetzen. Die Stadt Kempen hat zusätzlich die besondere Ausgangslage, dass ein bereits gut ausgebautes Wärmenetz im Stadtzentrum (Stadtteil Kempen) vorliegt als auch mehrere Nahwärmenetze in den Stadtteilen St. Hubert und Tönisberg. Auch diese Wärmenetze, welche aktuell noch primär auf fossilen Energieträgern basieren, müssen zukünftig auf klimaneutrale Energieträger umgestellt werden.

Um eine klimaneutrale Wärmeversorgung aufzubauen, sind die Wärmebereitstellungsoptionen begrenzt. Insbesondere elektrische Wärmepumpen und klimaneutrale Wärmenetze sind zukünftig die vielversprechendsten Versorgungsarten in Deutschland. Biomasse als ergänzende Lösung und Wasserstoff bei entsprechender lokaler Verfügbarkeit werden ebenso als Teillösungen diskutiert, können aber beide sowohl in Deutschland als auch in Kempen keine grundlegenden Pfeiler der klimaneutralen Wärmeversorgung darstellen.

Die Potenzialanalyse für Kempen identifiziert mehrere erneuerbare Wärmequellen, die zur zukünftigen Wärmeversorgung beitragen können. Besonders hohe Potenziale bestehen in der Nutzung von Solarthermie, oberflächennaher Geothermie und Seethermie, wobei der Königshütte See bereits als bedeutende Wärmequelle im Transformationsplan zur Dekarbonisierung der Fernwärme untersucht wurde. Auch Rohwasser-Wärmepumpen sowie begrenzte Mengen industrieller Abwärme könnten zur Versorgung beitragen, wobei letztere aufgrund infrastruktureller Hürden nur eingeschränkt nutzbar ist. Der Transformationsplan für das Fernwärmenetz Kempen bewertet diese Potenziale hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen und technischen Umsetzbarkeit und zeigt einen Weg zur Treibhausgasneutralität bis spätestens 2045 für das bestehende Fernwärmenetz in Kempen auf. Die konkrete Nutzung der Potenziale erfordert weiterführende Untersuchungen, um Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und ökologische Auswirkungen präziser zu bewerten.

Die zukünftige Wärmeversorgung von Deutschland wird sich auf die Lösungsoptionen Wärmenetz, Wasserstoffnetz und dezentrale Versorgung aufteilen. In Kempen werden bereits im Status quo fünf verschiedene Wärmenetze betrieben, von welchen das Fernwärmenetz im Stadtteil Kempen aufgrund der Anzahl angeschlossener Gebäude hervorzuheben ist. Im Rahmen der Eignungsprüfung sind 6.766 Gebäude als für Wärmenetze geeignet befunden worden. Da im Status quo aktuell 2.335 Gebäude an Wärmenetze angeschlossen sind, zeigt sich ein grundsätzliches Erweiterungspotenzial im Stadtgebiet von Kempen. Wasserstoff kann eine Teillösung für die Dekarbonisierung des Wärmesektors darstellen, ist hierbei aber insbesondere für Industriebetriebe vorgesehen. Das geplante Wasserstoffkernnetz wird durch das Stadtgebiet von Kempen verlaufen, was eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für die Verfügbarkeit von Wasserstoff bedeutet. Als Eignungsgebiet für Wasserstoff wurde das Industriegebiet Ost definiert, welches 4 % der Gebäude beinhaltet. Der Großteil der Gebäude in Kempen sind für den Einsatz dezentraler Versorgungsoptionen, insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpen, geeignet. Insgesamt sind 94 % der Gebäude für Luft-Wasser-Wärmepumpen geeignet, so dass diese flächendeckend eine Lösungsoption darstellen. Als Ausnahme ist hierbei insbesondere in



Teilen der historische Ortskern zu nennen, welcher jedoch wiederum für den Ausbau des Fernwärmenetzes geeignet ist.

Im Rahmen der Untersuchungen der Zielszenarien wurden zwei Szenarien betrachtet. Ein Hauptszenario mit moderatem Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes sowie ein Nebenszenario mit verstärktem Ausbau dieses Wärmenetzes. Die Ergebnisse der Szenarien zeigen, dass Luft-Wasser-Wärmepumpen im Zieljahr 2045 zukünftig den Großteil der Gebäude in Kempen, insbesondere in den Stadtteilen St. Hubert, Tönisberg und den umliegenden ländlichen Bereichen, versorgen wird. Je nach Ausbau des Fernwärmenetzes machen Luft-Wasser-Wärmepumpen zwischen 52 % und 69 % aus. Die bereits bestehenden Wärmenetze machen den zweitgrößten Anteil aus. Dieser liegt zwischen 27 % und 44 % aus. Stromdirekt- und Pellet-Heizungen versorgen die verbleibenden Gebäude und machen nur einen kleinen Anteil aus. Erdgas und Heizöl werden zukünftig in Kempen keine Rolle in der Wärmeversorgung spielen. Wasserstoff könnte in industriell geprägten Bereichen von Kempen eine Teilrolle spielen, wurde jedoch aufgrund fehlender Planbarkeit im Rahmen der Szenarien nicht weiter betrachtet. Die Szenarien zeigen, dass sowohl mittels dezentraler oder verstärkter zentraler Wärmeversorgung die Klimaziele erreicht werden können. Jedoch stehen die Stadt Kempen sowie die Stadtwerke Kempen hierbei vor der Herausforderung, die bestehenden Wärmenetze zu dekarbonisieren. Im Zuge dieses Transformationsprozesses haben die Stadtwerke bereits einen Transformationsplan für das Fernwärmenetz erarbeitet. Beide Szenarien erreichen die Klimaneutralität nicht nur durch eine Umstellung der Erzeugerstruktur, sondern auch durch eine Wärmebedarfsreduktion von 22 %. Neben der Umstellung auf klimaneutrale Energieträger ist die Wärmebedarfsreduktion durch Sanierungsmaßnahmen ein wichtiger Baustein auf dem Weg zur Klimaneutralität.

Aus den erzielten Ergebnissen lassen sich verschiedene Maßnahmen für die Kempener Wärmeversorgung ableiten. Einerseits ist weiterhin eine Einbindung der Bürgerinnen und Bürger unerlässlich, um die Transformation im Haushaltssektor zu gewährleisten. Hier ist die Durchführung von Bürgerinformationsveranstaltungen in regelmäßigen Abständen in Kombination mit lokalen Stakeholdern (Stadtwerke, Energieberater, Handwerk etc.) zu empfehlen. Ebenso kann die im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erstellte Internetseite der Stadt Kempen zur Kommunikation und Informationsbereitstellung weiterhin genutzt werden.

Die infrastrukturelle Seite der Wärmeversorgung ist ebenfalls ein wichtiger Baustein, da sowohl auf die Strom-, Gas- und Wärmenetze verschiedene Herausforderungen in Bezug auf Ausbau und Stilllegung sowie Dekarbonisierung zukommen. Die Stadtwerke Kempen haben hier mit der Durchführung einer Stromnetzplanung und Transformationsplanungen für die Wärmenetze (in Teilen in Arbeit und in Teilen bereits abgeschlossen) bereits wichtige Schritte vollzogen. Zusätzlich könnte die Erstellung einer Gasnetzstrategie eine weitere Maßnahme sein, um die Herausforderungen für das Kempener Gasnetz zu bewältigen.



Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ KostAufG	Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz
COP	Coefficient of Performance
DDR	Deutsche Demokratische Republik
EE	Erneuerbare Energien
EEWärmeG	Erneuerbare Energien-Wärmegegesetz
EnEV	Energiesparverordnung
EnEG	Energieeinspargesetz
EPBD	EU-Gebäuderichtlinie
EPS	Polystyrol
EU	Europäische Union
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe-Handel-Dienstleistungen
iSFP	Individueller Sanierungsfahrplan
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KSG	Klimaschutzgesetz
LANUK	Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen
LWPG	Landeswärmeplanungsgesetz NRW
PUR	Polyurethan
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaik-Thermisch
ROI	Return on Investment
THG	Treibhausgas
WE	Wohneinheit
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WSchV	Wärmeschutzverordnung



1 Einleitung

Kommunen in Deutschland sind seit Anfang 2024 zur Erstellung und Weiterschreibung kommunaler Wärmepläne verpflichtet. Mit dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG) wird den Bundesländern die Aufgabe der Durchführung einer Wärmeplanung für ihr Hoheitsgebiet verpflichtend auferlegt. Die Länder werden diese Pflicht auf Rechtsträger innerhalb ihres Hoheitsgebiets bzw. auf eine zuständige Verwaltungseinheit übertragen.¹

Grundlegende Aufgabenstellung dabei ist die Entwicklung einer Strategie für die langfristig CO₂-neutrale Wärmeversorgung des Gebietes der Kommune bis zum Jahr 2045. Der kommunale Wärmeplan zeigt dafür den Status quo der Wärmeversorgung sowie verschiedenste Perspektiven der Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energiequellen und Abwärme auf. Über einen Zwischenstand für das Jahr 2030, 2035 und 2040 ist daraus das klimaneutrale Zielszenario 2045 zu entwickeln. Der Planungsfokus liegt im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung auf den Netzinfrastrukturen Gas und Wärme sowie indirekt dann auch Strom. Eine Erarbeitung der individuell besten Lösung für jedes einzelne Gebäude ist nicht im Fokus der kommunalen Wärmeplanung, sondern obliegt jedem Hausbesitzer in Zusammenarbeit mit Energieberatern, Handwerkern, Schornsteinfeger, Energieversorgung und potenziellen weiteren Stakeholdern.

Für die Umstellung der Erzeugung von Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme aus fossilen auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme in Deutschland bis spätestens zum Jahr 2045 ist eine erhebliche Steigerung der Bemühungen notwendig. Mehr als die Hälfte der in Deutschland verbrauchten Endenergie wird für die Bereitstellung von Wärme eingesetzt. Für die Erzeugung von Raumwärme kommen nach wie vor zu einem überwiegenden Anteil Erdgas sowie Heizöl zum Einsatz. Der Anteil erneuerbarer Energien beträgt in der Erzeugung von Wärme und Kälte in Deutschland (Stand 2023) aktuell lediglich ca. 19 Prozent [1]. Von diesen 19 Prozent (205 Terrawattstunden) entfallen über 80 % auf Biomasse (fest, flüssig und gasförmig) [1].

Die Bereitstellung von Prozesswärme erfolgt zum Großteil über Erdgas und Kohle, der Anteil erneuerbarer Energien liegt hier lediglich bei rund sechs Prozent. Ohne eine signifikante Reduktion des Wärmeverbrauchs und einen gleichzeitig erheblich beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien können die Ziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) nicht erreicht werden.² Neben der flächendeckenden Umstellung der dezentralen Wärmeversorgung von Gebäuden auf erneuerbare Energien, die insbesondere durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) geregelt wird, gilt es, die leitungsgebundene Wärmeversorgung über Wärmenetze weiter auszubauen und zu beschleunigen.³ Wärmenetze sollen gemäß den Vorgaben des WPG bis spätestens 2045 vollständig auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme umgestellt werden, um eine effiziente und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

¹ Im Rahmen dieses Berichts beziehen wir uns auf das Wärmeplanungsgesetz mit dem Stand 14.02.2025

² Im Rahmen dieses Berichts beziehen wir uns auf das Bundes-Klimaschutzgesetz mit dem Stand 14.02.2025

³ Im Rahmen dieses Berichts beziehen wir uns auf das Gebäudeenergiegesetz mit dem Stand 14.02.2025



Den Städten und Gemeinden kommt für das Gelingen der Wärmewende eine entscheidende Rolle zu. Die relevanten Weichenstellungen werden nicht nur auf Bundes- und Landesebene, sondern vor Ort getroffen. Daher entscheiden die langfristigen und strategischen Entscheidungen darüber, wie die Wärmeversorgung organisiert und in Richtung Treibhausgasneutralität transformiert wird. Gemeinsam mit den Bürgern, Unternehmen und Energieversorgern müssen weitere Planungsprozesse vorbereitet, diskutiert, beschlossen und anschließend umgesetzt werden. Dieser Prozess, der als Wärmeplanung bezeichnet wird, soll mit diesem Gesetz einen einheitlichen Rahmen erhalten.

Die aktuellen Ziele für Wärmenetze der Bundesregierung, auf welche die kommunale Wärmeplanung eingehen soll, sind:

- Bis zum Jahr 2030 soll im bundesweiten Mittel 50 Prozent der leitungsgebundenen Wärme klimaneutral erzeugt werden.
- Bestehende Wärmenetze müssen ab dem Jahr 2030 zu einem Anteil von mindestens 30 Prozent und bis 2040 von mindestens 80 Prozent mit Wärme aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination daraus gespeist werden.
- Für neue Wärmenetze wird mit den neuen Vorgaben des GEG ein Erneuerbaren Energien-/unvermeidbarer Abwärme-Anteil von 65 Prozent verlangt.



2 Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung

2.1 Projektablauf

Der inhaltliche Projektablauf der kommunalen Wärmeplanung gliedert sich in vier Hauptphasen: Bestandsanalyse, Potentialanalyse, Szenarioentwicklung (inkl. Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete) und die Ableitung von entsprechenden Maßnahmen. In der Bestandsanalyse wird die aktuelle Wärmeversorgung der Kommune untersucht. Dies beinhaltet hierbei beispielsweise den aktuellen Wärmebedarf, die verwendeten Energieträger und die verursachten Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen). In der zweiten Phase, der Potentialanalyse, werden die Potenziale zur Effizienzsteigerung identifiziert und bewertet sowie die Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen und Abwärme analysiert. In der dritten Phase, der Szenarioentwicklung, werden konkrete Ziele für die zukünftige Wärmeversorgung definiert, Meilensteine zur Zielerreichung festgelegt und bestehende Pläne integriert. Das Ergebnis dieser Phase ist ein Pfad zur Erreichung der Klimaneutralität im Wärmesektor. Die vierte und letzte finale Phase ist die Definition von geplanten Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele.

2.2 Verbindlichkeit der kommunalen Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung ist seit dem 01.01.2024 als bundesweites Gesetz gültig. Am 18.12.2024 wurde dieses mit dem Gesetz zur Einführung einer Kommunalen Wärmeplanung in Nordrhein-Westfalen (Landeswärmepflanzungsgesetz NRW – LWPG) in das Landesrecht von Nordrhein-Westfalen überführt.

Da die Wärmewende und die Gesetzgebung in den letzten Monaten und Jahren an einigen Stellen zu Verwirrung geführt hat, wird im Folgenden kurz auf die Verbindlichkeit, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie gilt, eingegangen. Diese ergibt sich aus dem Wärmepflanzungsgesetz. Nachfolgend sind die aus unserer Sicht wesentliche Auszüge zitiert:

Definition der Wärmeplanung

„[Die] Wärmeplanung [ist] eine rechtlich unverbindliche, strategische Fachplanung, die

- a) Möglichkeiten für den Ausbau und die Weiterentwicklung leitungsgebundener Energieinfrastrukturen für die Wärmeversorgung, die Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien, aus unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination hieraus sowie zur Einsparung von Wärme aufzeigt und*
- b) die mittel- und langfristige Gestaltung der Wärmeversorgung für das geplante Gebiet beschreibt“*

sowie

§ 26 Entscheidung über die Ausweisung als Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugebiet

- (1) „Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Wärmeplanung nach § 23 und unter Abwägung der berührten öffentlichen und privaten Belange gegen- und untereinander kann die planungsverantwortliche Stelle oder eine andere durch Landesrecht hierzu bestimmte Stelle eine*



Entscheidung über die Ausweisung eines Gebiets zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen [...] treffen. Die Entscheidung erfolgt grundstücksbezogen.

(2) Ein Anspruch auf Einteilung eines Grundstücks zu einem Gebiet nach Absatz 1 besteht nicht.“

und

§ 27 Rechtswirkung der Entscheidung

(1) [...]

(2) Die Entscheidung über die Ausweisung eines Gebiets als Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugebiet bewirkt keine Pflicht, eine bestimmte Wärmeversorgungsart tatsächlich zu nutzen oder eine bestimmte Wärmeversorgungsinfrastruktur zu errichten, auszubauen oder zu betreiben.

(3) Entscheidungen über die Ausweisung als Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugebiet sind zu berücksichtigen in Abwägungs- und Ermessensentscheidungen bei 1. einer Aufstellung, Änderung, Ergänzung oder Aufhebung eines Bauleitplans und 2. einer anderen flächenbedeutsamen Planung oder Maßnahme einer öffentlichen Stelle oder von einer Person des Privatrechts in Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben.

2.3 Was kann man von der kommunalen Wärmeplanung erwarten?

Die kommunale Wärmeplanung stellt, wie im vorherigen Abschnitt dargelegt, zunächst eine unverbindliche Planung für die Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung dar. Dies wirkt auf den ersten Blick so als ob dies wenig unmittelbar hilft, jedoch ist es der erste Schritt, welcher eigentlich schon lange überfällig ist. Wir möchten hier vorweg zum Bericht die wichtigsten Punkte festhalten, welche insbesondere aus Sicht der Bürger zu erwarten ist:

- 1) Gewissheit: Eine Gewissheit, ob Wärmenetze gebaut werden, liegt nach der kommunalen Wärmeplanung noch nicht vor! Es wird lediglich empfohlen in Wärmenetzeignungsgebieten weiterführende Machbarkeitsstudien durchzuführen. Diese werden dann weiterführende Erkenntnisse über die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit liefern. Wodurch danach zusammen mit der Bereitschaft der anzuschließenden Kunden eine Entscheidung über den Bau des Wärmenetz gefällt werden wird.
- 2) Heizungsentscheidung: Falls eine Entscheidung über eine neue Heizungsanlage ansteht, kann die kommunale Wärmeplanung zur ersten Meinungsbildung beitragen, aber keinen abschließenden Rat geben. Dazu empfehlen wir Kontakt zu zertifizierten Energieberatern aufzunehmen. Hier jedoch einige Tendenzen, die sich aus der Wärmeplanung ergeben:
 - a. Wenn Sie in einem Wärmenetzeignungsgebiet liegen und
 - i. ihre Heizung kurzfristig noch nicht ausgetauscht werden muss, könnten Sie zunächst die weiteren Machbarkeitsstudien abwarten.
 - ii. ihre Heizung kurzfristig ausgetauscht werden muss, sollten sie sich mit Übergangslösungen oder grundsätzlichen Alternativen beschäftigen.
 - b. Wenn Sie nicht in einem Wärmenetzeignungsgebiet liegen, sollten Sie sich mit dezentralen Alternativen wie Wärmepumpen, Biomasseanlagen oder Hybridheizungen beschäftigen. Je älter ihre Heizung ist, insbesondere wenn Sie > 20 Jahre alt ist, sollten Sie sich kurzfristig mit dem Heizungswechsel beschäftigen.



2.4 Gesetzliche Anforderungen

2.4.1 Gebäudeenergiegesetz – GEG

Das GEG spielt eine zentrale Rolle in der kommunalen Wärmeplanung. Es bildet die gesetzliche Grundlage und definiert die energetischen Standards und Anforderungen, die bei der Planung und Umsetzung von Wärmeversorgungssystemen auf kommunaler Ebene zu beachten sind. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung dient dieses Kapitel zu den allgemeinen Vorschriften als Basis für die rechtliche Einordnung und Anwendung des GEG. Die Begriffsbestimmungen und Anwendungsbereiche sind entscheidend für das Verständnis und die Umsetzung der gesetzlich geforderten Maßnahmen. Für die kommunale Wärmeplanung sind die Anforderungen an Neubauten relevant, da sie sicherstellen, dass diese energieeffizient geplant und gebaut werden.

Dies umfasst die Einhaltung bestimmter Standards für den Jahres-Primärenergiebedarf und den Wärmeschutz. Bei der Sanierung bestehender Gebäude müssen ebenfalls die Anforderungen des GEG berücksichtigt werden. Sie schreiben vor, dass bei Modernisierungsmaßnahmen energetische Verbesserungen durchgeführt werden müssen, wie die Dämmung von Wänden, Dächern und Decken sowie der Austausch ineffizienter Heizungsanlagen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des GEG ist die Nutzung erneuerbarer Energien. Neubauten müssen einen bestimmten Anteil ihres Energiebedarfs durch erneuerbare Energien decken, und auch bei Bestandsgebäuden soll die Integration solcher Technologien gefördert werden. Dies ist entscheidend für die kommunale Wärmeplanung, da die Nutzung erneuerbarer Energien zur Erreichung der Klimaziele beiträgt. Die Ausstellung, Verwendung und der Aushang von Energieausweisen informieren Eigentümer und Käufer über den energetischen Zustand von Gebäuden und unterstützen so die Transparenz und das Bewusstsein für Energieeffizienz. Dies ist relevant für die kommunale Wärmeplanung, da es eine Grundlage für die Bewertung und Optimierung der energetischen Qualität von Gebäuden bietet.

Die Pflichten der Länder und Kommunen umfassen die Umsetzung und Überwachung der Vorschriften des GEG. Dies bedeutet, dass die Kommune für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen sorgen und Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien unterstützen muss. Die Marktüberwachung und Sanktionierung bei Verstößen gegen das GEG sind ebenfalls zur Sicherstellung der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben wichtige Maßnahmen. Besondere Anforderungen an bestimmte Gebäudetypen, wie Nichtwohngebäude oder öffentliche Gebäude müssen in der kommunalen Wärmeplanung berücksichtigt werden.

Dies betrifft auch die Planung und Umsetzung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien in solchen Gebäuden. Übergangs- und Schlussvorschriften regeln das Inkrafttreten des Gesetzes und den Übergang von alten zu neuen Regelungen. Dies ist wichtig für die Planungssicherheit und die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung. Insgesamt unterstützt das GEG die Ziele der kommunalen Wärmeplanung, den Energieverbrauch zu senken und den Einsatz erneuerbarer Energien zu fördern. Die gesetzlichen Vorgaben und Anforderungen des GEG bilden den Rahmen für die energetische Optimierung von Gebäuden und die nachhaltige Wärmeversorgung in der Kommune.

Die wichtigsten Punkte des GEG gemäß der aktuellen Gesetzesfassung sind im Folgenden aufgeführt:



- Nutzungspflicht von 65 % erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung - § 71: Bei der Bereitstellung von Wärme muss ein Anteil von mindestens 65 % aus erneuerbaren Energien stammen. Diese Regelung zielt darauf ab, den Einsatz umweltfreundlicher und nachhaltiger Energieträger zu fördern und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren.
- Beratungspflicht bei Einbau fossiler Heizungsanlagen - § 71 (11): Vor dem Einbau fossiler Heizungsanlagen besteht eine Beratungspflicht. Eigentümer müssen sich über Alternativen und die Vorteile erneuerbarer Energien informieren lassen, um fundierte Entscheidungen treffen zu können.
- Gebäudeautomation - § 71a: Anforderungen an die Gebäudeautomation werden festgelegt, um den Energieverbrauch durch optimierte Steuerung und Regelung der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage zu senken. Dies kann zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Einsparung von Energiekosten beitragen.
- Regelmäßige Überprüfung von Wärmepumpen - § 60a: Wärmepumpen müssen regelmäßig überprüft werden, um ihre Effizienz und Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Regelmäßige Wartungen tragen dazu bei, die Lebensdauer der Geräte zu verlängern und ihre Energieeffizienz zu erhalten.
- Regelmäßige Überprüfung älterer Heizungsanlagen - § 60b: Ältere Heizungsanlagen müssen regelmäßig überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie effizient und sicher betrieben werden können. Dies hilft, den Energieverbrauch zu minimieren und potenzielle Sicherheitsrisiken zu erkennen und zu beheben.
- Hydraulischer Abgleich und Heizungsoptimierung - § 60c: Ein hydraulischer Abgleich und die Optimierung der Heizungsanlage sind erforderlich, um die Wärmeverteilung im Gebäude zu verbessern und den Energieverbrauch zu reduzieren. Dies trägt zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Senkung der Betriebskosten bei.
- Erweiterung bestehender Nichtwohngebäude > 100% der Nutzfläche - § 51: Wenn die Nutzfläche eines bestehenden Nichtwohngebäudes um mehr als 100 % erweitert wird, muss das Gebäude hinsichtlich der Energiebilanzierung wie ein Neubau behandelt werden. Dies bedeutet, dass die aktuellen energetischen Anforderungen für Neubauten erfüllt werden müssen.
- Energieausweis muss Art der erneuerbaren Energien ausweisen - § 85: Der Energieausweis muss die Art der eingesetzten erneuerbaren Energien ausweisen. Diese Transparenz informiert potenzielle Käufer oder Mieter über die Energiequellen des Gebäudes und trägt zur Förderung erneuerbarer Energien bei.
- Verlängerung der Nutzungsdauer für Gebäude zur Unterbringung geflüchteter Menschen - § 102 (4) Befreiungen: Für Gebäude, die zur Unterbringung von geflüchteten Menschen genutzt werden, kann die Nutzungsdauer verlängert werden. Dies ermöglicht es, diese Gebäude länger zu nutzen, ohne sofortige umfassende energetische Sanierungen durchführen zu müssen.

Die Entwicklung der Energieeinspar- und Klimaschutzgesetze in Deutschland umfasst bedeutende gesetzliche Meilensteine von den 1970er Jahren bis heute. Im Folgenden wird ein historischer Überblick über das Energieeinsparrecht in Deutschland präsentiert, einschließlich der wesentlichen Entwicklungen und Meilensteine der gesetzlichen Regelungen zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz im Gebäudebereich. Ergänzend wird dieser Überblick auch in Abbildung 1 anschaulich dargestellt. [2]

1970er bis 1990er Jahre:

- EnEG 1976 (Energieeinspargesetz): Einführung des Energieeinspargesetzes als erstes umfassendes Regelwerk zur Energieeinsparung in Gebäuden.



- WärmeschutzV 1977 (Wärmeschutzverordnung): Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung, die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden festlegte.
- WärmeschutzV 1984 und 1995: Weitere Verschärfungen der Wärmeschutzverordnung zur Reduzierung des Energieverbrauchs.

2000er Jahre:

- EPBD 2002 (EU-Gebäuderichtlinie): Einführung der europäischen Gebäuderichtlinie, die alle EU-Mitgliedstaaten dazu verpflichtet, Maßnahmen zur Energieeffizienz in Gebäuden zu ergreifen.
- EnEV 2002 (Energieeinsparverordnung): Ablösung der Wärmeschutzverordnung durch die Energieeinsparverordnung, die umfassendere Anforderungen an die Energieeffizienz von Neubauten und Bestandsgebäuden stellte.
- EnEV 2004 und 2007: Weitere Verschärfungen der Energieeinsparverordnung und Einführung des Energieausweises für Bestandsgebäude.
- EnEG 2005 und 2009: Anpassungen des Energieeinspargesetzes.
- EEWärmeG 2009: Einführung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmebereich.

2010er Jahre:

- EPBD 2010 und 2018: Aktualisierungen der EU-Gebäuderichtlinie.
- EnEG 2013: Weitere Anpassungen des Energieeinspargesetzes.
- EnEV 2014: Weitere Verschärfung der Energieeinsparverordnung.
- Klimaschutzgesetz 2019: Einführung des Bundes-Klimaschutzgesetzes zur verbindlichen Festlegung von Klimazielen.

2020er Jahre:

- Koalitionsvertrag 2021: Vereinbarungen zur Förderung der Energieeffizienz und zum Klimaschutz.
- Klimaschutzgesetz 2021: Weitere Anpassungen des Klimaschutzgesetzes.
- BEHG 2023 (Brennstoffemissionshandelsgesetz): Einführung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes zur Bepreisung von CO₂-Emissionen.
- GEG 2020 und 2023 (Gebäudeenergiegesetz): Einführung des Gebäudeenergiegesetzes, das EnEG, EnEV und EEWärmeG zusammenfasst und den Primärenergiebedarf weiter reduziert.
- CO₂KostAufG 2023 (Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz): Gesetz zur Aufteilung der CO₂-Kosten zwischen Vermieter und Mieter.
- GEG 2024: Anhebung der Nutzungspflicht erneuerbarer Energien auf 65 %.

Ziel:

- Das langfristige Ziel ist ein klimaneutraler Gebäudebestand bis 2045.

Energieeinsparrecht in Deutschland

Historischer Überblick

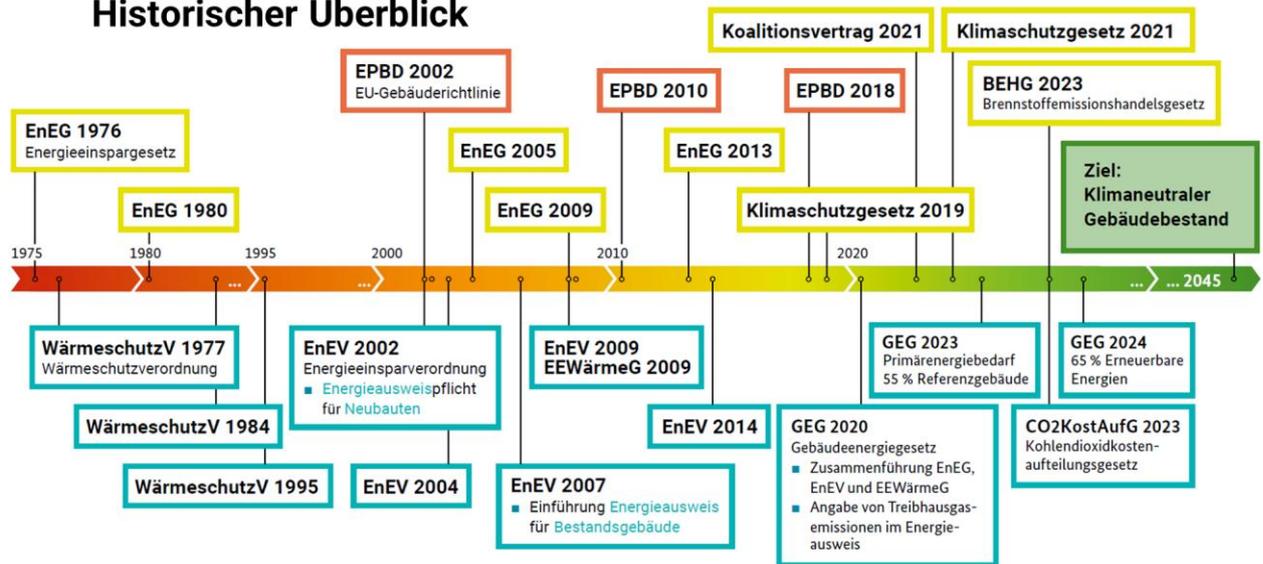


Abbildung 1: Energiesparrecht in Deutschland – Historischer Überblick [2]

Um die Nutzungspflicht von 65 % erneuerbarer Energien zu erfüllen, stehen verschiedene Heizsysteme zur Verfügung, die unterschiedliche Ansätze zur Wärmebereitstellung bieten. Im Folgenden werden Heiztechnologien vorgestellt, die durch den Einsatz erneuerbarer Energiequellen oder deren Kombinationen dazu beitragen können, die festgelegten Anforderungen zu erfüllen:

- **Wärmenetz:** Ein leitungsgebundenes System zur Versorgung mehrerer Gebäude mit thermischer Energie, bei dem ein Wärmeträgermedium die Wärme von einer zentralen Energiequelle zu den Verbrauchern transportiert. Stammt die Energiequelle aus erneuerbaren Energien, tragen Wärmenetze zur Erfüllung der Anforderungen bei.
- **Wärmepumpe:** Eine Heizung, die Umweltwärme (aus Luft, Wasser oder Erde) aufnimmt und mittels elektrischer Energie in nutzbare Wärme umwandelt. Wärmepumpen sind sehr effizient und können mit erneuerbarem Strom betrieben werden.
- **Stromdirektheizung:** Heizsysteme, die elektrische Energie direkt in Wärme umwandeln. Wenn der Strom aus erneuerbaren Quellen stammt, kann diese Technologie die Anforderungen erfüllen.
- **Solarthermische Heizung:** Nutzt Sonnenkollektoren, um Sonnenenergie in Wärme umzuwandeln. Diese Wärme kann direkt für Heizung und Warmwasser genutzt werden.
- **Flüssige oder gasförmige Biomasse:** Heizsysteme, die flüssige oder gasförmige Biomasse (wie Biogas oder Bioöl) verbrennen, um Wärme zu erzeugen. Diese Brennstoffe stammen aus erneuerbaren Quellen.
- **Wasserstoff-Heizung:** Heizsysteme, die Wasserstoff verbrennen. Wenn der Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird (grüner Wasserstoff), trägt dies zur Erfüllung der Anforderungen bei.
- **Feste Biomasse:** Heizsysteme, die feste Biomasse (wie Holzpellets oder Hackschnitzel) verbrennen. Diese Materialien stammen aus erneuerbaren Quellen und können nachhaltig produziert werden.



- Wärmepumpen-Hybridheizung: Eine Kombination aus einer Wärmepumpe und einem zusätzlichen Heizsystem (z.B. Gas- oder Ölkessel) zur Deckung des Spitzenbedarfs. Der überwiegende Teil der Wärme wird durch die Wärmepumpe bereitgestellt.
- Solarthermie-Hybridheizung: Eine Kombination aus solarthermischer Heizung und einem zusätzlichen Heizsystem. Die Sonnenenergie deckt einen großen Teil des Wärmebedarfs, während das zusätzliche System bei Bedarf einspringt.

2.4.2 Wärmeplanungsgesetz - WPG

Das WPG ist eine wichtige gesetzliche Grundlage in Deutschland, die die kommunale Wärmeplanung und -strategie regelt. Ziel des Gesetzes ist es, bis spätestens 2045 eine kosteneffiziente, nachhaltige, sparsame, bezahlbare, resiliente und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen und Endenergieeinsparungen zu erzielen. §1 betont die Umstellung auf erneuerbare Energien oder Abwärme bis 2045 und ermöglicht den Ländern, ein früheres Zieljahr festzulegen. §2 legt Ziele für die leitungsgebundene Wärmeversorgung fest, einschließlich eines Anteils von 50 Prozent erneuerbarer Energien ab 2030, den Ausbau von Wärmenetzen und die vorrangige Berücksichtigung erneuerbarer Energien in Schutzgüterabwägungen bis 2040. Die Bundesregierung soll bis Ende 2030 über die Anwendung dieser Regelung berichten und bei Bedarf gesetzgeberische Maßnahmen vorschlagen.

Das WPG legt die Verpflichtung zur Erstellung von Wärmeplänen gemäß §4 fest. Diese Verpflichtung betrifft Gemeindegebiete, wobei unterschiedliche Zeiträume je nach Einwohnerzahl gelten. Für Gemeinden mit über 100.000 Einwohnern (Stand: 1. Januar 2024) muss der Wärmeplan bis zum 30. Juni 2026 erstellt werden, während für Gemeinden mit 100.000 Einwohnern oder weniger (Stand: 1. Januar 2024) die Frist bis zum 30. Juni 2028 reicht. Gemeindegebiete mit weniger als 10.000 Einwohnern können ein vereinfachtes Verfahren durch gemeinsame Wärmeplanung nutzen. Liegenschaften des Bundes für Landes- oder Bündnisverteidigung sind von der Wärmeplanung ausgenommen, es sei denn, das Bundesministerium der Verteidigung stimmt dem Unterfangen zu. Bereits beplante Gebiete müssen keine erneute Durchführung vornehmen, wenn entweder ein Wärmeplan gemäß Landesrecht vor den Umsetzungsfristen erstellt und veröffentlicht wurde oder ein Beschluss zur Durchführung bis zum 1. Januar 2024 vorliegt und der Plan bis zum 30. Juni 2026 erstellt und veröffentlicht wurde und im Wesentlichen den Anforderungen des Gesetzes entspricht.

Gemäß §6 ist die planungsverantwortliche Stelle für die Wärmeplanung im beplanten Gebiet verantwortlich und kann Dritte beauftragen, um sie bei der Erfüllung dieser Aufgabe zu unterstützen. Im Rahmen der Wärmeplanung müssen (gemäß §7) verschiedene Parteien beteiligt werden, darunter die Öffentlichkeit, Behörden, Energieversorgungs- und Wärmenetz-Betreiber, zukünftige Betreiber, die betroffene Gemeinde oder Gemeindeverband, sowie das Bundesministerium der Verteidigung und Behörden für Liegenschaften der verbündeten Streitkräfte gemäß Abkommen. Weitere Parteien können auf Anfrage der planungsverantwortlichen Stelle beteiligt werden, wenn ihre Interessen berührt werden oder ihre Beteiligung Vorteile bzw. einen Mehrwert bietet. Die beteiligten Parteien müssen allerdings sicherstellen, dass ihre Mitwirkungshandlungen nicht gegen Wettbewerbsbeschränkungen verstoßen. Bei der Wärmeplanung für deutsche Grenzgebiete können auch informell die zuständigen Hoheitsträger oder andere Betroffene jenseits der Bundesgrenze beteiligt werden.

Im Rahmen der Mitwirkung teilen bestimmte Beteiligte gemäß §8 ihre Planungen über den Aus- oder Umbau von Strom-, Gas- oder Wärmenetzinfrastruktur im beplanten Gebiet mit der planungsverantwortlichen Stelle. Diese Beteiligten müssen bei ihren Aus- oder Umbauplanungen die Darstellungen



des Wärmeplans berücksichtigen. Die planungsverantwortliche Stelle hat die Wärmeplanung gemäß §9 so auszurichten, dass sie die nationalen Ziele des Bundes-Klimaschutzgesetzes berücksichtigt. Dabei sind vorliegende Planungen, Transformationspläne, Machbarkeitsstudien, Wärmenetzausbau- und -dekarbonisierungsfahrpläne, allgemeine physikalische, technische und energiewirtschaftliche Grundsätze sowie wissenschaftlich fundierte Annahmen mit einzubeziehen.

Die planungsverantwortliche Stelle hat außerdem das Recht, Daten in schriftlicher und elektronischer Form zu verarbeiten, um ihre Aufgaben zu erfüllen. Die Verarbeitung von Endenergieverbräuchen von Gas oder Wärme ist jedoch nur aggregiert für mindestens fünf benachbarte Hausnummern vorgesehen. Daten, die für die Wärmeplanung benötigt werden, können von Statistikämtern und anderen öffentlichen Datenbanken erhoben werden, sofern keine gesetzlichen Bestimmungen dagegensprechen.

Die Verarbeitung von Daten zu anderen Zwecken als den ursprünglich erhobenen ist zulässig, wenn es sich nicht um personenbezogene Daten handelt und dies im öffentlichen Interesse liegt, beispielsweise für städtebauliche Förderungskonzepte. Behörden des Bundes oder der Länder sowie Betreiber von Energieversorgungsnetzen und anderen Einrichtungen sind zur Auskunft für Erhebungen verpflichtet. Die planungsverantwortliche Stelle kann angemessene Fristen zur Datenübermittlung setzen und Maßnahmen zur Einhaltung der Auskunftspflicht anordnen, wenn ein Auskunftspflichtiger seinen Verpflichtungen nicht nachkommt.

Es ist jedoch von großer Wichtigkeit, dass die planungsverantwortliche Stelle bei der Datenverarbeitung geltende EU-Rechtsakte sowie nationale Rechtsvorschriften zur Vertraulichkeit, Sicherheit und Datenschutz beachten muss. Es müssen angemessene technische und organisatorische Maßnahmen ergriffen werden um die Vertraulichkeit und Sicherheit der Daten sowie den Datenschutz zu gewährleisten. Veröffentlichungen von Wärmeplänen dürfen keine personenbezogenen Daten, Betriebs- oder Geschäftsgeheimnisse enthalten und Daten, die die Bundeswehr oder verbündete Streitkräfte betreffen, dürfen nicht ohne Zustimmung der entsprechenden Behörde veröffentlicht werden. Personenbezogene Daten sollen, wenn möglich, pseudonymisiert/anonymisiert werden. Werden personenbezogene Daten nicht mehr benötigt, müssen sie sofort gelöscht werden. Es besteht zwar keine Pflicht zur Information der betroffenen Personen gemäß der Datenschutz-Grundverordnung, aber die planungsverantwortliche Stelle muss die Information ortüblich bekannt machen.

Die Wärmeplanung selbst beinhaltet viele verschiedene Schritte. Diese umfassen den Beschluss oder die Entscheidung zur Durchführung der Wärmeplanung, Eignungsprüfungen, Bestands- und Potenzialanalysen sowie die Entwicklung eines Zielszenarios und einer Umsetzungsstrategie. Die Öffentlichkeit wird über den Beschluss informiert, und die Ergebnisse der Eignungsprüfung werden veröffentlicht. Nach Durchführung dieser Schritte erstellt die planungsverantwortliche Stelle einen Entwurf für das Zielszenario, die Einteilung des Gebiets in Wärmeversorgungsgebiete und die optimale Umsetzungsstrategie. Die Öffentlichkeit, Behörden und andere Beteiligte haben die Möglichkeit zur Einsicht- und Stellungnahme.

Der Wärmeplan enthält zudem eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Wärmeplanung sowie eine Dokumentation des Fertigstellungszeitpunkts. Die wesentlichen Bestandteile des Wärmeplans umfassen die Ergebnisse der Eignungsprüfung, Bestands- und Potenzialanalysen, das Zielszenario, die Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete, die Darstellung der



Wärmeversorgungsart für das Zieljahr und die Umsetzungsmaßnahmen. Der Wärmeplan wird durch das zuständige Gremium oder die zuständige Stelle beschlossen und im Internet veröffentlicht. Es ist jedoch zu beachten, dass der Wärmeplan keine rechtliche Außenwirkung hat und keine einklagbaren Rechte oder Pflichten begründet.

Gemäß §24 kann durch Landesrecht bestimmt werden, dass die planungsverantwortliche Stelle den Wärmeplan einer durch Landesrecht bestimmten Stelle anzeigen muss.

Die Fortschreibung des Wärmeplans gemäß §25 erfolgt alle fünf Jahre durch die planungsverantwortliche Stelle. Dabei werden die ermittelten Strategien und Maßnahmen zur Wärmeversorgung überprüft und bei Bedarf überarbeitet und aktualisiert. Die Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr für das gesamte geplante Gebiet wird im Zuge der Fortschreibung aufgezeigt. Prüfgebiete können bis zum Zieljahr als voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete dargestellt werden, wenn eine andere Art der Wärmeversorgung geplant ist. Die Bestimmungen des Gesetzes gelten auch für die Fortschreibung bestehender Wärmepläne nach §5, wobei ab dem 1. Juli 2030 die Vorgaben dieses Gesetzes zu berücksichtigen sind, sofern keine Maßnahmen oder Projekte bereits vor dem 1. Januar 2024 begonnen wurden.

Die planungsverantwortliche Stelle oder eine andere durch Landesrecht bestimmte Stelle ist in der Lage, unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Wärmeplanung eine Entscheidung über die Ausweisung eines Gebiets zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als Wasserstoffnetzausbaugebiet treffen. Diese Entscheidung erfolgt grundstücksbezogen, und es besteht kein Anspruch auf die Einteilung eines bestimmten Grundstücks zu einem solchen Gebiet. Die Durchführung einer strategischen Umweltprüfung gemäß den Vorschriften des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung bleibt unberührt, und im Falle eines bestehenden Wärmeplans sind die Ergebnisse dieses Plans zu berücksichtigen. Die Entscheidung hat keine rechtliche Außenwirkung bezüglich der tatsächlichen Nutzung einer bestimmten Wärmeversorgungsart oder -infrastruktur.

Die Entscheidung gemäß §27 entspricht einer Entscheidung nach dem GEG und verpflichtet nicht zur Nutzung einer spezifischen Wärmeversorgungsart oder Infrastruktur. Entscheidungen über die Ausweisung solcher Gebiete sind in Aufstellungs-, Änderungs- oder Aufhebungsprozessen von Bauleitplänen und anderen flächenbedeutsamen Planungen oder Maßnahmen zu berücksichtigen. Die planungsrechtliche Zulässigkeit und Genehmigung von Vorhaben zur Umsetzung der Wärmeplanung und der Entscheidung gemäß §26 richten sich nach den geltenden rechtlichen Grundlagen.

In Bezug auf die Transformation von Gasverteilernetzen kann die planungsverantwortliche Stelle im Wärmeplan darstellen, welche Grundstücke an einem bestehenden oder geplanten Gasverteilernetz liegen, um Gebäudeeigentümer zu informieren, die eine Heizungsanlage mit grünem Methan betreiben oder betreiben wollen. Die Eignung für eine Versorgung mit grünem Methan im Zieljahr wird für jedes geplante Teilgebiet, das als Prüfgebiet ausgewiesen ist und ein Gasverteilernetz hat oder plant, bestimmt und entsprechend dargestellt. Der Betreiber eines bestehenden Gasverteilernetzes muss der planungsverantwortlichen Stelle unaufgefordert mitteilen, wenn er sein Netz vom vorgelagerten Netz entkoppelt oder die Gasversorgung einschränkt oder einstellt. Diese Informationen werden im Rahmen der Wärmeplanung berücksichtigt, und der erwartete Bedarf an grünem Methan für das Zieljahr wird an die zuständige Stelle nach Landesrecht gemeldet.



Gemäß Teil 3 des Gesetzes sind Betreiber von Wärmenetzen verpflichtet, einen bestimmten Anteil erneuerbarer Energien in ihren Netzen zu gewährleisten. Ab dem 1. Januar 2030 muss mindestens 30% der jährlichen Nettowärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien stammen, bis zum 1. Januar 2040 erhöht sich dieser Anteil auf mindestens 80 %. Unter besonderen Umständen können Fristverlängerungen bis zum 31. Dezember 2034 oder 2044 gewährt werden. Es gibt Ausnahmen für komplexe Maßnahmen sowie für Wärmenetze, die vorrangig gewerbliche oder industrielle Verbraucher mit Prozesswärme versorgen, und zusätzliche Regelungen für Wärmenetze mit hohem Anteil an Nutzwärme aus geförderten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen). Betreiber müssen die Erfüllung dieser Vorgaben gegenüber der zuständigen Behörde bestätigen, und Kunden haben das Recht, Nachweise oder Befreiungen zu verlangen und sich bei Nichterfüllung abzukoppeln. Landesrecht kann strengere Anforderungen festlegen.

Für neue Wärmenetze ab dem 1. März 2025 gilt eine Mindestanforderung von 65 % erneuerbaren Energien an der jährlichen Nettowärmeerzeugung. Ab dem 1. Januar 2024 wird der Biomasseanteil in neuen Wärmenetzen über 50 Kilometer Länge auf maximal 25 % begrenzt, mit Ausnahme von Wärme aus thermischer Abfallbehandlung. Bestehende Anlagen, die Biomasse-Wärme in ein Wärmenetz einspeisen, die bis zum 1. Januar 2024 genehmigt wurden, werden bei der Biomasseanteilsbestimmung nicht berücksichtigt.

Des Weiteren müssen alle Wärmenetze bis zum 31. Dezember 2044 vollständig mit Wärme aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination betrieben werden, um bis zum 1. Januar 2045 klimaneutral zu sein. Der Biomasseanteil in Wärmenetzen über 50 Kilometer Länge wird ab dem 1. Januar 2045 auf maximal 15 % begrenzt.

Betreiber von nicht vollständig dekarbonisierten Wärmenetzen müssen bis zum 31. Dezember 2026 Ausbau- und Dekarbonisierungsfahrpläne erstellen und ebenfalls alle fünf Jahre überprüfen und aktualisieren. Es gibt Ausnahmen für bestimmte Betreiber und Wärmenetze in Bezug auf die Länge und den Anteil erneuerbarer Wärme. Die Fahrpläne müssen den bestehenden oder geplanten Wärmeplan berücksichtigen. Daten betreffend Bundeswehr oder verbündeter Streitkräfte bedürfen der Zustimmung des Verteidigungsministeriums.

Gemäß den Schlussbestimmungen werden verschiedene Verordnungsermächtigungen den Landesregierungen übertragen. Diese umfassen die Möglichkeit, Pflichten und Aufgaben auf Gemeinden oder andere Rechtsträger zu übertragen und als planungsverantwortliche Stellen zu bestimmen, sowie die Befugnis, Stellen für Entscheidungen gemäß § 26 Absatz 1 und Überprüfungen gemäß §28 (Absatz 5) zu bestimmen. Auch das vereinfachte Verfahren gemäß §22 kann durch Rechtsverordnung näher ausgestaltet werden. Darüber hinaus können die Landesregierungen ein Anzeigeverfahren gemäß § 24 einführen, die zuständige Behörde bestimmen und das Verfahren zur Bewertung nach § 21 Nummer 5 regeln. Zudem können sie die Behörde bestimmen, die für die Überwachung der Pflichten gemäß Teil 3 des Gesetzes zuständig ist.

Des Weiteren sieht das Gesetz vor, dass das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz erstellte Wärmepläne auf einer zentralen Internetseite veröffentlicht. Diese Veröffentlichung erfolgt erstmals sechs Monate nach Ablauf der Fristen in § 4 (Absatz 2). Die Internetseite zeigt den bundesweiten Anteil der Nettowärmeerzeugung in Wärmenetzen aus erneuerbaren Energien für die Jahre



2030, 2040 und den Stichtag 1. Januar 2045. Die Länder müssen dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz auf Anforderung die erforderlichen Informationen mitteilen.

Eine Evaluation der Wirkung der Wärmeplanungsregelungen und der Zielerreichung gemäß verschiedenen Absätzen des Gesetzes ist auch vorgesehen. Die Bundesregierung führt die Evaluierung durch und überprüft verschiedene Aspekte, darunter die Wärmeplanerstellung, die Anzahl der erstellten Wärmepläne, Entscheidungen gemäß § 26 Absatz 1, die Gewährleistung der Zielerreichung gemäß §2 (Absatz 1) und §29 (Absatz 1), die Notwendigkeit und Umfang der Biomassebegrenzung in neuen Wärmenetzen und die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff. Die Evaluierung erfolgt zu verschiedenen Zeitpunkten bis zum Jahr 2045, um sicherzustellen, dass die Ziele des Gesetzes erreicht werden.

Wie bereits in Abschnitt 2.2 angerissen ist das WPG in Nordrhein-Westfalen durch das LWPG in Landrecht überführt worden. Das LWPG stützt sich hier primär auf die Inhalte des WPG. Zusätzlich wird die Finanzierung der Wärmeplanung über Konnexitätszahlungen im LWPG geregelt wie auch die Sammlung aller Wärmepläne beim Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.

2.5 Energiebedarf in Deutschland

Der Energiebedarf in Deutschland lässt sich in die Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Verkehr und Industrie unterteilen. Innerhalb dieser Sektoren kann der Energiebedarf weiter in Nutzenergieformen und Energieträger differenziert werden. Der Energiebedarf in den verschiedenen Sektoren sowie die Aufteilung nach Energieträgern und Verwendung wird in Abbildung 2 dargestellt. Es lassen sich folgende Erkenntnisse zusammenfassen:

- Haushalte, Verkehr und Industrie haben mit jeweils ca. 650 TWh einen ähnlichen Energiebedarf, während der GHD-Sektor mit ca. 360 TWh etwa 45 % weniger Energie benötigt.
- In den Haushalten ist der Bedarf an Raumwärme besonders hoch, was auch im GHD-Sektor ähnlich ist.
- In der Industrie dominiert die Prozesswärme, während im Verkehrssektor die mechanische Energie im Vordergrund steht.
- Im Wärmebereich ist Erdgas der vorherrschende Energieträger. Strom bzw. elektrische Energie fungiert als eine Art Universalenergieträger, der in fast allen Bereichen genutzt wird.

Die aktuellen Daten zeigen Trends, die Rückschlüsse auf die zukünftige Entwicklung des Energiebedarfs und der Energienutzung zulassen. Durch die Elektrifizierung werden Bereiche wie die Raumwärmebereitstellung, beispielsweise mittels Wärmepumpen, und die Mobilität durch Elektrofahrzeuge deutlich effizienter. Allerdings stellt die Ablösung von Gas- und Ölheizungen durch klimaneutrale Technologien eine enorme Herausforderung dar. Der Technologiewechsel in der Heizungsbranche hängt stark von der Netzebene ab und hat massive Auswirkungen auf alle Netzinfrastrukturen. Derzeit wird der Großteil der Gebäude über das Erdgasnetz versorgt, ergänzt durch nicht leitungsgebundene Technologien wie Ölheizungen. In Zukunft wird es entscheidend sein, welche Netzinfrastrukturen in welchem Umfang genutzt werden. Die folgenden Punkte fassen die erwarteten Veränderungen zusammen:

- Das Stromnetz wird stark an Wichtigkeit gewinnen.

- Fern- und Nahwärmenetze werden ausgebaut.
- Nicht leitungsgebundene Heizungssysteme, insbesondere Ölheizungen, werden gezwungen sein, auf strom-, gas- oder wärmenetzgekoppelte Systeme umzusteigen.
- Das Erdgasnetz wird stark an Wichtigkeit verlieren und Wasserstoffnetze werden Erdgasnetze teilweise ablösen

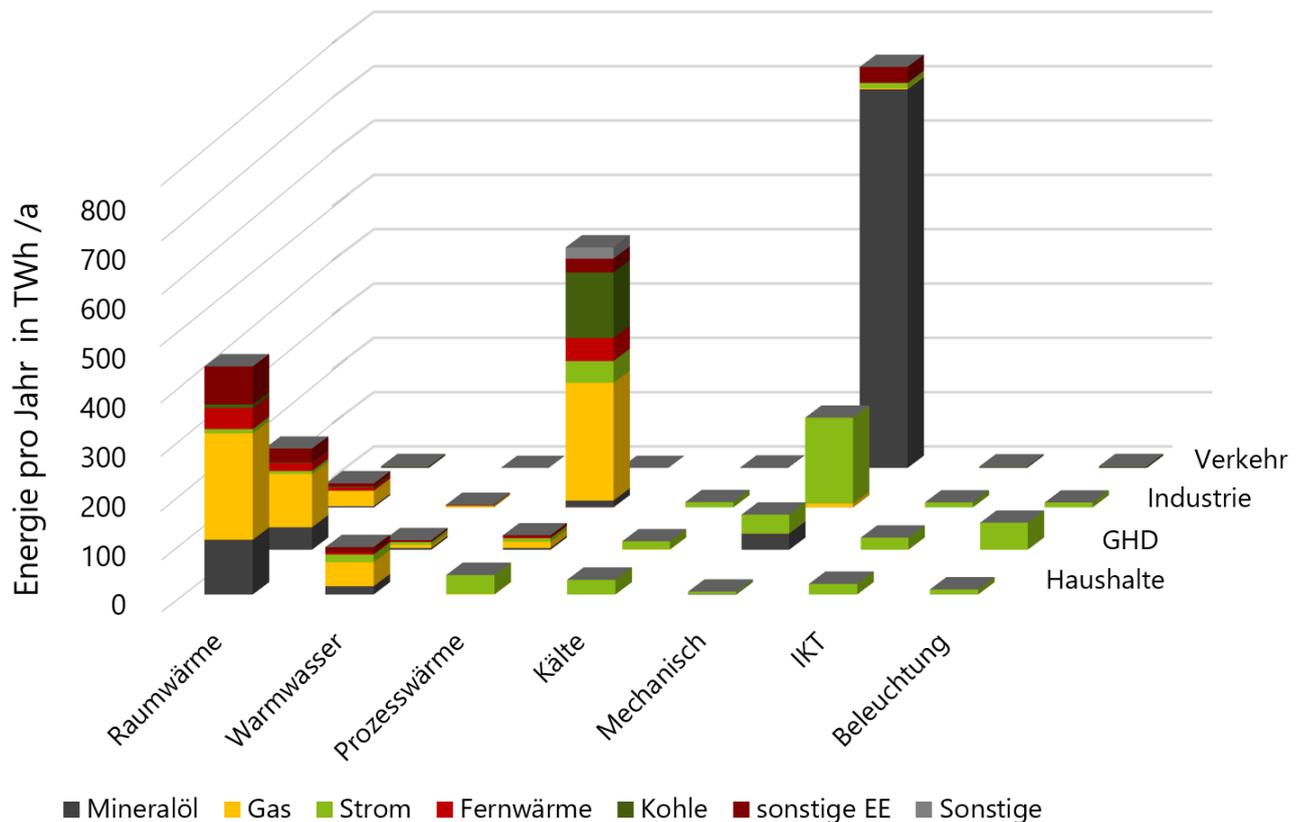


Abbildung 2: Energiebedarf in Deutschland in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Verkehr und Industrie aufgeteilt nach Energieträgern und Verwendung [3]

2.6 Detaillierte Analyse des Wärmbedarfes

2.6.1 Raumwärmebedarf

2.6.1.1 Gebäudetypen und -alter

Die Bauentwicklung in Deutschland hat über die Jahrzehnte hinweg erhebliche Veränderungen und Fortschritte erlebt. Von handwerklich geprägten Techniken in der vorindustriellen Phase bis hin zu modernen energieeffizienten Gebäuden spiegeln die Bauweisen und Normen den technischen Fortschritt und die gesellschaftlichen Bedürfnisse wider. Insbesondere der Wärmeschutz hat in den letzten 100 Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen, nicht zuletzt durch ökologische, ökonomische und rechtliche Anforderungen. Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die unterschiedlichen Bauphasen und die Entwicklungen im Bereich des Wärmeschutzes, die maßgeblich zur heutigen Baupraxis beigetragen haben. Diese Informationen sind auch in Tabelle 1 zusammengefasst und veranschaulicht.

Tabelle 1: Charakterisierung der Wohngebäude nach Baujahresklassen nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [4]

Zeitraum	Charakterisierung
< 1919	Vorindustrielle Phase, handwerklich geprägte Bautechniken, aufbauend auf Erfahrungen, kaum gesetzliche Regelungen; Fachwerk mit Strohlehm-Ausfachung; Gründerzeit: Ausdehnung der Städte und einsetzende Industrialisierung, Standardisierung und Normung der Bauweisen;
1919 – 1948	zunehmende Industrialisierung der Baustoffherstellung, Verwendung kostengünstiger und einfacher Materialien sowie materialsparender Konstruktionen, nationale Standardisierung und Normung Dominanz von ein- und zweischaligen Mauerwerksbauten, massive Kellerdecken, etwas verbesserter Wärmeschutz durch verstärkten Einsatz von Bauelementen mit Luftkammern
1949 – 1979	einfache Bauweise der Nachkriegszeit, häufig mit Trümmer-Materialien, Weiterentwicklung der Normen, Einführung von Anforderungen für den sozialen Wohnungsbau, Einführung der DIN 4108 „Wärmeschutz in Hochbau“ (1952)
1979 – 1986	im Einfamilienhaus-Bereich ausgelöst durch 1. Ölkrise erhält der Wärmeschutz größere Bedeutung; 1. Wärmeschutzverordnung als Folge der Ölkrise; auch in der DDR verbesserte wärmetechnische Anforderungen (Rationalisierungsstufe 11) bei monolithischen Wänden immer kleinere Luftkammern bzw. porosierte Materialien
1987 – 1995	2. Wärmeschutzverordnung (WSchV 84); in der DDR weiter verbesserter Wärmeschutz erste Niedrigenergiehäuser im Markt vertreten, teilweise gefördert durch regionale / Landesprogramme
1996 – 2004	3. Wärmeschutzverordnung (WSchV 95)
> 2001	Energieeinsparverordnung EnEV 2002 und weitere EnEV 2009 und KfW-Effizienzhäuser

2.6.1.2 Typische Heizwärmebedarfe

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über den Heizwärmebedarf von Gebäuden in Abhängigkeit vom Baujahr und zeigt die Entwicklung der energetischen Anforderungen im Laufe der Zeit. Unsanierte Altbauten haben den höchsten Heizwärmebedarf, während dieser bei Neubauten, insbesondere nach 2002, deutlich geringer ausfällt. Der spezifische Wärmebedarf, also die benötigte Heizleistung pro Quadratmeter, sinkt ebenfalls kontinuierlich mit dem Baujahr. Neuere Gebäude benötigen weniger Heizfläche und können mit niedrigeren Systemtemperaturen betrieben werden, was auf eine verbesserte Wärmedämmung und energieeffiziente Bauweise zurückzuführen ist. Die Tabelle verdeutlicht, wie sich der Energieverbrauch und die technischen Anforderungen an Heizsysteme im Zuge fortschreitender Bauvorschriften und technologischer Entwicklungen verändert haben.



Tabelle 2: Typische Heizwärmebedarfe von Wohngebäuden [5]

Baujahr der Gebäude	Heizwärmebedarf in kWh/m ² a	spez. Wärmebedarf in W/m ²	Wärmebedarf Wohnraum ¹ in W	notwendige Heizfläche ¹ in m ²	notwendige Übertemperatur ² in K	mögliche Systemtemperatur ² in °C
unsanierter Altbau	360-440	180-220	4.000	10	62,5	90/70
bis 1977	280-360	140-180	3.200	8	50	80/60
1977 - 1983	200-260	100-130	2.300	5,75	35,9	65/45
1984 - 1994	140-180	70-90	1.600	4	25	55/35
1995 - 2001	100-120	50-60	1.100	2,75	17,2	45/30
> 2002	70-80	35-40	800	2	12,5	38/28

¹ Beispiel für: Wohnraumgrundfläche 20 m², Wassertemperatur 80/60°C, Lufttemperatur 20°C, Δt = 50 K, k = 8 W/m² K (U-Wert), bei 2000 Heizstunden pro Jahr. Q = k x F x Δt (Mittelwerte).

² Bei der Übertemperatur und Systemtemperatur handelt es sich um Richtwerte bei konstanter angenommener Heizfläche F = 8 m²

Tabelle 3 zeigt die Entwicklung der Heizlastdichte (in Watt pro Quadratmeter) für verschiedene Gebäudetypen, abhängig vom Baujahr. Die Heizlastdichte beschreibt die erforderliche Heizleistung pro Fläche und nimmt bei jüngeren Gebäuden kontinuierlich ab. Freistehende Einfamilienhäuser haben generell den höchsten Heizbedarf, während Reihenmittelhäuser und größere Mehrfamilienhäuser die geringste Heizlastdichte aufweisen. Die Werte verdeutlichen, dass durch verbesserte Bauweisen und Dämmstandards ab etwa 1978 deutlich geringere Heizlasten erforderlich wurden. Ab 1995 fallen die Werte nochmals stark ab, was auf strengere Energiestandards und eine verstärkte Ausrichtung auf energieeffizientes Bauen hinweist.

Tabelle 3: Heizlastdichte in W/m² für unterschiedliche Baujahre und Gebäudetypen [5]

Baujahr	bis 1958	1959-68	1969-73	1974-77	1978-83	1984-94	ab 1995
Gebäude	Heizlastdichte in W/m ²						
Einfamilienhaus freistehend	180	170	150	115	95	75	60
Reihenhausendhaus	160	150	130	110	160	90	55
Reihenhausmittelhaus	140	130	120	100	140	85	50

Mehrfamilienhaus - bis 8 WE	130	120	110	75	65	60	45
Mehrfamilienhaus - über 8 WE	120	110	100	70	60	55	40

2.6.1.3 Trinkwarmwasseraufbereitung

Die Warmwasseraufbereitung ist neben der Raumwärme ein wesentlicher Bestandteil des Wärmebedarfs von Haushalten. Technisch kann diese entweder in Kombination mit dem Heizungssystem oder separat organisiert werden. Abbildung 3 zeigt, dass in Deutschland die kombinierte Bereitstellung von Heizung und Warmwasser dominiert. Über alle Gebäude hinweg beträgt der Anteil dieser kombinierten Systeme 77 %, und mit zunehmend jüngerem Baujahr steigt dieser Anteil auf 90 %. Daher wird davon ausgegangen, dass der Trend zur integrierten Warmwasseraufbereitung in modernen Gebäuden weiterhin zunehmen wird.

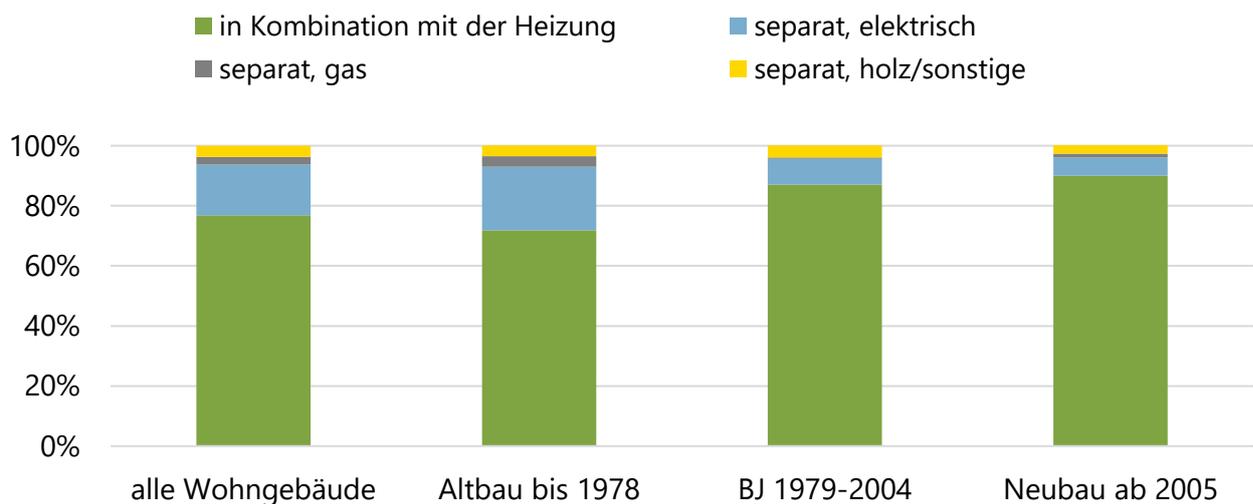


Abbildung 3: Trinkwassererhitzung nach Gebäudetyp [6]

2.6.1.4 Jahresdauerlinie Haushaltswärmebedarf

Die Jahresdauerlinie zeigt den Wärmeleistungsbedarf von Haushalten eines Jahres geordnet von den höchsten zu den niedrigsten Werten. Die Grundlast resultiert aus dem Trinkwarmwasserbedarf, welcher ganzjährig vorliegt. Die Raumwärme hingegen wird nur in der Heizperiode benötigt und hat ihren Hochpunkt an den kältesten Tagen des Jahres. In Abbildung 4 ist eine Jahresdauerlinie beispielhaft dargestellt.

Daraus lassen sich u.a. zwei wichtige Kenngrößen erkennen. Die Spitzenleistung und den Jahreswärmebedarf (Integral der Fläche). Mittels der Jahresdauerlinie können Wärmeerzeuger hinsichtlich ihrer Leistung ausgelegt werden. Dies ist insbesondere bei der Kombination mehrerer Erzeuger bspw. in einem Wärmenetz relevant. In Abbildung 7 wird exemplarisch die Jahresdauerlinie einer Wärmeversorgung dargestellt, bei der Wärmeerzeuger kombiniert werden, um eine effiziente Energieversorgung zu gewährleisten. Eine typische Konfiguration besteht aus einem Wärmeerzeuger für die

Grundlastdeckung und einem zusätzlichen System zur Abdeckung von Spitzenlasten, wobei häufig Gaskessel zum Einsatz kommen [7].

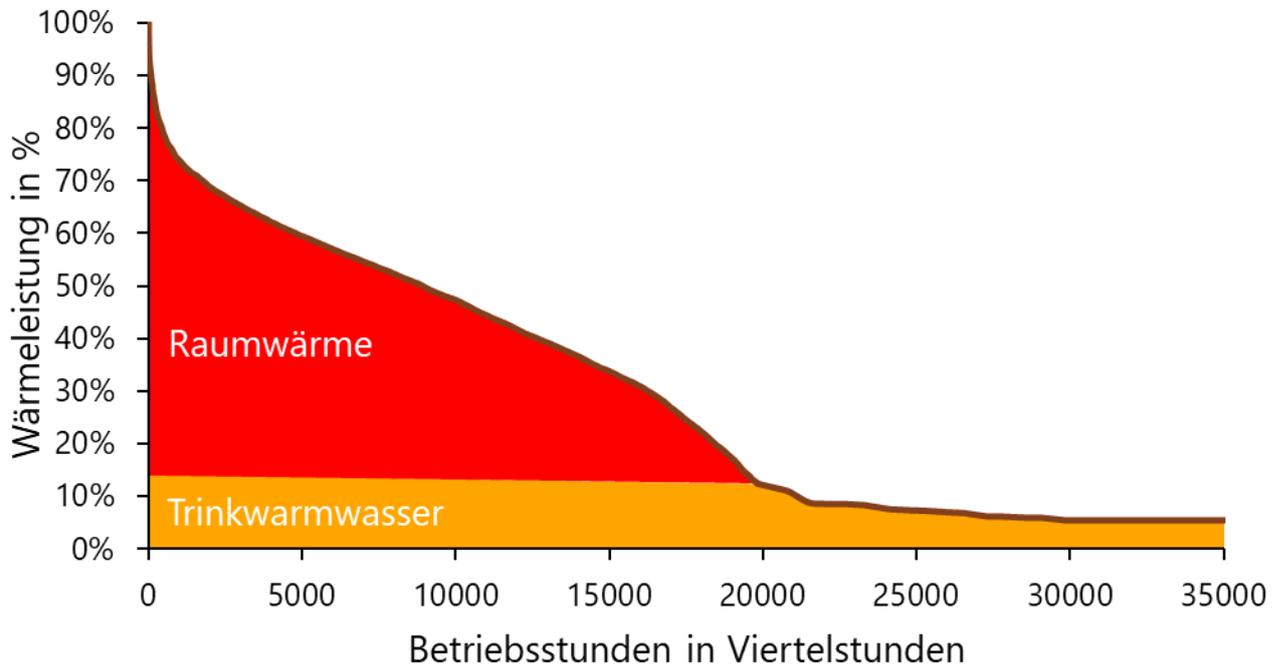


Abbildung 4: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Raumwärme und Trinkwarmwasser [7]

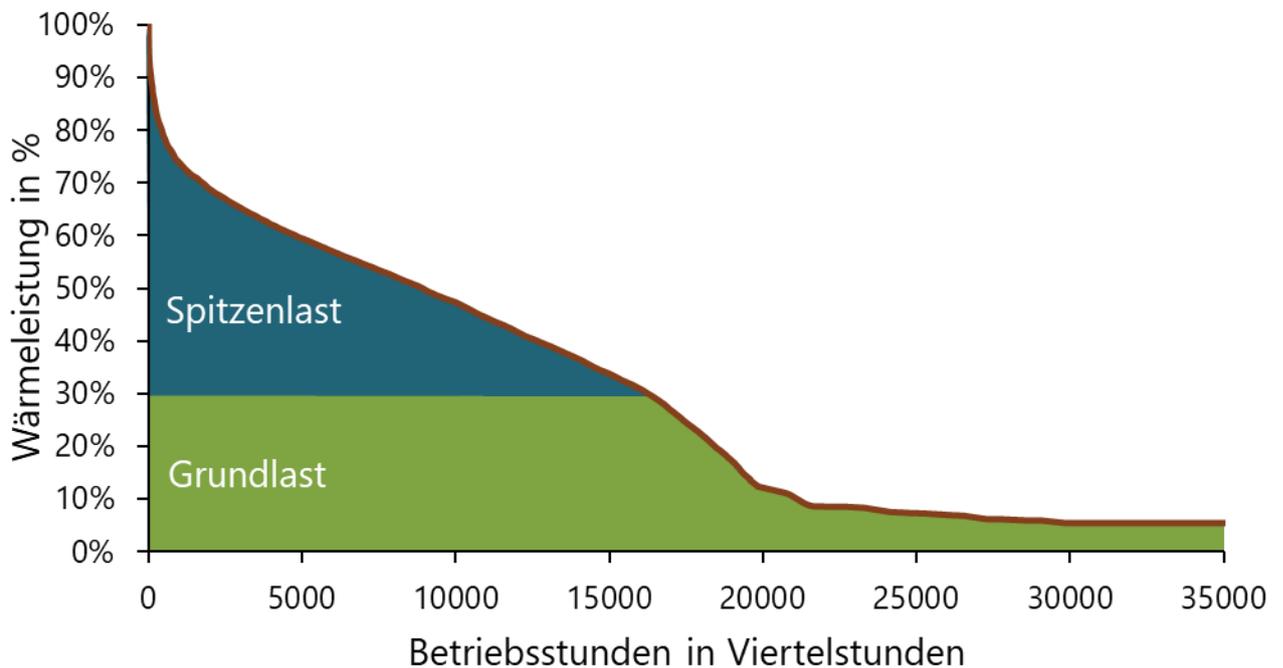


Abbildung 5: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Grundlast und Spitzenlast[7]

2.6.2 Prozesswärmebedarf

Der Prozesswärmebedarf in der Industrie bezieht sich auf die Menge an Wärmeenergie, die benötigt wird, um spezifische Aufgaben in verschiedenen industriellen Prozessen auszuführen. Diese Wärmeenergie ist essenziell für eine Vielzahl von Anwendungen, die zur Herstellung von Produkten oder zur Durchführung bestimmter Verfahren benötigt werden.



Industrielle Prozesse variieren stark in ihren Anforderungen an Wärmeenergie. Beispielsweise benötigen manche Prozesse Wärme zum Schmelzen von Metallen oder Kunststoffen, während andere Wärme für chemische Reaktionen, Trocknungsverfahren, Dampferzeugung oder zur Aufrechterhaltung spezifischer Temperaturen in Produktionsanlagen benötigen. Das Temperaturniveau der benötigten Wärme kann ebenfalls stark variieren, abhängig von den spezifischen Anforderungen des Prozesses. Manche Anwendungen erfordern niedrige Temperaturen nahe der Umgebungstemperatur, während andere Prozesse sehr hohe Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius benötigen können. Die Energiequellen zur Bereitstellung dieser Wärmeenergie sind vielfältig und hängen oft von der Verfügbarkeit, den Kosten und den Umweltüberlegungen ab. Häufig genutzte Energiequellen sind fossile Brennstoffe wie Erdgas und Kohle, erneuerbare Energien wie Biomasse und Solarenergie sowie elektrische Heizsysteme. Die Übertragung und Nutzung der Wärmeenergie erfolgt durch verschiedene technische Systeme wie Öfen, Dampfkessel oder Wärmeübertrager. Effiziente Wärmeübertragung ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit industrieller Prozesse.

Unternehmen führen oft detaillierte Analysen durch, um den spezifischen Wärmebedarf ihrer Prozesse zu bestimmen. Dabei werden Möglichkeiten zur Optimierung der Energieeffizienz und zur Reduzierung der Kosten identifiziert. Dies kann durch die Implementierung von Wärmerückgewinnungssystemen, die Optimierung der Prozessführung oder den Einsatz moderner Technologien wie Wärmepumpen erfolgen.

2.7 Sanierung

2.7.1 Allgemeines

Unter einer Sanierung versteht man im Bauwesen die baulich-technische Wiederherstellung oder Modernisierung einer oder mehrerer Etagen bzw. eines gesamten Bauwerks oder mehrerer Bauwerke, um Schäden zu beseitigen und/oder den Wohnstandard zu erhöhen. In erster Linie geht es um die Werterhaltung der Bausubstanz. Dies betrifft sowohl die Fassade als auch den Kern.

Eine Sanierung geht über die Instandhaltung und Instandsetzung hinaus. Sie kann erhebliche Eingriffe in die Bausubstanz beinhalten wie u. a. Kernsanierung unter Beibehaltung der Fassaden und beinhaltet meist eine Modernisierung. Ein Teilgebiet ist die energetische Sanierung. Für behindertengerechtes Wohnen bzw. Arbeiten kann auch das barrierefreie Bauen Ziel einer Teilmodernisierung sein.

2.7.2 Rolle der EU

Die Europäische Union (EU) spielt eine entscheidende Rolle bei der Festlegung von Standards zur Energieeffizienz und zur Reduzierung der Umweltauswirkungen durch verbindliche Vorgaben wie die Mandatory Minimum Energy Performance Standards. Diese Standards sind Teil eines umfassenderen Rahmens, der darauf abzielt, den Energieverbrauch zu senken und den Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung zu fördern.

In der kommunalen Wärmeplanung kommen diese Standards besonders zum Tragen, da sie die Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung effizienter Wärmeversorgungssysteme in Städten und Gemeinden bilden. Konkret legen die Standards fest, welche Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden und Heizanlagen erfüllt werden müssen. Dies betrifft sowohl Neubauten als



auch bestehende Gebäude, insbesondere wenn diese saniert oder modernisiert werden. Für Kommunen bedeutet dies, dass sie bei der Planung ihrer Wärmeinfrastruktur die Einhaltung dieser Standards berücksichtigen müssen. Dies kann die Auswahl energieeffizienter Heiz- und Kühlsysteme, die Verbesserung der Gebäudedämmung, den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien wie Solarenergie oder Biomasse sowie die Implementierung von Fernwärme- oder Kältenetzen umfassen.

Die EU-Richtlinien und Standards fördern auch die Integration innovativer Technologien und erneuerbarer Energiequellen in die kommunale Wärmeplanung. Sie unterstützen Kommunen dabei, ihre Klimaziele zu erreichen, indem sie den CO₂-Ausstoß reduzieren und die Umweltbelastung durch Wärmeerzeugung verringern. Darüber hinaus können Kommunen von Förderprogrammen der EU profitieren, die finanzielle Unterstützung für die Umsetzung energieeffizienter Maßnahmen bereitstellen.

Insgesamt bieten die EU-Richtlinien und die Mandatory Minimum Energy Performance Standards einen wesentlichen Rahmen für die kommunale Wärmeplanung. Sie unterstützen die Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger und zukunftsfähiger Wärmeversorgungssysteme, die sowohl wirtschaftliche als auch ökologische Vorteile bieten [8].

2.7.3 Gebäudehülle

Der Aufbau der Gebäudehülle in Deutschland hat sich über die Jahrzehnte hinweg stark verändert, insbesondere in Bezug auf die Verbesserung der energetischen Effizienz und die Reduktion des Energieverbrauchs. Bis in die 1970er Jahre hinein waren Gebäudehüllen oft schlecht gedämmt und bestanden aus massiven Wänden ohne zusätzliche Dämmmaterialien. Fenster waren einfach verglast und boten wenig Wärmeschutz, was zu hohen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) führte und zu einem hohen Energieverlust durch die Gebäudehülle.

Mit den energiepolitischen Veränderungen und der Ölkrise in den 1970er Jahren begannen erste Regelungen zur Verbesserung der Wärmedämmung von Neubauten. In den 1980er und 1990er Jahren wurden mehrschichtige Wandaufbauten mit Dämmstoffen wie Polystyrol oder Mineralwolle üblich. Fenster erhielten allmählich Verbesserungen durch den Einsatz von Isolierverglasungen mit niedrigeren U-Werten. Seit den 1990er Jahren wurden die energetischen Anforderungen an Gebäude weiter verschärft, insbesondere durch die Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) in Deutschland. Die Nutzung hochwertiger Dämmmaterialien wie expandiertem Polystyrol (EPS) oder Polyurethan (PUR) nahm zu, um eine bessere Wärmedämmung zu erreichen. Wände wurden besser isoliert, und Fenster erhielten immer häufiger Dreifachverglasungen mit deutlich niedrigeren U-Werten. Heute sind Neubauten in Deutschland in der Regel so gestaltet, dass sie den Anforderungen des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG) entsprechen. Diese Gesetzgebung legt fest, dass Gebäude einen bestimmten maximalen Energiebedarf pro Quadratmeter und Jahr einhalten müssen, was zu einem sehr niedrigen U-Wert für die Gebäudehülle führt. Moderne Häuser sind oft Passivhaus-Standard oder Niedrigenergiehaus-Standard, was bedeutet, dass sie sehr wenig Energie für Heizung und Kühlung benötigen. Mögliche Ausführungen der Dämmung für die Wesentlichen Bauteile von Gebäuden sind in Abbildung 6 aufgeführt.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass sich der Aufbau der Gebäudehülle in Deutschland erheblich verbessert hat, von ungeeigneten und energiewerkschwenderischen Konstruktionen zu hochgradig dämmenden und energieeffizienten Gebäudehüllen, die den modernen Anforderungen an Nachhaltigkeit und Umweltschutz gerecht werden.

Bauteil	Mögliche Ausführungen	U-Wert in W/(m ² K)
Außenwand	Eichenfachwerk mit Lehmausfachung, Vollziegelmauerwerk, zweischaliges Ziegelmauerwerk, Bimsvollsteine, Gitterziegel, Kalksandlochsteine, Holzständerwand, Wärmedämmverbundsystem	1,90 bis 0,21
Kellerdecke	Holzbalkendecke mit Strohlehmwickel, schiefe Kappendecke, Ortbetondecke, Stahlbetondecke, + Trittschalldämmung, Kellerdeckendämmung	1,04 bis 0,30
Oberste Geschossdecke	Holzbalkendecke mit Strohlehmwickel oder mit Blindboden und Lehmschlag, Stahlbetondecke, + Mineralwolle, Dämmplatten	1,22 bis 0,17
Dachschräge	Steildach, ohne Dämmung, Holzschalung, Heraklithplatten unter den Sparren, Mineralwolle zwischen den Sparren, Gipskartonplatten, + Dämmung	1,80 bis 0,13
Fenster	Einfachverglasung in Holzrahmen, Isolierverglasung in Holz- oder Kunststoffrahmen, Holz-Verbundfenster, Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung	5,20 bis 1,10

Abbildung 6: Mögliche Ausführungen der wesentlichen Bauteile von Gebäuden hinsichtlich der Dämmung [9]

2.7.4 Temperaturklassen und Heizkörper

Heizungssysteme werden in Hoch-, Mittel- und Niedrigtemperaturklassen unterschieden, basierend auf der Vorlauftemperatur des Heizwassers, das sie benötigen. Die Vorlauftemperatur bezeichnet die Temperatur des Wassers, das den Heizkörpern zugeführt wird, während die Rücklauftemperatur die niedrigere Temperatur des Wassers beschreibt, das nach der Wärmeabgabe zum Wärmeerzeuger zurückfließt. Hochtemperatur-Heizkörper sind für Systeme ausgelegt, bei denen das Heizwasser Temperaturen von 70 bis 90 Grad Celsius erreicht. Mitteltemperatur-Heizkörper arbeiten bei moderaten Vorlauftemperaturen zwischen 50 und 70 Grad Celsius. Niedrigtemperatur-Heizkörper sind für Heizsysteme konzipiert, die mit Vorlauftemperaturen unter 50 Grad Celsius arbeiten, wie es bei modernen Wärmepumpen der Fall ist. Die Effizienz, insbesondere im Zusammenhang mit Wärmepumpen, steigt mit sinkender Systemtemperatur. Eine Übersicht der drei Heizklassen ist in Abbildung 7 dargestellt.

	Heizkörper	Vor- und Rücklauf-temperatur	Effizienz
Hoch-temperatur	Guss-, Rippen- Flach-, Kompakt-heizkörper	90/70 °C	Niedrig
Mittel-temperatur	Niedertemperatur-Konvektoren, Flach-, Kompakt-heizkörper	70/50 °C	Mittel
Niedrig-temperatur	Fußbodenheizung, Niedertemperatur-Konvektoren	40/30 °C	Hoch

Abbildung 7: Temperaturklassen und Heizkörper [10]

2.7.5 Heizkurve

Die Heizkurve beschreibt den Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Vorlauftemperatur, wobei sie bestimmt, mit welcher Vorlauftemperatur die Heizflächen bei unterschiedlichen Außentemperaturen versorgt werden. Sie hängt von Faktoren wie der Auslegungs-Vorlauftemperatur, der Art der Heizungsanlage (z. B. Fußboden- oder Radiatorenheizung) sowie der Gebäudehülle und -dämmung ab. Ein Regler passt kontinuierlich die Vorlauftemperatur an die aktuellen Bedingungen an. Durch Gebäudeleittechnik können zusätzlich weitere Einflussgrößen, wie die Sonnenstrahlung, berücksichtigt werden. Eine korrekt eingestellte Heizkurve reduziert Wärmeverluste, verbessert die Regelung der Raumtemperaturen und trägt so zur Energieeinsparung bei. Die Heizkurven der drei Temperaturklassen sind in Abbildung 8 veranschaulicht. Diese Darstellung zeigt, wie sich die Vorlauftemperatur je nach Außentemperatur für Hoch-, Mittel- und Niedrigtemperatur-Heizsysteme ändert.

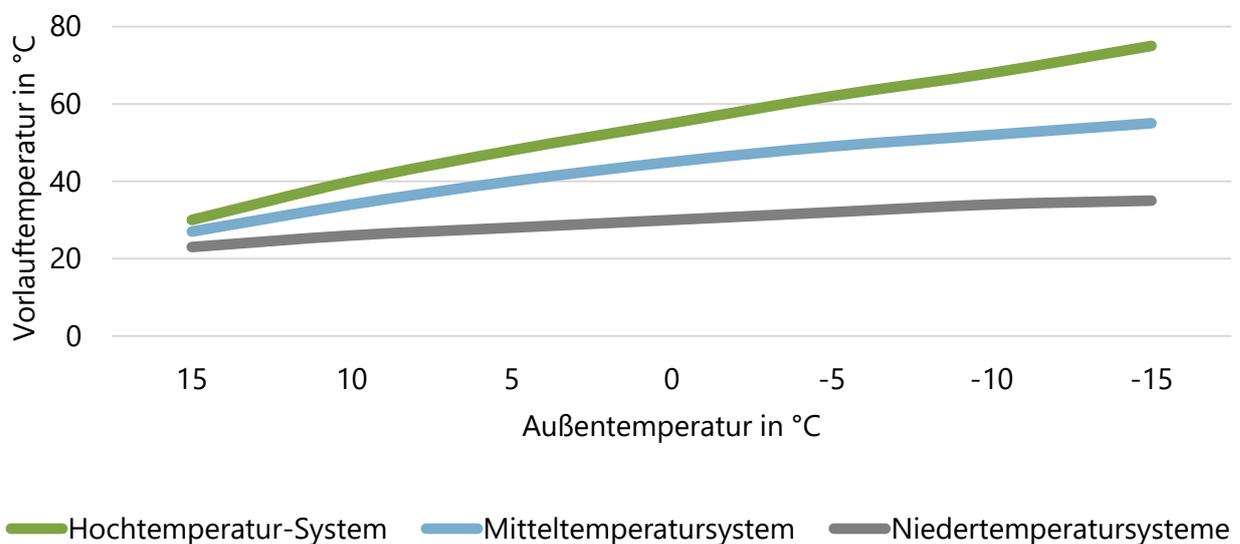


Abbildung 8: Beispielhafte Heizkurven verschiedener Heizsysteme [10]

2.7.6 Nachträgliche Fassadendämmung

Bei der Dämmung von Fassaden kann zwischen Außen-, Innendämmung sowie der Dämmung im Zwischenraum bzw. dem Bauteil selbst unterschieden werden. Die Statistik des IWU in Abbildung 9 zeigt, so wie es auch als Stand der Technik gilt, dass die Außendämmung bevorzugt genutzt wird und insgesamt 75 % der Fälle einnimmt. Die Innendämmung kommt am meisten nur bei Fachwerkhäusern vor, was darauf zurückzuführen ist, dass das Aussehen dort oft denkmalgeschützt ist. Die Dämmung im Zwischenraum ist mit 9 % ebenfalls weniger relevant, was daran liegt dass diese nur bei zweischaligen Mauerwerken mit Hohlraum möglich ist.

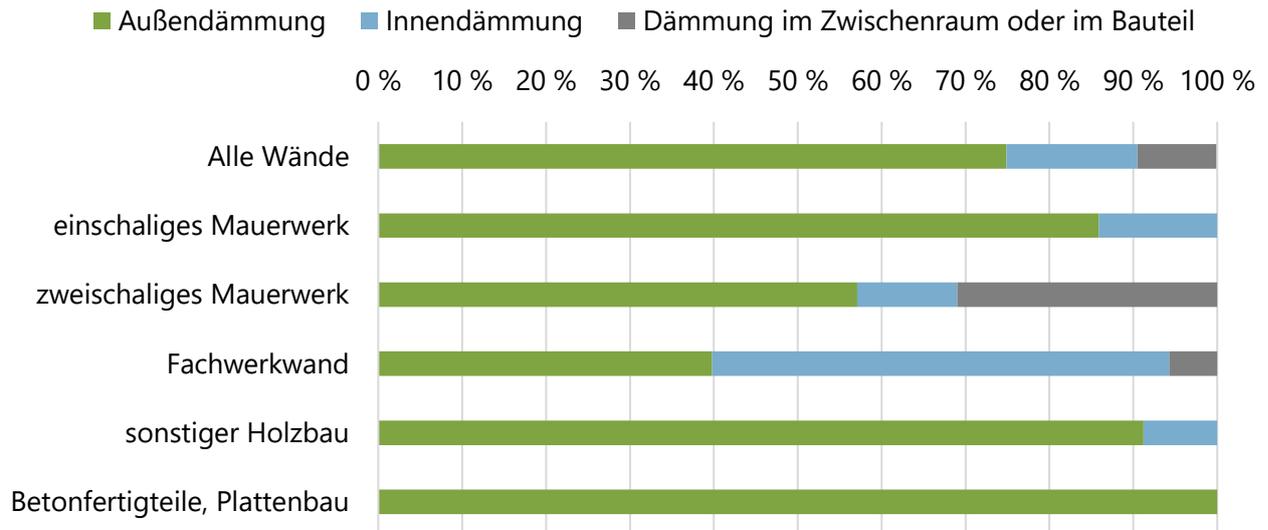


Abbildung 9: Art der Wärmedämmung im Überblick und nach Wandtypen [6]

2.7.6.1 Typische Fassadendämmung in der Praxis

Die Fassadendämmung variiert erheblich je nach Gebäudetyp und -alter. Fachwerkhäuser, die durch ihre Konstruktion eine komplexe Dämmproblematik aufweisen, erhalten in der Regel eine innenliegende Wärmedämmung. Diese Methode schützt die historische Fassade und optimiert gleichzeitig die Energieeffizienz, ohne das äußere Erscheinungsbild zu verändern.

Bei Gründerzeithäusern ist die Anwendung von Dämmmaßnahmen oft mit einer genauen Kosten-Nutzen-Analyse verbunden. Hier muss sorgfältig abgewogen werden, ob und in welchem Umfang eine Dämmung sinnvoll ist, da bauliche Veränderungen an diesen historischen Gebäuden besondere Anforderungen und Restriktionen mit sich bringen können.

Für Zwischenkriegsbauten, die modernisiert und für viele Jahre genutzt werden sollen, bietet sich in der Regel ein außenliegender Vollwärmeschutz als geeignete Lösung an. Dieser Ansatz ermöglicht eine umfassende Verbesserung der Energieeffizienz und verlängert die Nutzungsdauer des Gebäudes erheblich. Der außenliegende Vollwärmeschutz schützt nicht nur vor Wärmeverlusten, sondern kann auch die Fassade vor Witterungseinflüssen bewahren und zur Werterhaltung des Gebäudes beitragen.

2.7.6.2 Außen- vs. Innenwanddämmung

Die Außenwanddämmung bietet im Vergleich zur Innenwanddämmung deutliche bauphysikalische Vorteile. Bei der Außenwanddämmung werden alle tragenden Außenwände und Zwischendecken vollständig isoliert, wodurch Wärmebrücken weitgehend vermieden werden. Zudem reduziert diese Methode das Risiko von Tauwasserbildung und Feuchteschäden wie Schimmel erheblich, da die Dämmung das gesamte Wandaufbausystem schützt. Auch Wasserleitungen in den Außenwänden sind durch die Außendämmung vor Frost geschützt.

Jedoch bringt die Außenwanddämmung auch einige Nachteile mit sich. Die äußere Erscheinung des Hauses wird durch die angebrachte Dämmschicht verändert, was auch Anpassungen an Fenstern, Dachüberständen und Grundstücksgrenzen nach sich ziehen kann. Bei kleineren Fenstern kann die

Verdickung der Außenwände zudem zu einer verminderten Lichtdurchlässigkeit führen. In vielen Fällen überwiegen die Vorteile der Außendämmung die Nachteile, insbesondere wenn es um die Vermeidung von Wärmebrücken und Feuchtigkeitsschäden geht. Ausnahmen bestehen jedoch, etwa wenn eine Fassade aus denkmalpflegerischen Gründen erhalten bleiben soll oder bei Ferienhäusern, die schnell aufgeheizt werden müssen, wo eine Innendämmung oft die bessere Wahl darstellt.

2.7.7 Fenster

Fenster in Wohngebäuden gibt es in verschiedenen Ausführungen, darunter Ein-, Zwei- und Dreifachverglasungen. Während Einfachverglasung bis in die 1970er Jahre weit verbreitet war, hat sich die Dreifachverglasung seit Mitte der 2000er Jahre zunehmend durchgesetzt. Abbildung 10 zeigt den aktuellen Bestand der Verglasungen in deutschen Wohngebäuden und verdeutlicht, dass mit 94 % die Zweifachverglasung am häufigsten vertreten ist. Fenster mit Mehrfachverglasung bieten eine deutlich bessere Wärmedämmung und tragen erheblich zur Energieeffizienz eines Gebäudes bei. Während Einfachverglasungen in älteren Gebäuden oft zu hohen Wärmeverlusten führen, reduziert Dreifachverglasung den Energieverbrauch und die Heizkosten durch ihre überlegene Isolierwirkung.

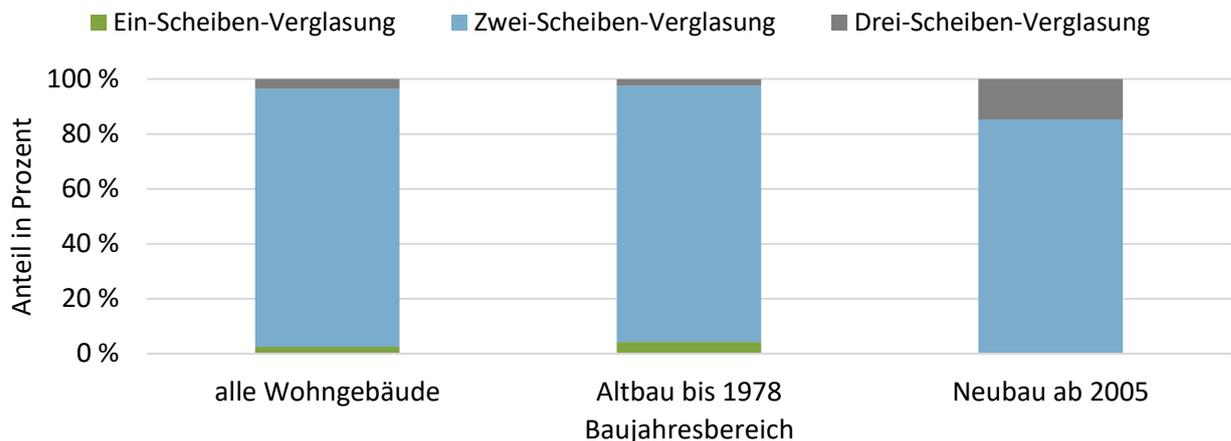
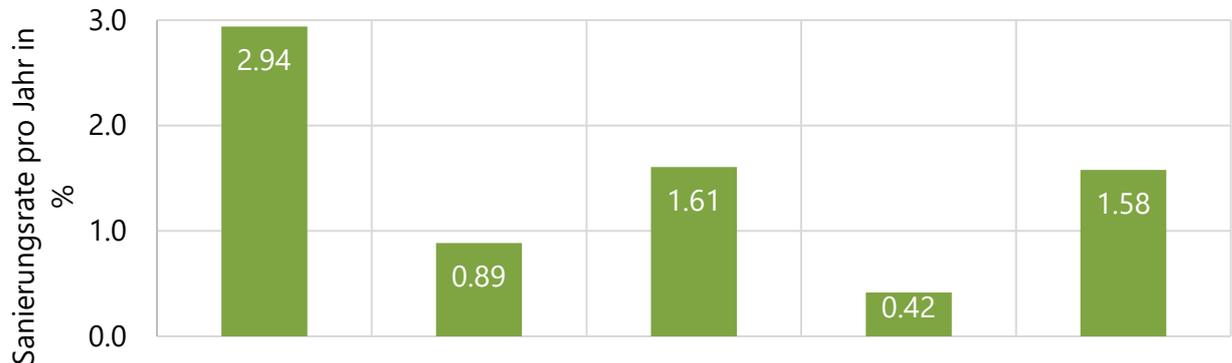


Abbildung 10: Verglasungsarten nach Fensterbaujahr in Deutschland [6]

2.7.8 Historische Sanierungsraten

Unter Sanierungsrate versteht man eine Kennzahl, welche Aufschluss über die durchschnittlich durchgeführte Anzahl an Sanierungen durchgeführt wurde. Oft wird diese pauschal im Sinne einer „Gesamtsanierungsquote“ in Bezug auf Wohngebäude genutzt. Dies ist jedoch bedingt zielführend, da sich die Sanierungsquote zwischen den Gebäudeelementen stark unterscheidet. In Abbildung 11 ist dargestellt, wie sich die Sanierungsrate je Maßnahme unterscheidet. Zudem wird der Sanierungszyklus aufgezeigt, also die Dauer, bis 100 % des Gebäudebestands eine entsprechende Sanierung erfahren hätten. Dabei fällt auf, dass Heizungserneuerungen mit einem Zyklus von 34 Jahren seltener durchgeführt werden als aufgrund ihrer typischen Lebensdauer zu erwarten wäre. Weiterhin zeigt sich, dass Fassadendämmungen und Kellerdeckendämmungen mit Zyklen von über 100 Jahren praktisch oberhalb der erwarteten Nutzungsdauer von Wohngebäuden liegen und somit in der Regel nicht durchgeführt werden.

Sanierungsrate in Deutschland pro Jahr



Sanierungszyklus

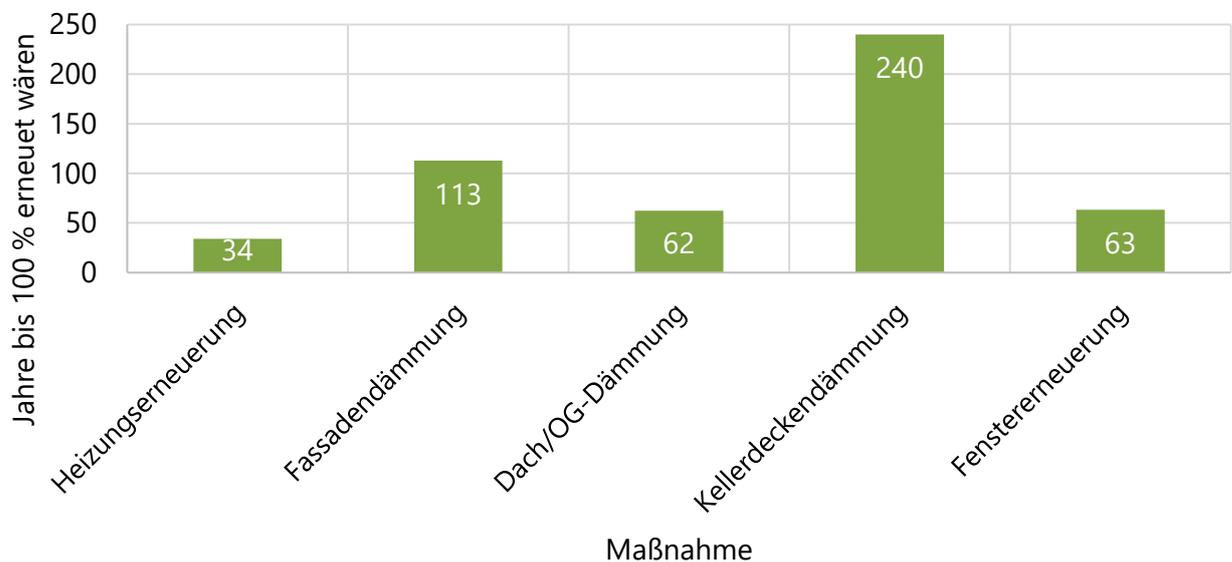


Abbildung 11: Sanierungsrate und -zyklus [11]

Hingegen sind die Fenstererneuerung und die Dach- bzw. Obergeschossdämmung mit je ca. 60 Jahren deutlich häufiger und insbesondere für den Hauptgebäudebestand in den Jahrzehnten nach dem zweiten Weltkrieg gebaut wurden sehr relevant. Hier ist demnach anzunehmen, dass an einem Großteil der Gebäude entsprechende Maßnahmen durchgeführt wurden, wodurch sich der energetische Standard um etwa 50 bis 60 Jahre verbessert hat.

2.7.9 Status quo der Sanierung

Abbildung 12 veranschaulicht den prozentualen Anteil der der gedämmten Flächen von Außenwänden, Fußböden/Kellerdecken und Dächern in verschiedenen Wohngebäudetypen, unterteilt nach Baujahren. Bei allen Wohngebäuden beträgt der Anteil gedämmter Außenwände 36 %, der gedämmten Fußböden/Kellerdecken 34 % und der gedämmten Dächer 71 %.

In Altbauten mit Baujahr bis 1978 ist der Anteil deutlich niedriger: Nur 28 % der Außenwände, 20 % der Fußböden/Kellerdecken und 62 % der Dächer sind gedämmt. Für Gebäude mit Baujahren von 1979 bis 2004 sind die Dämmungsraten höher, wobei 50 % der Außenwände, 59 % der Fußböden/Kellerdecken und 89 % der Dächer gedämmt sind.

Die höchsten Dämmungsanteile finden sich in Neubauten ab 2005: 64 % der Außenwände, 85 % der Fußböden/Kellerdecken und 98 % der Dächer sind gedämmt. Bei den Außenwänden ist zu beachten, dass nur bestimmte Wärmedämmschichten als echte Dämmung gewertet werden. Gut gedämmte Mauersteine, die in dem verbleibenden Drittel der Gebäude wahrscheinlich vorherrschend sind, werden daher nicht explizit berücksichtigt. Dies zeigt, dass neuere Gebäude signifikant bessere Dämmstandards aufweisen, während ältere Gebäude vergleichsweise schlechter gedämmt sind. Der Trend geht eindeutig in Richtung umfassender Dämmung, insbesondere bei neu errichteten Gebäuden.

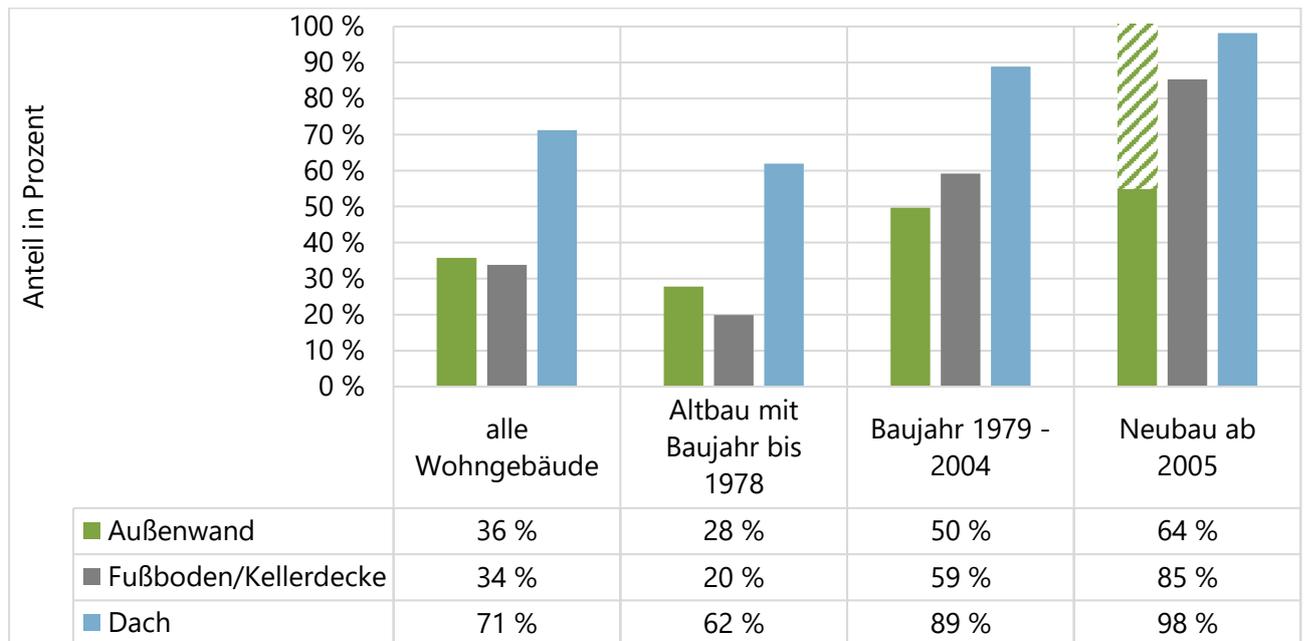


Abbildung 12: Prozentualer Anteil der gedämmten Flächen von Außenwänden, Fußböden, Kellerdecken und Dächern in verschiedenen Wohngebäudetypen, unterteilt nach Baujahren (Stand 2010) [6]

Die nachträgliche Dämmung von Bauteilflächen zeigt deutliche Unterschiede je nach Gebäudetyp und Baujahr. Abbildung 13 veranschaulicht, dass Außenwände, Fußböden/Kellerdecken und Dächer in vielen Bestandsgebäuden nachträglich gedämmt wurden, um den Wärmeschutz zu verbessern.

Besonders Altbauten von vor 1978, die nicht den heutigen energetischen Standards entsprechen, wurden durch nachträgliche Dämmmaßnahmen erheblich aufgewertet.

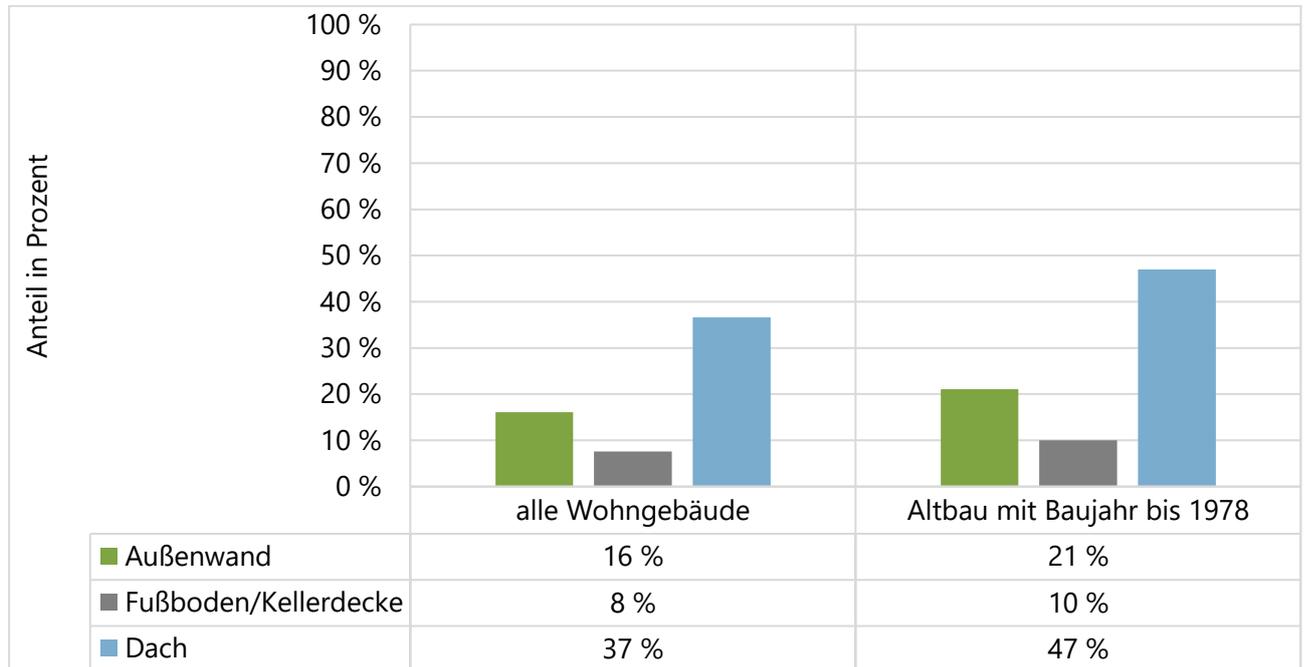


Abbildung 13: Nachträglich gedämmte Bauteilfläche von Außenwänden, Fußböden/Kellerdecken und Dächern (Stand 2010) [6]

2.8 EE-Technologien zur Wärmeerzeugung

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden quantitativ und räumlich differenziert die im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien, zur Nutzung von unvermeidbarer Abwärme und zur zentralen Wärmespeicherung ermittelt. Bei der Ermittlung der Potenziale ist dem Ziel Rechnung zu tragen, einen möglichst großen Anteil der klimaneutralen Wärmeerzeugung über lokale Energiequellen bereitzustellen. Bekannte räumliche, technische oder rechtliche Restriktionen für die Nutzung von Wärmeerzeugungspotenzialen sind zu berücksichtigen. Dabei werden zudem Potenziale zur Energieeinsparung durch Wärmebedarfsreduktion (Sanierung) in Gebäuden und industriellen und gewerblichen Prozessen abgeschätzt. Abbildung 14 zeigt eine Übersicht der potenziellen Technologien zur Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und die Möglichkeiten zur Wärmereduktion.

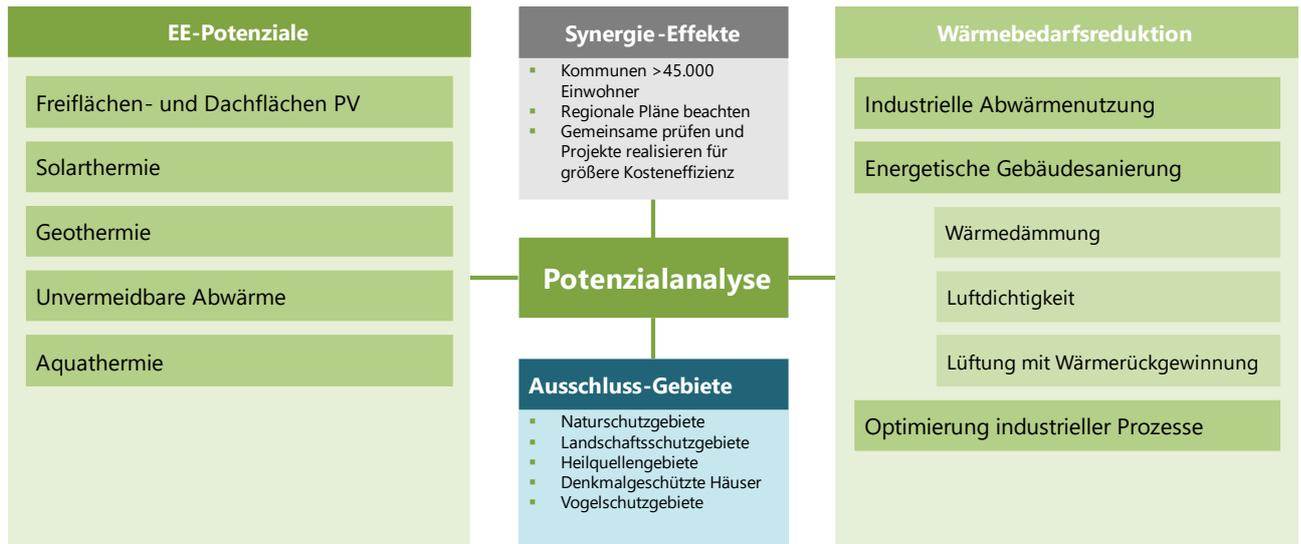


Abbildung 14: EE-Technologien zur Wärmeerzeugung

2.8.1 Wärmepumpen

2.8.1.1 Allgemeines

Eine Wärmepumpe für Wohngebäude nutzt das Prinzip der thermodynamischen Kreisprozesse, um Wärmeenergie aus einer niedrigeren Temperaturquelle zu entziehen und auf ein höheres Temperaturniveau zu bringen, das für Heizzwecke genutzt werden kann. Der detaillierte Ablauf ist wie folgt:

1. **Verdampfung (Außeneinheit):** Die Wärmepumpe nimmt Wärme aus der Umgebungsluft, dem Erdreich oder dem Grundwasser auf. In der Außeneinheit befindet sich ein Verdampfer, in dem das Kältemittel (ein spezielles Gas oder eine Flüssigkeit) durch den Kontakt mit der Umgebungsluft verdampft. Dabei nimmt das Kältemittel die Umgebungswärme auf.
2. **Kompression (Kompressor):** Das verdampfte Kältemittel wird in den Kompressor geleitet, wo es komprimiert wird. Durch die Kompression erhöht sich der Druck und die Temperatur des Kältemittels erheblich. Die elektrische Energie, die für den Betrieb des Kompressors benötigt wird, ist der Hauptenergieverbrauchspunkt der Wärmepumpe.
3. **Kondensation (Inneneinheit):** Das heiße, komprimierte Kältemittel strömt nun durch einen Kondensator in der Inneneinheit der Wärmepumpe. Hier gibt das Kältemittel die aufgenommene Wärmeenergie an das Heizungssystem des Gebäudes ab. Durch die Wärmeübertragung im Kondensator wird das Kältemittel abgekühlt und kondensiert wieder zu einer Flüssigkeit.
4. **Entspannung (Expansionsventil):** Das abgekühlte und flüssige Kältemittel durchläuft nun ein Expansionsventil, das den Druck und die Temperatur des Kältemittels senkt. Dadurch wird es wieder auf das Niveau gebracht, das für den Verdampfungsprozess in der Außeneinheit erforderlich ist.

Dieser Kreislauf setzt sich kontinuierlich fort, solange die Wärmepumpe in Betrieb ist und Wärme für das Heizsystem oder auch für die Warmwasserbereitung benötigt wird. Wärmepumpen nutzen die kostenlose Umweltenergie effizient, indem sie nur einen kleinen Teil elektrischer Energie für den Betrieb des Kompressors benötigen. Die Effizienz einer Wärmepumpe wird durch den sogenannten COP (Coefficient of Performance) gemessen, der das Verhältnis von abgegebener Heizleistung zur aufgenommenen elektrischen Leistung angibt. Moderne Wärmepumpen können einen COP von über 4 erreichen (abhängig von Jahreszeit und Quellmedium), was bedeutet, dass sie mehr als das Vierfache der eingesetzten elektrischen Energie als Heizenergie erzeugen können. Zusätzlich zur



Heizfunktion können Wärmepumpen auch im Sommer für die Kühlung genutzt werden. Hierbei wird der Kreisprozess umgekehrt, wodurch die Wärme aus dem Innenraum abgeführt und nach außen transportiert wird.

Insgesamt bieten Wärmepumpen eine nachhaltige und effiziente Alternative zu konventionellen Heizsystemen, da sie erneuerbare Umweltenergie nutzen und so zur Reduzierung der CO₂-Emissionen und der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen beitragen können.

2.8.1.2 Umgebungsluft

Luft-Wärmepumpen nutzen die Umgebungsluft als Wärmequelle und können Wasser oder Luft auf der Sekundärseite als Wärmeübertragungsmedium verwenden. Der Vorteil dieser Systeme liegt vor allem in ihrem vergleichsweise geringen Installationsaufwand und den niedrigen Anschaffungskosten, die typischerweise zwischen 12.000 und 25.000 Euro für ein Einfamilienhaus liegen. Sie haben auch den Vorteil, dass Luft als Wärmequelle leicht verfügbar ist. Jedoch ist die Effizienz dieser Systeme oft geringer als bei anderen Wärmepumpen. Besonders bei geringen Außentemperaturen sinkt der COP erheblich. Darüber hinaus ist in dicht bebauten Gebieten oft nur begrenzt Platz für Außengeräte von Luftwärmepumpen verfügbar. Ein weiterer Nachteil sind die potenziellen Schallemissionen, die als störend empfunden werden können. Die Lebensdauer einer Luftwärmepumpe beträgt in der Regel 15 bis 20 Jahre.

Die Effizienz der Luft-Wärmepumpe kann durch mehrere Faktoren verbessert werden. Eine gute Wärmedämmung des Gebäudes minimiert Wärmeverluste, eine Fußboden- oder Wandheizung ermöglicht den Betrieb mit niedrigen Heizwassertemperaturen und die Installation an einem schallgeschützten Ort kann die Geräuschbelastung reduzieren. Es gibt auch spezialisierte Luft-Luft-Wärmepumpen, die sich besonders für Passivhäuser eignen. Diese Geräte verzichten auf Heizkessel und Heizkörper, indem sie die Wärme direkt in die Lüftungsanlage einspeisen.

2.8.1.3 Erdkollektoren

Die Sole-Wasser-Wärmepumpe wird auch als Erdwärmepumpe bezeichnet. „Sole“ ist die frostgeschützte Flüssigkeit, die durch die Heizschlangen im Boden zirkuliert und dabei Wärme aus dem Erdreich (oberflächennahe Geothermie) aufnimmt. Diese Systeme können entweder horizontal als Kollektoren verlegt oder vertikal als Sonden in den Boden eingebracht werden.

Erdwärme-Kollektoren werden flächig unterhalb der Frostgrenze in etwa 1,5 Metern Tiefe verlegt, weshalb sie auch als Flächenkollektoren bezeichnet werden. In dieser Tiefe wird die Erdwärme hauptsächlich durch im Erdreich gespeicherte Sonnenenergie und Regenwasser bereitgestellt. Die Fläche über den Kollektoren sollte daher nicht überbaut oder versiegelt werden, und tiefwurzelnde Pflanzen sollten dort nicht gepflanzt werden. Einmal verlegt, sind die Kollektoren an der Oberfläche nicht mehr sichtbar.

Flächenkollektoren erfordern häufig umfangreiche Grabungen. Ein Quadratmeter an Bodenfläche kann etwa 25 Watt Wärme liefern (Spanne: 10 bis 40 W/m²). Bei einer Heizleistung von 10 Kilowatt werden daher etwa 300 Quadratmeter Kollektoren benötigt (unter Annahme einer JAZ = 4). Der Platzbedarf kann reduziert werden, wenn die Rohre als Körbe oder übereinander geschichtete Grabenkollektoren verlegt werden.



2.8.1.4 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind platzsparend, da sie im Vergleich zu Kollektoren nicht das gesamte Grundstück umgegraben werden muss. Die Sonden werden in der Regel 30 bis 200 Meter tief gebohrt, durchschnittlich etwa 100 Meter. Mehrere kürzere Bohrungen sind ebenfalls möglich, jedoch sollten die Sonden mindestens 6 bis 10 Meter voneinander entfernt sein, um gegenseitige Beeinflussungen zu vermeiden.

Erdwärmesonden heizen besonders effizient, da sie auf das hohe Temperaturniveau der Wärmequelle zugreifen. Ab einer Tiefe von etwa 10 Metern liegt die Temperatur ganzjährig bei etwa 10 °C, sodass der Heizstab selten die Wärmepumpe unterstützen muss. Für eine Heizleistung von 10 kW muss die Bohrtiefe etwa 150 Meter betragen. Bei kürzeren und kostengünstigeren Bohrungen kann der Boden im Sommer durch eine Solarthermie-Anlage mit Wärme „beladen“ werden.

Obwohl Erdwärmesonden hohe Kosten für Bohrarbeiten verursachen, bieten sie einen höheren Wirkungsgrad und damit niedrigere laufende Stromkosten. Die Kosten für die Wärmepumpe betragen bei einem Einfamilienhaus etwa 9.000 bis 11.000 Euro, während die Bohrkosten für die Sonden bei einem Einfamilienhaus durchschnittlich etwa 6.000 Euro betragen. Die Bohrkosten variieren je nach Untergrund; bei stark gesteinhaltigem Boden können sie bis zu 100 Euro pro Meter kosten, normalerweise liegen sie jedoch zwischen 45 und 75 Euro. Laut dem Fraunhofer-Institut ISE erreichen Erdwärmepumpen in Bestandsgebäuden eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl von 4,1. Aufgrund ihres geringen Stromverbrauchs eignen sie sich besonders für Altbauten mit höherem Wärmebedarf, was daran liegt, dass man eine größere Investition in Kauf nimmt, um dann niedrige Betriebskosten zu ermöglichen, was sich bei hohem Wärmebedarf eher lohnt.

2.8.1.5 Tiefe Geothermie

Tiefengeothermie nutzt die im Inneren der Erde gespeicherte Wärme für die Stromerzeugung sowie die Heizung und Kühlung von Gebäuden. Hierzu werden Bohrungen von mehreren hundert bis mehreren tausend Metern Tiefe durchgeführt, um heiße Gesteinsschichten zu erreichen, in denen Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius herrschen. Ein Medium, typischerweise Wasser, wird durch diese Bohrlöcher gepumpt, erwärmt sich durch den Kontakt mit den heißen Gesteinen und wird dann wieder an die Oberfläche geleitet. Die gewonnene Wärme kann direkt genutzt oder in einem Kraftwerk zur Stromerzeugung verwendet werden, indem der Dampf, der durch die Wärme erzeugt wird, eine Turbine antreibt.

Das Potenzial der Tiefengeothermie liegt in der nahezu unbegrenzten Verfügbarkeit der Energiequelle und ihrer konstanten Verfügbarkeit unabhängig von Wetterbedingungen. Dies ermöglicht eine zuverlässige und kontinuierliche Energieversorgung. Allerdings sind die sehr hohen Investitionskosten für Bohrverfahren und Infrastruktur eine wesentliche Herausforderung. Zudem sind nicht überall geeignete geologische Bedingungen vorhanden, was die tatsächliche Nutzung des geothermischen Potenzials einschränkt. Die technische Komplexität der Anlagen erfordert zudem spezialisierte Technologien. Weitere Herausforderungen sind mögliche geologische Auswirkungen wie Erdbeben und Umweltauswirkungen durch das Management und die Wiedereinspeisung von abgekühltem Wasser in den Untergrund.

Trotz dieser Herausforderungen stellt Tiefengeothermie in Regionen mit einer hohen Wärmeverbrauchsichte eine vielversprechende Option für eine nachhaltige Energieversorgung dar,



insbesondere in Regionen mit geeigneten geologischen Bedingungen. Technische Fortschritte, wie verbesserte Bohrtechniken könnten dazu beitragen, diese Hürden zu überwinden und die Nutzung dieser umweltfreundlichen Energiequelle weiter auszubauen.

2.8.1.6 Grundwasser

Eine Grundwasser-Wärmepumpe bietet einen mindestens ebenso hohen Wirkungsgrad wie eine Erdwärmepumpe, da Grundwasser auch im Winter Temperaturen von 8 bis 10 °C aufweist. Zur Nutzung von Grundwasser werden zwei Brunnen benötigt: ein Förderbrunnen, durch den das Wasser entnommen wird, und ein Schluckbrunnen, durch den das Wasser wieder in den Boden zurückgeführt wird.

Die Bohrtiefe für Förder- und Schluckbrunnen kann bis zu 50 Meter betragen. Idealerweise sollten die Fördertiefen zwischen 10 und 20 Meter liegen, da die Betriebskosten der Wasserpumpen mit zunehmender Tiefe steigen. Die erforderliche Förderrate liegt bei etwa 1 Liter pro Sekunde für eine Heizleistung von 15 kW, daher muss die Wassermenge ausreichend sein.

Grundwasser-Wärmepumpen erreichen laut Erfahrung der Verbraucherzentralen eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von bis zu 5, was sie besonders wirtschaftlich macht. Die konstante Temperatur des Grundwassers und die geringeren Wärmeübertrager-Verluste im Vergleich zu Erdwärmepumpen tragen zu diesem hohen Wirkungsgrad bei. Wirtschaftlich vorteilhaft sind Grundwasser-Wärmepumpen häufig ab einer Heizleistung von 10 Kilowatt, wodurch sie sich besonders für Mehrfamilienhäuser und Altbauten eignen.

2.8.1.7 See- und Flusswasserwärme

Die Nutzung von See- und Flusswasserwärme zur Energiegewinnung ist eine Form der oberflächennahen Geothermie, die auf natürliche Gewässer als Wärmequelle zurückgreift. Dabei wird die konstante Temperatur des Wassers genutzt, um Gebäude zu heizen oder zu kühlen, insbesondere in der Nähe von Seen, Flüssen oder küstennahen Gebieten. Die Technologie funktioniert durch einen Wärmeübertrager im Gewässer, der vom Wasser durchlaufen wird und dessen Wärmeenergie auf ein integriertes Kältemittel überträgt. Das erwärmte Kältemittel wird dann zur Wärmepumpe transportiert, die die Wärme durch Verdichtung und Kondensation auf ein höheres Temperaturniveau bringt. Diese Wärme kann direkt für Heiz- oder Kühlzwecke genutzt werden. Das abgekühlte Wasser wird anschließend zurück ins Gewässer geleitet, wobei darauf geachtet wird, die ökologische Balance des Gewässers zu erhalten. Die Nutzung von See- und Flusswasser zur Wärmeerzeugung ist umweltfreundlich und bietet eine konstante, zuverlässige Energiequelle, jedoch erfordert sie spezifische technische Anpassungen und Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten sowie Genehmigungen für den Betrieb.

2.8.2 Feste Biomasse

Die Nutzung fester Biomasse, speziell Holz, als Wärmequelle ist eine bewährte Methode zur Erzeugung von Wärmeenergie in Wohnhäusern und Industrieanlagen. Biomasse umfasst Holz in Form von Scheitholz, Holzpellets oder Hackschnitzeln sowie andere organische Materialien wie Stroh oder biologisch abbaubare Abfälle. Diese Biomasse wird in speziellen Kesseln oder Öfen verbrannt, um Wärme zu erzeugen. Moderne Heizsysteme nutzen Pelletkessel oder -öfen, die automatisch Holzpellets zuführen und eine kontinuierliche Wärmeversorgung sicherstellen. Die Verbrennung erfolgt unter kontrollierten Bedingungen, um eine effiziente Verbrennung und minimale Emissionen zu



gewährleisten. Biomasse ist weitgehend CO₂-neutral, da das bei der Verbrennung freigesetzte CO₂ zuvor während des Wachstums der Biomasse aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Diese Eigenschaft trägt zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Vergleich zu fossilen Brennstoffen bei. Biomasseheizungen finden Anwendung in Einzelhäusern, Wohnanlagen, landwirtschaftlichen Betrieben und Industrieanlagen für die Raumheizung und Warmwasserbereitung. Sie ist eine erneuerbare Energiequelle, solange die Wälder nachhaltig bewirtschaftet und die Bäume nachgepflanzt werden. Herausforderungen umfassen die Beschaffung von qualitativ hochwertiger Biomasse, die logistische Organisation der Brennstofflieferung und die Einhaltung von Umweltstandards für die Verbrennung. Die Nutzung fester Biomasse, besonders Holz, bietet eine kostengünstige, umweltfreundliche und nachhaltige Alternative zu fossilen Brennstoffen und spielt eine wichtige Rolle in der dezentralen Energieversorgung.

2.8.3 Solare Energiequellen

Die Nutzung solarer Energie spielt eine entscheidende Rolle in der Energie- und Wärmewende, da sie eine nachhaltige und erneuerbare Energiequelle darstellt. Photovoltaik (PV) wandelt Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um. Sie ist unerschöpflich, lokal verfügbar, reduziert fossile Brennstoffe und Treibhausgasemissionen. PV und Solarthermie bieten Potenzial für eine breitere Anwendung. Herausforderungen sind die intermittierende Verfügbarkeit, Flächenbedarf für PV-Anlagen und Effizienz in kälteren Klimazonen. Aufgrund der Volatilität von Solarenergie sind Speichermöglichkeiten und Netzintegration wichtig. Regierungen fördern die Nutzung durch finanzielle Anreize, Netzeinspeisevergütungen und Vorschriften zur Gebäudeeffizienz. Solarenergie ist eine Schlüsselkomponente für die Energie- und Wärmewende, liefert saubere Energie, reduziert Umweltbelastungen und trägt zur Energiesicherheit bei.

2.8.3.1 Solarenergie auf Dächern und Fassaden

Die Nutzung solarer Energie auf Dächern und Fassaden ist eine effektive Methode zur direkten Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie oder Wärme für Gebäude. Auf Dächern werden Photovoltaikanlagen installiert, bestehend aus Solarzellen, die Sonnenlicht absorbieren und durch den photovoltaischen Effekt in Gleichstrom umwandeln. Ein Wechselrichter wandelt diesen in nutzbaren Wechselstrom um, der entweder im Gebäude verwendet oder ins öffentliche Netz eingespeist wird. Dächer bieten ausreichend Fläche für die Installation von PV-Modulen, optimiert für maximale Sonneneinstrahlung.

PV-Module können auch auf Fassaden installiert werden, um zusätzliche Flächen zur Stromerzeugung zu nutzen. Diese Integration erfordert spezielle Befestigungssysteme und berücksichtigt ästhetische Aspekte, um das architektonische Design zu bewahren. Solarthermische Anlagen nutzen ebenfalls häufig Dächer zur Erzeugung von Wärme. Kollektoren absorbieren Sonnenstrahlen und wandeln sie in Wärme um, die für Warmwasser oder Heizungsunterstützung genutzt wird. Die Kombination von PV-Anlagen auf Dächern und Fassaden ermöglicht energieautarke Gebäude, die ihren eigenen Strom erzeugen und Heizungsbedürfnisse durch Solarenergie decken.

2.8.3.2 Photovoltaik-Thermische-Systeme (PVT)

Die PVT-Technik kombiniert die Vorteile von PV und Solarthermie in einer Anlage. PV-Zellen auf der Vorderseite wandeln Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um. Gleichzeitig nutzen sie die erzeugte Wärme über Wärmeübertrager auf der Rückseite, um Wasser zu erwärmen oder



Heizungsanlagen zu unterstützen. Herausforderungen bestehen in den Kosten im Vergleich zu separaten Anlagen und der spezifischeren Planung. Obwohl die Gesamteffizienz der Module in der Regel gut abschneidet, sind die Effizienzen einzeln betrachtet oft schlechter als spezialisierte PV- oder Solarthermieanlagen.

Kombinierte Anlagen eignen sich daher insbesondere für Gebäude, bei denen sowohl eine Eigennutzung von Wärme als auch von Strom im bereitgestellten Umfang möglich ist. Fortschritte und Kostenreduktionen könnten die Verbreitung der PVT-Technik weiter fördern und ihre Wirtschaftlichkeit verbessern.

2.8.3.3 Solarthermie-Freiflächenanlage

Solarthermie-Freiflächenanlagen nutzen große offene Flächen zur direkten Gewinnung von Sonnenenergie. Sie bestehen aus Solarkollektoren mit einem Absorber, der Sonnenlicht in Wärme umwandelt, und einem Rohrsystem für ein Wärmeträgermedium. Dieses transportiert die Wärme zu einem Wärmeübertrager, der sie entweder in einem Wärmespeicher speichert oder direkt ins Heizungssystem leitet. Solche Anlagen werden für industrielle Prozesswärme, Raumheizung in großen Gebäuden und Warmwasserbereitung genutzt. Auch als Quelle für Wärmenetze können Solarthermie-Freiflächenanlagen dienen. Sie sind effizient und reduzieren den Energiebedarf aus fossilen Brennstoffen. Flächenanforderungen und die saisonale Variabilität der Sonneneinstrahlung stellen Herausforderungen dar. Durch staatliche Förderungen und Netzeinspeisevergütungen sind sie wirtschaftlich attraktiv. Solarthermie-Freiflächenanlagen sind eine nachhaltige Lösung zur Wärmeerzeugung, die zur Reduktion von CO₂-Emissionen und zur Energiewende beitragen können.

2.8.3.4 PV-Freiflächenanlage

Photovoltaik-Freiflächenanlagen nutzen große offene Flächen zur direkten Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie. Sie bestehen aus Solarzellen, die in Arrays (=Feldern) aufgestellt sind, um maximale Sonnenenergie zu absorbieren und in Strom umzuwandeln. PV-Module bestehen aus vielen Solarzellen, die aus Silizium oder anderen Halbleitermaterialien bestehen. Diese Zellen wandeln Sonnenlicht durch den photovoltaischen Effekt direkt in Gleichstrom um. Auf Freiflächen werden die PV-Module auf speziellen Montagesystemen installiert, die eine optimale Ausrichtung zur Sonne gewährleisten. Diese können feste, geneigte oder nachgeführte Systeme umfassen, um die Sonneneinstrahlung über den Tag hinweg zu maximieren. Der erzeugte Gleichstrom wird durch Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt, der entweder für den Eigenbedarf genutzt oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird. PV-Freiflächenanlagen können eine große Menge an elektrischer Energie erzeugen und tragen zur Stromversorgung von Industrieanlagen, Gemeinden oder als Teil des öffentlichen Stromnetzes bei. Diese Anlagen bieten eine effiziente Nutzung der Sonnenenergie und können eine bedeutende Menge an elektrischer Energie erzeugen, die zur Reduzierung der CO₂-Emissionen und der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen beiträgt. Herausforderungen umfassen die Notwendigkeit großer Flächen für die Installation, die Entwicklung von Standorten und gegebenenfalls die Integration in bestehende landwirtschaftliche oder ökologische Systeme. Die Integration solcher Anlagen erfordert sorgfältige Planung und Berücksichtigung von Umwelt- und Sozialverträglichkeit. Kostenreduktionen und staatliche Unterstützung durch Förderprogramme und Einspeisevergütungen können die Wirtschaftlichkeit verbessern. Photovoltaik-Freiflächenanlagen sind eine nachhaltige Lösung zur Erzeugung von sauberem Strom, die zur Energiewende beiträgt und erhebliches Potenzial für zukünftige Entwicklungen bietet.



2.8.4 Abwasserwärmenutzung

Die Abwasserwärmenutzung nutzt die Wärmeenergie aus Abwasserströmen zur Beheizung oder Kühlung von Gebäuden. Das Abwasser, das aus Haushalten, Industrieanlagen oder anderen Quellen stammt, enthält Wärmeenergie, die durch Wärmeübertrager entzogen wird. Diese Wärmeenergie kann auch in Wärmenetze eingespeist werden. Ein Wärmeträgermedium wie Wasser transportiert die Wärme dann zur Gebäudeheizung oder Kühlung. Diese Technologie könnte in städtischen Gebieten zunehmend verbreitet werden, wo genügend Abwasser zur Verfügung steht. Sie reduziert den Energieverbrauch für Heizung und Kühlung erheblich, senkt CO₂-Emissionen und ist wirtschaftlich attraktiv. Herausforderungen ist dabei die Integration in die bestehenden Systeme. Die Abwasserwärmenutzung ist eine effiziente und nachhaltige Nutzung erneuerbarer Wärmequellen für eine verbesserte Energieeffizienz.

2.8.5 Biogas

Biogas entsteht durch die anaerobe Vergärung organischer Materialien wie Biomasse, landwirtschaftliche Reststoffe oder organische Abfälle. Dieser Prozess erfolgt in geschlossenen Fermentern, in denen Mikroorganismen die Materialien zersetzen, wobei Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂) als Hauptbestandteile des entstehenden Biogases produziert werden.

Das Biogas wird nach der Fermentation aufbereitet, um Verunreinigungen wie Wasserstoffsulfid und Feuchtigkeit zu entfernen. Anschließend kann es zur Erzeugung von Wärme und Strom verwendet werden. Dies geschieht entweder durch die Verbrennung des Biogases in Blockheizkraftwerken (BHKW), die gleichzeitig Strom und Wärme produzieren, oder durch seine Nutzung in Gasturbinen oder Brennstoffzellen zur ausschließlichen Stromerzeugung. Biogas findet vor allem in der dezentralen Energieversorgung Anwendung, besonders auf Bauernhöfen und in ländlichen Gemeinden. Es kann auch in größeren Anlagen aus städtischen und industriellen Abfällen gewonnen werden. Die Nutzung von Biogas ist ökologisch vorteilhaft, da es eine erneuerbare Energiequelle darstellt und zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen beiträgt. Es unterstützt zudem die regionale Energieversorgung und fördert die Kreislaufwirtschaft, indem es organische Abfälle effizient verwertet.

Herausforderungen der Biogasnutzung umfassen die Verfügbarkeit geeigneter Substrate für die Fermentation, die Optimierung der Biogasproduktionsprozesse und die Sicherstellung einer stabilen und effizienten Betriebsführung der Anlagen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und technologische Innovationen in der Biogastechnologie sind entscheidend, um die Effizienz zu steigern und die Wirtschaftlichkeit dieser nachhaltigen Energiequelle zu verbessern.

2.8.6 Abwärme aus der Industrie

Industrieabwärme entsteht als Nebenprodukt industrieller Prozesse wie Verbrennung, Schmelzen oder chemische Reaktionen in Fabriken und Produktionsstätten. Diese Wärme wird üblicherweise als Abfall betrachtet, kann jedoch effizient genutzt werden, um Heizungs- und Kühlungsbedarfe zu decken oder zur Stromerzeugung beizutragen.

Die Nutzung von Industrieabwärme beginnt mit der effizienten Erfassung mithilfe von Wärmeübertragern oder anderen Technologien, die die Wärme aus Abgasen oder Abwässern extrahieren. Anschließend wird die gewonnene Abwärme durch Rohrleitungen oder andere Kanäle zu einem



Speicher- oder Nutzungsort transportiert. Abhängig von ihrer Temperatur und Menge kann die Abwärme entweder direkt genutzt oder zur späteren Verwendung gespeichert werden.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Nutzung von Industrieabwärme:

- Direkte Beheizung von Gebäuden oder industriellen Prozessen.
- Verwendung zur Kühlung von Räumen oder Prozessen, besonders bei niedrigeren Temperaturen.
- Einsetzen in Dampfturbinen oder thermischen Kraftwerken zur Stromerzeugung.
- Direkte Verwendung in industriellen Prozessen zur Aufrechterhaltung oder Erhöhung der benötigten Temperaturen.

Die Vorteile der Nutzung von Industrieabwärme liegen in ihrer hohen Effizienz, da sie eine bereits vorhandene und oft ungenutzte Energiequelle nutzt. Dadurch können Energiekosten gesenkt und gleichzeitig die CO₂-Emissionen reduziert werden, da weniger primäre Energiequellen benötigt werden.

Herausforderungen bei der Nutzung von Industrieabwärme umfassen die technische Integration in bestehende Produktionsanlagen, die Auswahl geeigneter Wärmeübertragertechnologien und die Notwendigkeit einer effizienten Wärmeübertragung und -nutzung. Eine sorgfältige Planung und technologische Innovationen sind entscheidend, um das volle Potenzial der Industrieabwärmenutzung auszuschöpfen und die Umweltbelastung zu minimieren.

2.8.7 Müllverbrennung

Die Nutzung der Abwärme aus Müllverbrennungsprozessen ist eine wichtige Methode, um Energie aus Abfallprodukten zu gewinnen. In Müllverbrennungsanlagen werden Abfälle unter kontrollierten Bedingungen verbrannt, wobei hohe Temperaturen entstehen und Wärme freigesetzt wird. Diese Wärme wird in Form von heißem Gas oder Dampf erzeugt und kann vielseitig genutzt werden.

Die Hauptanwendungen der Abwärmenutzung sind die direkte Beheizung von Gebäuden oder industriellen Prozessen sowie die Bereitstellung von Prozesswärme. Weiterhin wird die erzeugte Wärme oft zur Erzeugung von Dampf verwendet, der eine Dampfturbine antreibt, die wiederum an einen Generator gekoppelt ist und elektrischen Strom erzeugt. Dieser Strom kann entweder vor Ort verwendet oder ins Stromnetz eingespeist werden. Die Nutzung der Abwärme aus Müllverbrennungsprozessen trägt zur Effizienzsteigerung bei, da sie zusätzliche Energie aus einem ansonsten entsorgten Abfallprodukt gewinnt. Dies hilft, die Umweltbelastung zu verringern und fördert eine nachhaltigere Abfallwirtschaft, da weniger fossile Brennstoffe zur Energieerzeugung benötigt werden.

Herausforderungen bei der Nutzung der Abwärme aus Müllverbrennungsprozessen umfassen die effiziente Wärmeübertragung und -nutzung sowie die technische Integration in bestehende Industrieanlagen. Durch fortschrittliche Technologien und eine optimierte Betriebsführung können diese Herausforderungen gemeistert werden, um die Potenziale der Abwärmenutzung voll auszuschöpfen und die Umweltvorteile weiter zu maximieren.

2.8.8 Hybridsysteme

Eine Hybridheizung kombiniert verschiedene Heiztechnologien, um die Vorteile der jeweiligen Systeme zu nutzen. Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert Gas-Hybridheizungen, bei denen ein effizienter Gas-Brennwertkessel mit einem erneuerbaren Wärmeerzeuger kombiniert wird. Der erneuerbare Wärmeerzeuger muss dabei mindestens 25 Prozent der Heizlast des Gebäudes übernehmen, um die Förderung zu erhalten.

In einem Hybridheizsystem kann eine Wärmepumpe die Rolle einer Ergänzung zum Gaskessel übernehmen. Dies ermöglicht eine geringere Leistung der Wärmepumpe im Vergleich zu einer reinen Wärmepumpen-Heizung, was die Kosten senkt und eine sinnvolle Übergangslösung darstellen kann. Dies ist besonders relevant, wenn derzeit keine Dämmung oder kein Austausch der Heizkörper möglich ist, um die Effizienz einer reinen Wärmepumpen-Heizung zu gewährleisten. Abbildung 15 veranschaulicht, wie die Wärmeanforderungen im Jahresverlauf variieren und wie ein Hybridheizsystem diese Anforderungen durch die Kombination von Gas- und Wärmepumpentechnologie effizient abdecken kann.

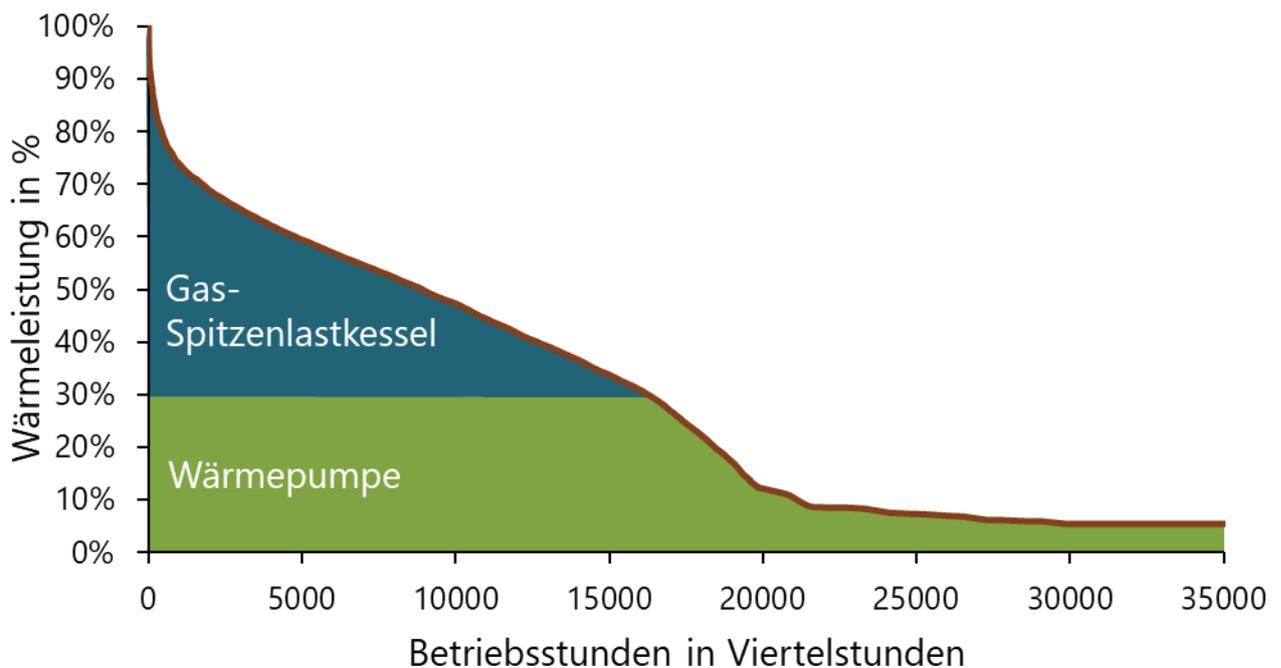


Abbildung 15: Typische Wärme-Jahresdauerlinie von Haushalten für ein Hybridsystem [7]

Gas-Hybridheizungen haben den Vorteil, dass sie geringere CO₂-Emissionen verursachen als reine Gasheizungen und stellen damit eine kostengünstige Übergangslösung auf dem Weg zu einer Heizlösung dar, die vollständig mit erneuerbaren Energien betrieben werden kann.

Die Umrüstung von Gas- oder Ölkesseln auf Wärmepumpen stellt besonders in alten Mehrfamilienhäusern eine große Herausforderung dar. Die hohen Vorlauftemperaturen solcher Systeme können die Effizienz der Wärmepumpe erheblich verringern. Zudem sind umfassende Sanierungen erforderlich, die mehrere Mieter oder Eigentümer betreffen, und in Eigentümergemeinschaften muss ein entsprechender Beschluss gefasst werden. Auch der begrenzte Platz für Außeneinheiten und die problematischen Schallgrenzwerte bei geringen Abständen zu Nachbargebäuden können zusätzliche Hürden darstellen.



Eine praktikable Lösung könnte eine Hybridheizung aus Wärmepumpe und fossiler Heizung zur Spitzenlastabdeckung sein, die gemäß dem GEG zulässig ist. Nach § 71 des GEG muss die Wärmepumpe dabei mindestens 30 Prozent der Heizlast übernehmen. Dies reduziert die Herausforderungen im Vergleich zu reinen Wärmepumpensystemen erheblich. Auch wenn der Nachteil in der „doppelten“ Anlagentechnik liegt, ist die Integration solcher Systeme in bestehende Gebäude deutlich einfacher als bei einer reinen Wärmepumpe. Darüber hinaus bietet sich der Vorteil, dass ein Gasnetz, wenn kein Wärmenetz vorhanden ist, oft schneller und einfacher nutzbar ist.

2.8.9 Wasserstoff

Die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger in der Wärmeversorgung bringt sowohl Herausforderungen als auch Vorteile mit sich. Wird Wasserstoff mithilfe erneuerbarer Energien gewonnen, kann der CO₂-Ausstoß deutlich reduziert werden. Bei seiner Verbrennung werden keine weiteren Treibhausgase emittiert. Durch die Reaktion mit Sauerstoff entsteht wieder Wasser, aus dem das Gas zuvor abgespalten wurde.

Die Nutzung bestehender Erdgasnetzinfrastrukturen kann die Verteilungs- und Nutzungskosten senken. Wasserstoff ist vielseitig einsetzbar, von der Verbrennung in Heizkesseln bis zur Nutzung in Brennstoffzellen für Wärme und Strom.

Die größten Herausforderungen bestehen aktuell in der Verfügbarkeit und den Herstellungskosten, da die Elektrolyse zur Wasserstoffproduktion derzeit teurer ist als die Herstellung fossiler Brennstoffe. Ein Grund liegt insbesondere im vergleichsweise geringen Wirkungsgrad der Elektrolyse. Darüber hinaus erfordert das Gas zudem spezielle Lager- und Transportinfrastrukturen aufgrund seiner geringen Energiedichte. Die Integration in die bestehende Erdgasnetzinfrastruktur wird begrenzt durch Materialeigenschaften und Korrosionsprobleme, die angepasst werden müssen.

Die Fortschritte in der Wasserstofftechnologie und die Senkung der Produktionskosten sind entscheidend für eine breitere Anwendung und Integration in die Energiesysteme der Zukunft. Ob Wasserstoff die kosteneffizienteste Wärmeversorgung und für die Versorgung im Bereich der Gebäudewärme ausreichend verfügbar sein wird, ist nach heutiger Sicht ungewiss, weshalb der Fokus zunächst häufig auf andere Technologien gesetzt wird.

2.9 Wärmenetze

2.9.1 Allgemeines

Wärmenetze sind komplexe Infrastrukturen, die dazu dienen, Wärmeenergie von zentralen oder dezentralen Erzeugungsanlagen zu Verbrauchsstellen zu transportieren. Diese komplexen Infrastrukturen bestehen aus einem System von Rohrleitungen, die Wärme von Heizkraftwerken, Biomasseanlagen, Solarthermieanlagen oder anderen Wärmequellen zu Wohngebäuden, Gewerbegebieten und industriellen Prozessen bringen.

Die Funktionsweise eines Wärmenetzes umfasst mehrere Schlüsselkomponenten. Die Wärmeerzeugungsanlagen erzeugen die Wärme, die dann über Wärmeübertrager in das Verteilnetz eingespeist wird. Von dort aus wird die Wärme zu den Verbrauchsstellen transportiert, wo sie für Heizung, Warmwasserbereitung und industrielle Prozesse genutzt wird. Wärmenetze können je nach Größe und Reichweite unterschiedliche Formen annehmen. Fernwärmenetze sind großflächige Netzwerke, die



über weite Entfernungen viele Gebäude versorgen, während Nahwärmenetze kleiner sind und oft eine Nachbarschaft oder Wohnsiedlungen bedienen. Es ist jedoch zu beachten, dass Nahwärme- und Fernwärmenetze rechtlich gleichbehandelt werden. Dezentrale Lösungen wie Blockheizkraftwerke (BHKW) versorgen einzelne Gebäude oder Cluster von Gebäuden direkt vor Ort.

Die Vorteile von Wärmenetzen liegen in ihrer Energieeffizienz durch die Nutzung zentraler Erzeugungsanlagen mit hohen Effizienzgraden und in ihrer Flexibilität bei der Auswahl der Energiequellen. Durch die Integration erneuerbarer Energien und die Nutzung von Abwärme tragen Wärmenetze zur Reduzierung von CO₂-Emissionen und zur Sicherstellung einer zuverlässigen Wärmeversorgung bei. Dennoch gibt es auch Herausforderungen, darunter die hohen Investitionskosten für den Aufbau und die Erweiterung der Infrastruktur sowie technische und regulatorische Komplexitäten. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und Optimierung der Wärmenetze sind entscheidend, um ihre Rolle in einer nachhaltigen Energieversorgung zu stärken und ihre Effizienz weiter zu steigern.

2.9.2 Wärmenetzgenerationen

Die Entwicklung der Wärmenetze lässt sich in vier Generationen unterteilen, die jeweils verschiedene technologische und konzeptionelle Fortschritte widerspiegeln. Jede Generation baut auf den Erfahrungen und Fortschritten der vorherigen auf und treibt die Entwicklung hin zu nachhaltigeren und effizienteren Wärmeversorgungssystemen voran.

Die erste Generation, vor den 1950er Jahren, umfasste einfache Dampf- oder Heißwassersysteme, die hauptsächlich industriellen Prozessen oder öffentlichen Einrichtungen versorgten, aber oft ineffizient waren. In den 1950er bis 1970er Jahren entwickelte sich die zweite Generation mit zentralisierten Fernwärmesystemen auf Basis von Hochtemperaturwasser. Diese Netze wurden erweitert, um eine größere Anzahl von Haushalten und Gewerbegebäuden zu versorgen und waren effizienter als ihre Vorgänger. Die dritte Generation, von den 1970er bis 1990er Jahren, führte die Nutzung von KWK ein, wodurch gleichzeitig Strom und Wärme erzeugt wurden. Diese Systeme integrierten zunehmend erneuerbare Energien wie Biomasse und Müll, um die Umweltbelastung zu verringern. Ab den 1990er Jahren begann die vierte Generation, die verstärkt auf erneuerbare Energien und die Nutzung von Abwärmequellen setzte. Niedertemperatur- und Nahwärmesysteme wurden entwickelt, um besonders effizient in städtischen Gebieten eingesetzt zu werden, und neue Technologien wie Wärmepumpen und Solarenergie kamen vermehrt zum Einsatz.

2.9.3 Wärmenetzarten

2.9.3.1 Kalte Netze

Kalte Netze arbeiten mit niedrigen Systemtemperaturen zwischen 6 °C und 25 °C und nutzen verschiedene Wärmequellen wie Erdwärme, Eisspeicher, Abwärme und Grundwasser. Im Gegensatz zu konventionellen Wärmenetzen wird hier meist auf eine zentrale Wärmeerzeugung verzichtet, stattdessen erzeugen dezentrale Wärmepumpen in den angeschlossenen Gebäuden die notwendige Vorlauftemperatur für Heizung und Warmwasser.

Dieses System bringt zahlreiche Vorteile mit sich. Durch die niedrigen Systemtemperaturen ist eine Rohrdämmung nicht nötig, was die Baukosten erheblich senkt. Trotz fehlender Dämmung entstehen kaum Wärmeverluste, im Gegenteil, es kann sogar Energie aus der Umgebung gewonnen werden. Durch den Einsatz von Wärmepumpen in den Gebäuden ist auch die Naturkühlung im Sommer eine



Option. Allerdings ist bei der Installation mehr Platz in den Gebäuden nötig, da die Wärmepumpen individuell gewartet und betrieben werden müssen. Zu den Nachteilen gehört auch, dass nicht alle sekundärseitigen Systemtemperaturen möglich sind, die Investitionskosten linear mit der Anzahl der Gebäude steigen und ein großes Netzvolumen sowie die Verwendung von Glykol erforderlich sind.

2.9.3.2 Mittelwarme Netze (LowEx-Netze)

Mittelwarme oder LowEx-Netze sind Wärmenetze, die mit niedrigen bis mittleren Temperaturen zwischen 25 °C und 70 °C betrieben werden. Diese Netze minimieren Exergieverluste, indem sie die Temperaturunterschiede zwischen den Wärmequellen und dem Wärmebedarf senken. Dies ermöglicht eine effiziente Nutzung erneuerbarer Energiequellen und Abwärme, die häufig bei niedrigeren Temperaturen zur Verfügung steht.

LowEx-Netze ermöglichen eine flexible Nutzung verschiedener erneuerbarer Wärmequellen wie Solarthermie, Geothermie und industrieller Abwärme. Durch die geringere Vorlauftemperatur sinken die Wärmeverluste im Netz, was die Energieeffizienz des Gesamtsystems erhöht. Gebäude, die an ein LowEx-Netz angeschlossen sind, benötigen jedoch ebenfalls Niedertemperatur-Heizsysteme, wie Flächenheizungen oder entsprechend dimensionierte Heizflächen, um den Wärmebedarf decken zu können. Für Gebäude mit höherem Temperaturbedarf lassen sich LowEx-Netze auch gut mit dezentralen Wärmepumpen kombinieren.

3 Bestandsanalyse

3.1 Datengrundlage

Für die Erstellung der Bestands- und Potenzialanalyse war eine umfassende Datensammlung und -aufbereitung notwendig. In Tabelle 4 sind die relevanten Datenquellen aufgeführt, die zur fundierten Erfassung der aktuellen Wärmestruktur sowie zur Ermittlung zukünftiger Potenziale herangezogen wurden. Diese umfassen sowohl geografische und infrastrukturelle Informationen als auch spezifische Gebäudedaten, die beispielsweise die Wärmeverbrauchswerte und die technische Ausstattung betreffen. Die Datengrundlage beinhaltet eine Kombination aus öffentlich zugänglichen sowie spezifisch erhobenen Daten, die eine detaillierte Analyse ermöglichen.

Tabelle 4: Datengrundlage für die Bestands- und Potenzialanalyse

Bezeichnung	Inhalte	Quelle
Geofabrik (OpenStreetMap)	Flächennutzung	[12]
Stadtwerke Kempen GmbH	Gasnetzinfrastruktur, Gasverbräuche, Wärmenetzinfrastruktur, Wärmenetzverbräuche, Wärmeerzeugungsanlagen für die Wärmenetze, Elektrische Infrastruktur	-
Zensus 2022	Statistische Daten zu Heizungstechnologien	[13]
Raumwärmebedarfsmodell (2024)	Statistische Daten zu Wärmebedarf, Sanierungsstand, Gebäudenutzung, Baujahresklasse und ähnliches	[14]
Kehrdaten der Schornsteinfeger	Dezentrale Heizungstechnologien (Verbrennungstechnologien)	-
ALKIS	Flurstücke	[15]
Wärmestudie NRW	Potenziale erneuerbarer Energien	[16]
Transformationsplan Kempen	Transformationsplan für das Fernwärmenetz in Kempen	[17]
Solarkataster NRW	Potenziale für Photovoltaik und Solarthermie	[18], [19], [20],
Abwasserdaten	Durchfluss- und Standortdaten zum Kanalnetz in Kempen	-
Geothermischer Dienst NRW	Daten zu Ausschlussgebieten und Wärmeleitfähigkeit des Bodens	[21]
Geothermie Kempen	Gutachten zur Geologie, Hydrologie und Bodenmechanik	[22], [23]
INSPIRE Baudenkmäler	Baudenkmäler	[24]

3.2 Vorprüfung

Gemäß §14 des WPG kann für Teilgebiete, welche sich weder für ein Wärme- oder Wasserstoffnetz eignen, eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt. Diese Teilgebiete können im Rahmen einer Vorprüfung identifiziert werden. Um für das komplette Stadtgebiet von Kempen eine Aussage über die heutige und zukünftige Wärmeversorgung treffen zu können, wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für alle Teilgebiete eine vollständige Wärmeplanung durchgeführt.

3.3 Allgemeine Informationen

Die Bestandsanalyse bildet eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung und Optimierung von Wärmeversorgungssystemen in der Kommune. Im Rahmen der Bestandsanalyse findet eine Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs und der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen, einschließlich Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baujahresklassen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude statt. Zudem werden Energie- und Treibhausgasbilanzen nach Energieträgern und Sektoren erstellt. Durch die umfassende Analyse dieser Faktoren können gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und Reduzierung der CO₂-Emissionen entwickelt werden. Diese Analyse ermöglicht es weiterhin, spezifische Anforderungen und Potenziale innerhalb der unterschiedlichen Bereiche der Kommune zu identifizieren, um eine nachhaltige und zukunftsfähige Wärmeversorgung zu gewährleisten Struktur der Kommune und derer Gebäude.

3.3.1 Flächennutzung

Kempen ist eine Stadt im Kreis Viersen in Nordrhein-Westfalen. Hierbei besteht Kempen aus vier Stadtteilen (Kempen, St. Hubert, Tönisberg, Schmalbroich) mit einer gesamten Einwohnerzahl von knapp unter 35.000 Einwohnern. In Abbildung 16 ist die Flächennutzung der Stadt Kempen dargestellt.

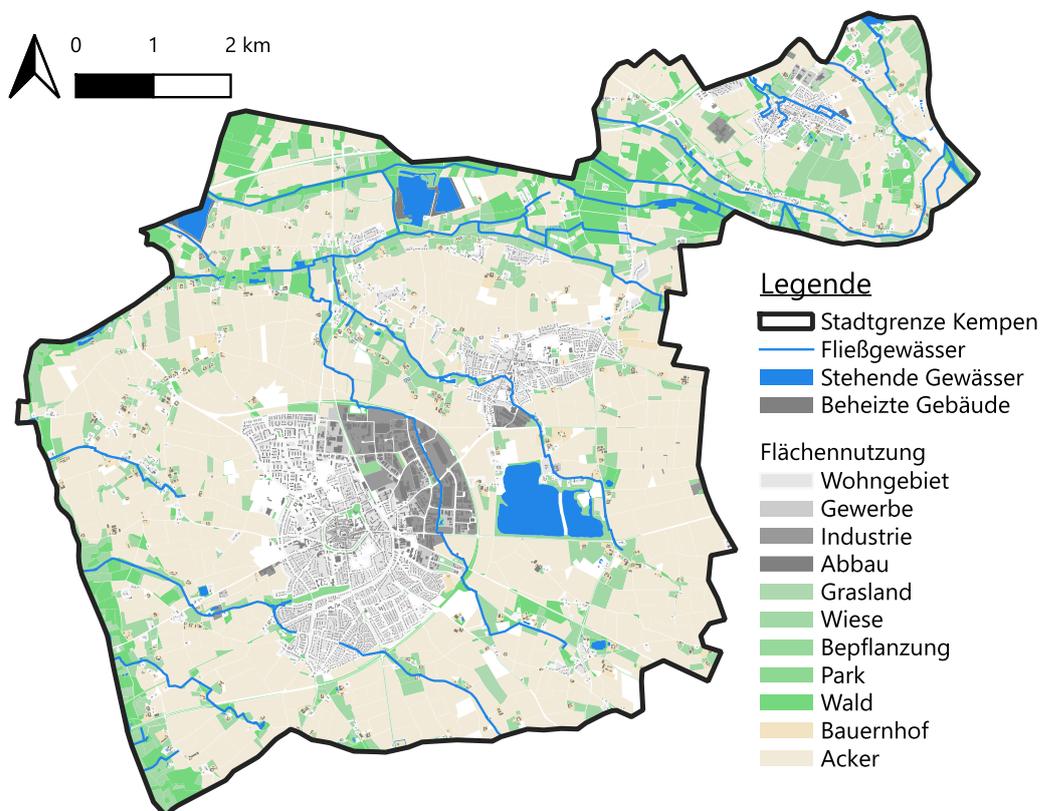


Abbildung 16: Flächennutzung der Stadt Kempen [12]

Knapp 63 % der Einwohner der Stadt Kempen entfallen auf den Stadtteil Kempen. Dieser bildet das Stadtzentrum der Stadt Kempen und ist verhältnismäßig eng bebaut. Auch die Stadtteile St. Hubert

und Tönisberg weisen eine dichte Bebauungsstruktur auf, sind aber deutlich kleiner als der Stadtteil Kempfen. Der Stadtteil Schmalbroich ist eher ländlich geprägt und fasst die Siedlungen im Kempener Westen zusammen.

3.3.2 Baublöcke als Aggregationsebene

Das Ziel der kommunalen Wärmeplanung ist nicht die Empfehlung von Heizungstechnologien auf Gebäudeebene, sondern die Ermöglichung einer Planungsgrundlage für die Kommune. Um eine sinnvolle Auswertungsgröße zu haben und Datenschutzerfordernungen zu gewährleisten, wird gemäß WPG für die kartographische Auswertung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Aggregationsebene „Baublock“ verwendet. Als Baublock wird eine Ansammlung von Gebäuden (mindestens 5 Gebäude) bezeichnet, welche von sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen eingeschlossen ist. Für das Stadtgebiet von Kempen ergeben sich nach dieser Definition 578 Baublöcke, die im Rahmen der Wärmeplanung ausgewertet werden.

3.3.3 Gebäudetypologie

Der dominierende Gebäudetyp variiert in Kempen je nach Teil des Stadtgebiets. Dies kann Abbildung 17 entnommen werden, welche den dominierenden Gebäudetyp (bezogen auf Anzahl der Gebäude) je Baublock darstellt. Bezogen auf die Gesamtanzahl an beheizten Gebäuden (9739 Gebäude) befinden sich in der Stadt Kempen knapp 59 % Einfamilienhäuser, 26 % Reihenhäuser, 3 % Mehrfamilienhäuser, 4 % große Mehrfamilienhäuser und 8 % Nichtwohngebäude.

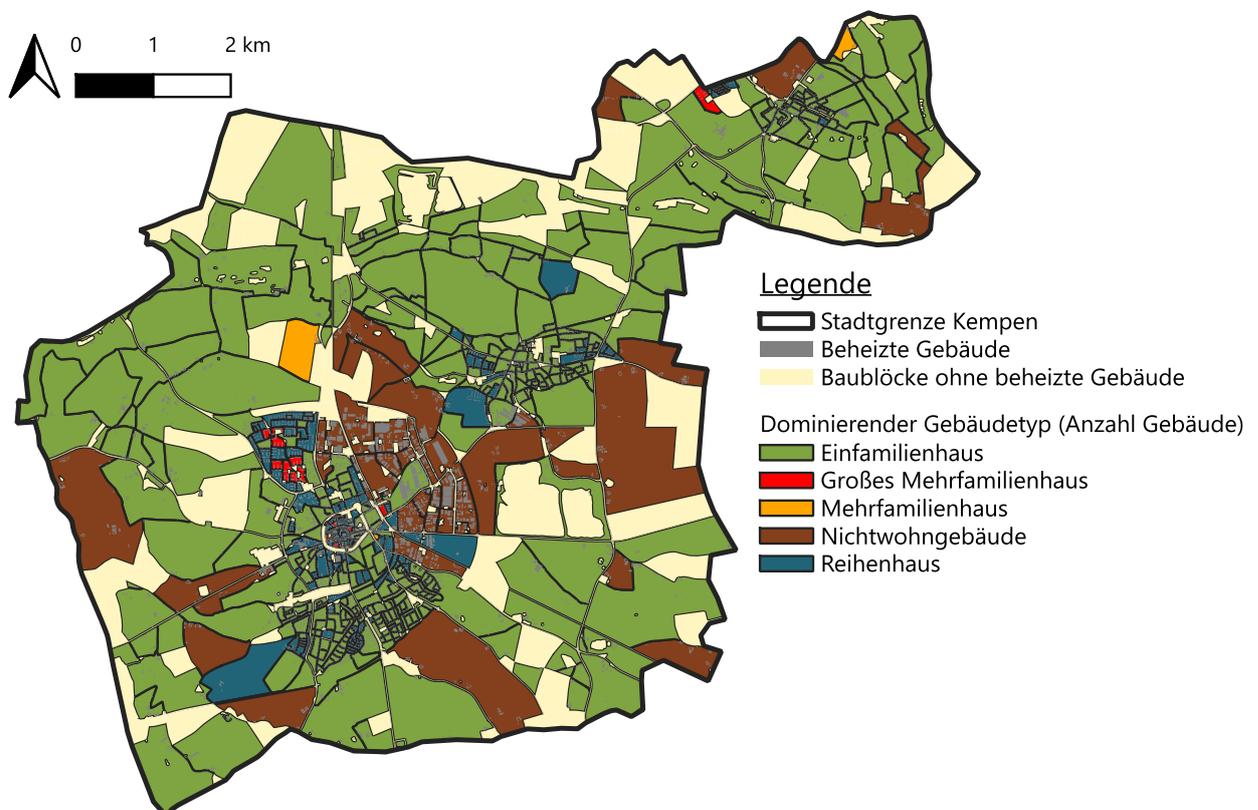


Abbildung 17: Dominierender Gebäudetyp auf Baublockebene

Der Süden des Stadtteils Kempen ist hierbei geprägt von Einfamilienhäusern und in Teilen von Reihenhäusern. Der Nordwesten wiederum weist sowohl Einfamilienhäuser, Reihenhäuser und größere Mehrfamilienhäuser auf. Der Osten wiederum ist geprägt von Nichtwohngebäuden. Das Stadtbild der Stadtteile St. Hubert und Tönisberg zeichnet sich durch Einfamilienhäuser aus. Dies gilt auch für die weiteren ländlich geprägten Teile des Stadtgebiets.

Neben dem Gebäudetyp ist für die Wärmeversorgung von Gebäuden insbesondere noch das Baujahr relevant, da dieses den spezifischen Wärmebedarf je nach Sanierungsstand stark beeinflusst. In Abbildung 18 ist die Anzahl an Gebäuden je Baujahresklasse für die Stadt Kempen dargestellt. Die dominierende Baujahresklasse je Baublock ist wiederum in Abbildung 19 dargestellt.

Wie aus Abbildung 18 zu entnehmen ist, überwiegt in der Stadt Kempen der Gebäudebestand aus den Baujahren zwischen 1900 und 1995. Diese Gebäude machen mit in Summe 7907 Gebäuden knapp 81 % des Gebäudebestandes aus. Hierbei sind die Gebäude mit einem Baujahr zwischen 1961 und 1980 nochmal hervorzuheben, denn diese zeichnen sich grundsätzlich durch einen sehr hohen spezifischen Wärmebedarf von 200 kWh/(m²*a) bis 250 kWh/(m²*a) aus [25]. Dieser Baujahresbereich macht in der Stadt Kempen 29 % des Gebäudebestandes aus. Gebäude, welche vor 1945 und ab 2005 errichtet wurden, sind deutlich effizienter mit einem spezifischen Wärmebedarf unter 150 kWh/(m²*a).⁴ Diese haben in der Stadt Kempen einen Anteil von 31 % am Gebäudebestand.

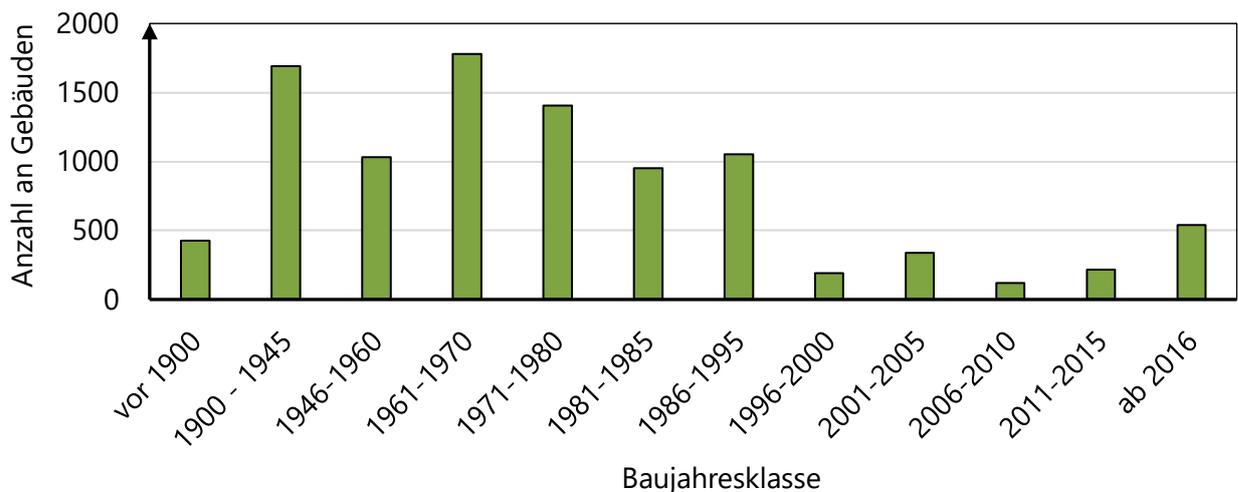


Abbildung 18: Anzahl der Gebäude je Baujahresklasse

Anhand von Abbildung 19 ist zu sehen, dass das Alter der Gebäudestruktur in Kempen je nach Stadtteil variieren kann. Der innere Teil des Stadtteils Kempen ist geprägt von Gebäuden vor dem Baujahr 1945. Die Gebäude im Norden dieses Stadtteils wiederum weisen Baujahre aus den 1970er- und 1980er Jahren auf. Im Süden wiederum gibt es sowohl Baublöcke mit Gebäuden aus den 1960er-

⁴ Gebäude, die vor 1945 errichtet wurden, wurden typischerweise mit massiveren Materialien erbaut, sodass eine bessere Wärmedämmung erreicht wird. Durch die Zerstörung vieler Gebäude im Laufe des zweiten Weltkrieges mussten viele neue Gebäude errichtet werden, sodass dies in Kombination mit dem Mangel an qualitativen Baustoffen zur Nutzung von minderwertigen Baustoffen führte.

Jahren bis zu „Neubaugebieten“ ab den Baujahren 2010. Auch in St. Hubert gibt es Gebiete mit Gebäuden ab den Baujahren 2010, aber auch Gebäude aus dem frühen 20. Jahrhundert.

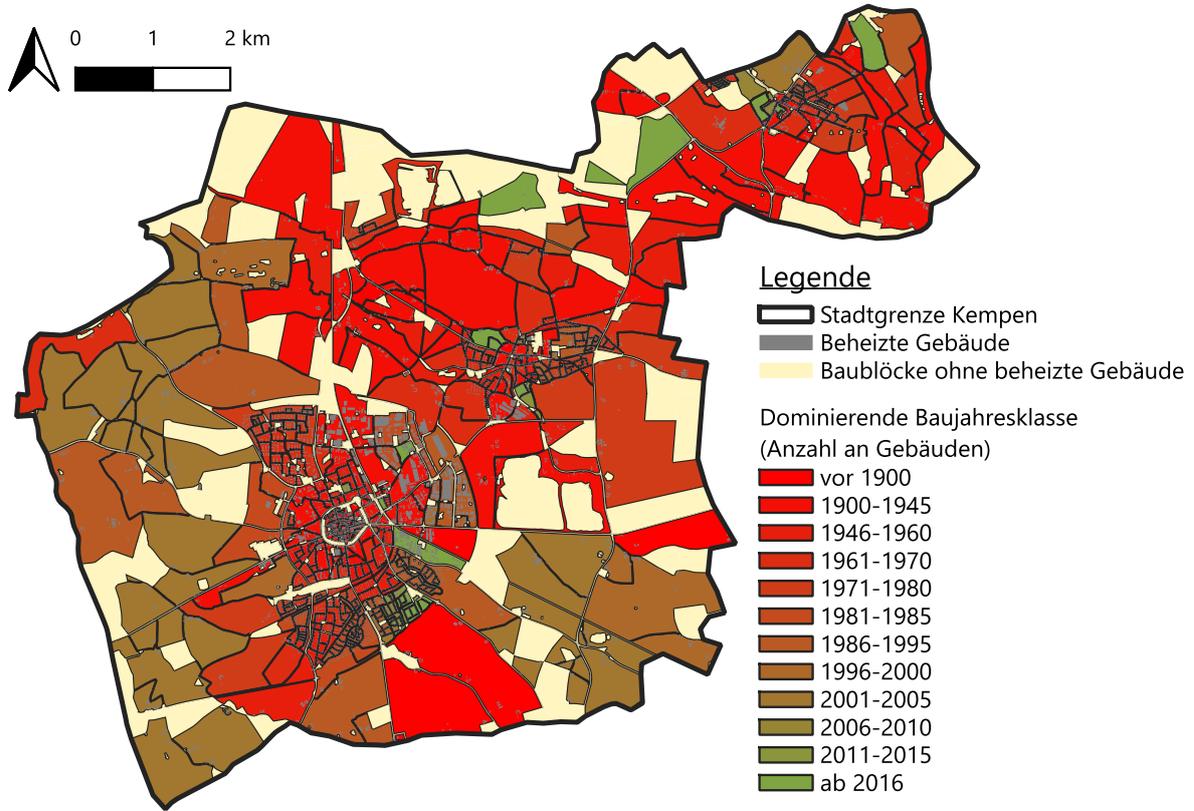


Abbildung 19: Dominierende Baujahresklasse auf Gebäudeebene

In Abbildung 20 ist der spezifische Wärmebedarf der Gebäude im Stadtgebiet als Ergänzung zu den Baujahresauswertungen dargestellt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass diese Wärmebedarfe im Gegenzug zu den Angaben aus [25] bereits getätigte Sanierungsmaßnahmen beinhalten, sodass der spezifische Wärmebedarf niedriger ausfällt, als nach Abbildung 18 vermutet werden müsste. Nur knapp 13 % der Gebäude weisen einen spezifischen Wärmebedarf auf, der dem unsanierten Zustand aus der Nachkriegszeit entspricht, obwohl 43 % der Gebäude aus diesen Baujahresklassen stammen [25].

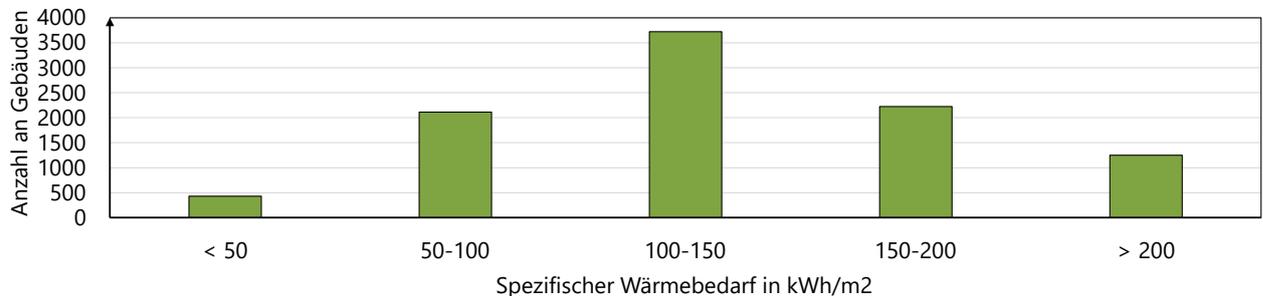


Abbildung 20: Anzahl der Gebäude nach spezifischem Wärmebedarf

Das Thema des Denkmalschutzes spielt in Kempen eine relevante Rolle. In der Stadt Kempen sind 228 Gebäude als Baudenkmäler deklariert [24]. Diese Baudenkmäler liegen insbesondere im Stadtzentrum von Kempen, welches ebenso als Denkmalbereich ausgewiesen ist.

3.3.4 Netzinfrastrukturen

3.3.4.1 Erdgasnetz

Die Wärmeversorgung basierend auf dem öffentlichen Erdgasnetz spielt in Kempen eine entscheidende Rolle (siehe Abschnitt 3.4). Abbildung 21 zeigt hierbei auf Baublockebene die Lage des Kempenener Erdgasnetzes auf Baublockebene. Im Großteil der Baublöcke in der Stadt Kempen sind Gebäude an das Erdgasnetz angeschlossen (mit Ausnahme von Teilen des Nordens und Südens des Stadtteils Kempen). Auf Kempen bezogen liegt die gesamte Trassenlänge des Netzes bei 198,67 km ohne Hausanschlussleitungen bzw. 276,23 km mit Hausanschlussleitungen. Die ersten Leitungen wurden 1972 verlegt. Insgesamt sind 5731 Gebäude an dieses Gasnetz angeschlossen, was wiederum ca. 59 % entspricht. Das Gasnetz in Kempen wird von der Stadtwerken Kempen GmbH betrieben.

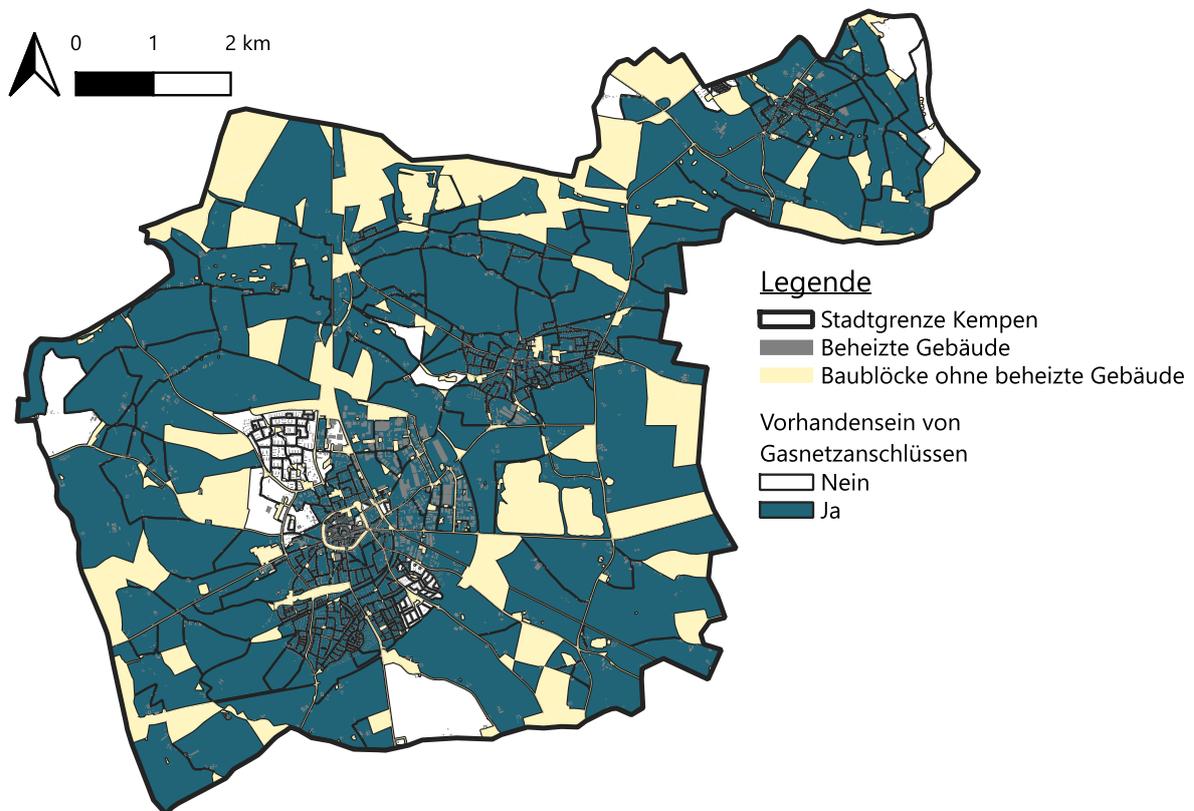


Abbildung 21: Lage des Erdgasnetzes auf Baublockebene

3.3.4.2 Wärmenetze

Im Gegensatz zu anderen Kommunen ist die Stadt Kempen bereits sehr weit beim Themenkomplex der Wärmenetze. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden fünf Wärmenetze für das Stadtgebiet Kempen identifiziert. Deren Lage ist in Abbildung 22 dargestellt. Für die Wärmeversorgung der Stadt Kempen ist insbesondere das Wärmenetz im Stadtteil Kempen relevant, welche den Norden sowie Teile des Südens dieses Stadtteils mit Wärme versorgt. Zusätzlich gibt es zwei Wärmenetze im Stadtteil St. Hubert, eins in Tönisberg sowie ein weiteres nahe Tönisberg in der Wartsbergsiedlung. Insgesamt sind 2.335 Gebäude in der Stadt Kempen an Wärmenetzen angeschlossen (siehe Abbildung 37).

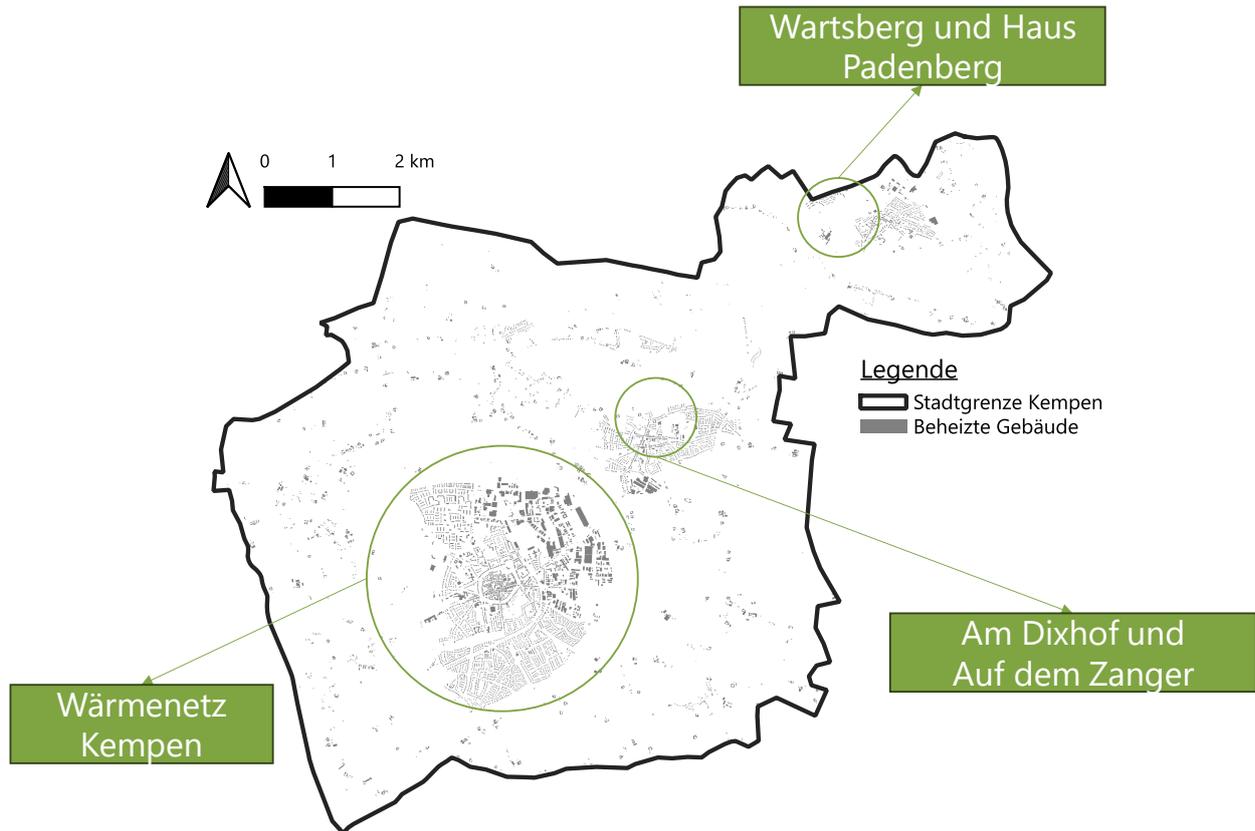


Abbildung 22: Lage der Wärmenetze

Das Fernwärmenetz im Stadtteil Kempen macht den größten Teil der angeschlossenen Gebäude aus. Das Wärmenetz weist 2136 angeschlossene Gebäude auf und hat eine Leitungslänge von 122,3 km inkl. der Anschlussleitungen. Das Netz wird über verschiedene Erzeuger an verschiedenen Standorten gespeist. Am Standort „Otto-Schott-Straße“ im Norden des Stadtteils Kempen werden sowohl Gaskessel als auch KWK-Anlagen betrieben. Am Krankenhaus, dem Schwimmbad „AquaSol“ sowie dem Standort „Von-Ketteler-Straße“ werden weitere KWK-Anlagen zur Speisung genutzt. Neben Erdgas wird bei der Wärmenetzeinspeisung auch Biomethan (bilanziell) genutzt. Eine vollständige Übersicht über die Erzeugungsanlagen ist in Tabelle 5 enthalten.

Im Stadtteil St. Hubert werden die Nahwärmenetze „Auf dem Zanger“ und „Am Dixhof“ betrieben. Beide Wärmenetze haben zusammen eine Leitungslänge von 4,46 km inkl. der Anschlussleitungen. Das Netz „Auf dem Zanger“ versorgt primär relativ neue Einfamilienhäuser und nutzt fünf verschiedene Wärmeerzeugungsanlagen. Neben einem Gaskessel und einer KWK-Anlage (jeweils mit Erdgas befeuert) wird auch eine Solarthermieanlage, eine Stromdirektheizung und eine Wärmepumpe (Erdwärme) eingesetzt. An das Wärmenetz sind 55 Gebäude angeschlossen.



Tabelle 5: Erzeugungsanlagen des Fernwärmenetzes Kempen

Erzeugertyp	Standort	Thermische Leistung in kW	Jahr der Inbetriebnahme	Energieträger
KWK	Otto-Schott-Str.	2.802	2024	Erdgas
KWK	Otto-Schott-Str.	2.802	2024	Erdgas
KWK	Otto-Schott-Str.	2.802	2024	Erdgas
KWK	Otto-Schott-Str.	3.084	2017	Erdgas
KWK	Von Ketteler-Str.	1.204	2014	Erdgas
KWK	Von Ketteler-Str.	1.204	2014	Biomethan
KWK	Von Ketteler-Str.	1.174	2022	Erdgas
KWK	Von Ketteler-Str.	1.174	2022	Erdgas
KWK	Von Broichhausen-Allee	991	2021	Erdgas
KWK	Berliner Allee	404	2023	Erdgas
Kessel	Otto-Schott-Str.	9.300	1979	Erdgas
Kessel	Otto-Schott-Str.	9.300	2003	Erdgas
Kessel	Otto-Schott-Str.	9.300	2003	Erdgas
Kessel	Otto-Schott-Str.	9.300	2003	Erdgas

Tabelle 6: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Auf dem Zanger“

Erzeugertyp	Thermische Leistung in kW	Jahr der Inbetriebnahme	Energieträger
KWK	93	2019	Erdgas
Kessel	725	2019	Erdgas
Solarthermie	300	2019	Solarenergie
Wärmepumpe	85	2020	Strom und Erdwärme
Stromdirektheizung	29	2019	Strom

Das Wärmenetz „Am Dixhof“ versorgt mehrere Reihenhäuser und einen Supermarkt mit Wärme. Hierbei wird dieses über Kessel und KWK-Anlagen auf Basis des Energieträgers Erdgas versorgt (siehe Tabelle 7). Insgesamt sind 13 Gebäude an dieses Wärmenetz angeschlossen.



Tabelle 7: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Am Dixhof“

Erzeugertyp	Thermische Leistung in kW	Jahr der Inbetrieb- nahme	Energieträger
KWK	12	2017	Erdgas
KWK	12	2010	Erdgas
Kessel	450	2019	Erdgas
Kessel	450	2019	Erdgas

Im Stadtteil Tönisberg werden ebenfalls neu gebaute Einfamilienhäuser sowie ein Kirchengemeindegebäude über das Wärmenetz „Haus Padenberg“ versorgt. Insgesamt sind dies 15 Gebäude. Das Wärmenetz wird vollständig über Gaskessel und KWK-Anlagen versorgt, welche wiederum bilanziell über Biomethan betrieben werden (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Haus Padenberg“

Erzeugertyp	Thermische Leistung in kW	Jahr der Inbetrieb- nahme	Energieträger
KWK	15	2020	Biomethan
KWK	44	2020	Biomethan
Kessel	80	2020	Biomethan
Kessel	80	2020	Biomethan

Das Wärmenetz „Wartsberg“ versorgt die an den Stadtteil Tönisberg angrenzende Wartsbergsiedlung. Hierfür werden ebenfalls Gaskessel und eine KWK-Anlage eingesetzt, welche jedoch vollständig mit fossilem Erdgas befeuert werden (siehe Tabelle 9) An dieses Wärmenetz sind 117 Gebäude angeschlossen.

Tabelle 9: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Wartsberg“

Erzeugertyp	Thermische Leistung in kW	Jahr der Inbetrieb- nahme	Energieträger
KWK	374	2016	Erdgas
Kessel	1.020	2016	Erdgas
Kessel	1.020	2016	Erdgas

Die beiden Wärmenetze „Haus Padenberg“ und „Wartsberg“ haben zusammen eine Leitungslänge von 8,38 km inkl. der Anschlussleitungen.



3.3.4.3 Wasserstoffnetze

In der Stadt Kempen werden aktuell keine Wasserstoffnetze betrieben oder konkret geplant.

3.3.4.4 Wärme- und Gasspeicher

In der Stadt Kempen werden aktuell keine gewerblichen Wärme- oder Gasspeicher betrieben oder konkret geplant.

3.3.4.5 Anlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase

In der Stadt Kempen werden aktuell keine Anlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase betrieben oder konkret geplant.

3.3.4.6 Abwasser

Im Stadtgebiet von Kempen wird keine Kläranlage betrieben, sondern das Abwasser fließt in die Kläranlage Grefrath westlich des Kempener Stadtgebiets. Auf eine kartographische Auswertung verzichtet, da die kartographische Datengrundlage nicht ausreichend ist.

3.4 Wärmebedarf nach Energieträgern und Sektoren

Gemäß dieser Wärmeplanung werden folgende acht Gruppen an Energieträgern für die Bestandsanalyse, aber auch potenzielle zukünftige Szenarien, berücksichtigt:

- Erdgas (Versorgung über das öffentliche Erdgasnetz)
- Heizöl
- Wärmenetz⁵
- Strom (Wärmepumpen und Direktheizungen)⁶
- Wasserstoff (liegt im Bestand in Kempen nicht vor)
- Biomasse (insb. Pellets und weitere holzbasierte Energieträger)
- Sonstiges (insb. Kohle und Flüssiggas)
- undefiniert (Eingangsdaten geben nicht genügend Aufschluss zur Identifizierung des Energieträgers)

Der jährliche Gesamtwärmebedarf für die Stadt Kempen liegt bei 398,45 GWh (siehe Abbildung 23).⁷ Von diesem Gesamtwärmebedarf entfallen mit 202,92 GWh auf den Energieträger Erdgas, was wiederum knapp 51 % entspricht. Wärmenetze machen mit 107,93 GWh (entspricht 27 %) den zweitgrößten Anteil aus. Heizöl macht nur 8 % des Wärmebedarfs aus, was bezogen auf den deutschlandweiten Schnitt eher wenig ist. Nur 6 % des Wärmebedarfs werden durch strombasierte Heizungen oder Biomasse bereitgestellt. Aus diesen Ergebnissen kann eindeutig identifiziert werden, dass die Wärmeversorgung in der Stadt Kempen eine hohe Abhängigkeit durch fossile Energieträger hat, da

⁵ Das Wärmenetz ist hierbei als eigener Energieträger definiert. Die Energieträger (z.B. Erdgas oder Biomasse), welche genutzt werden, um das Wärmenetz zu speisen, werden dann dem Wärmenetz zugerechnet und nicht dem jeweiligen Energieträger selbst.

⁶ Umweltwärme, welche durch Wärmepumpen nutzbar gemacht wird, wird ebenfalls dem Energieträger Strom zugewiesen.

⁷ Der Wärmebedarf in diesem Dokument ist als Wärmebedarf auf Seite des Endkunden definiert. Dieser beinhaltet hierbei sowohl die Wärmebedarfe für Raumwärme, Trinkwarmwasser sowie Prozesswärme (insofern dies über die realen Verbräuche erfasst werden konnte).

das Erdgasnetz und die Wärmenetze, welche primär fossil betrieben werden (siehe Abbildung 28), zusammen 78 % des Wärmebedarfs in Kempen decken.

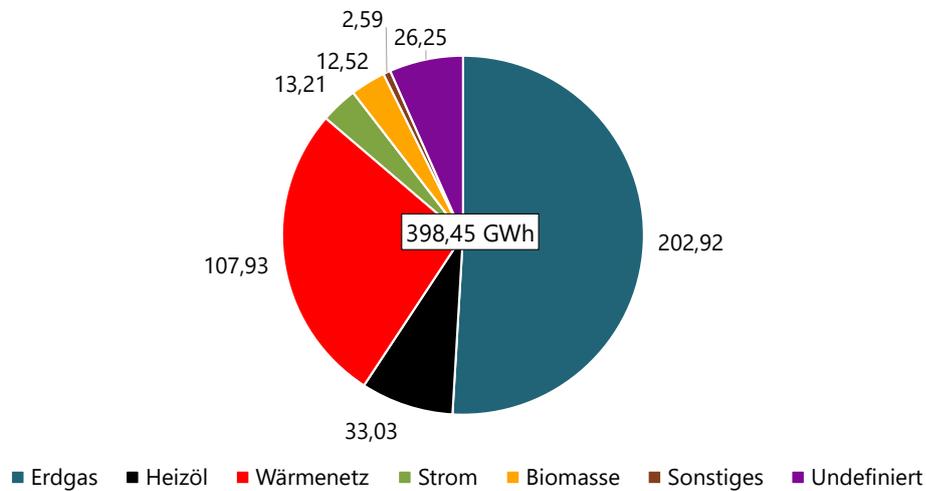


Abbildung 23: Jährlicher Wärmebedarf (alle Sektoren) in GWh

Mit 270,35 GWh (siehe Abbildung 24) macht der Haushaltssektor (Wohngebäude) knapp 68 % des jährlichen Wärmebedarfs aus. Damit ist der dieser Sektor bezogen auf den Wärmebedarf der energieintensivste Sektor der Wärmeversorgung im Vergleich zu den Sektoren GHD, Industrie und Kommune. Die Verteilung des Wärmebedarfs auf die einzelnen Energieträger ist hierbei sehr ähnlich zum Gesamtwärmebedarf der Stadt Kempen. 52 % des Wärmebedarfs wird über den Energieträger Erdgas gedeckt, während die Wärmenetze 24 % ausmachen. Heizöl ist im Haushaltssektor mit 11 % etwas relevanter als im Kontext des Gesamtwärmebedarfs über alle Sektoren.

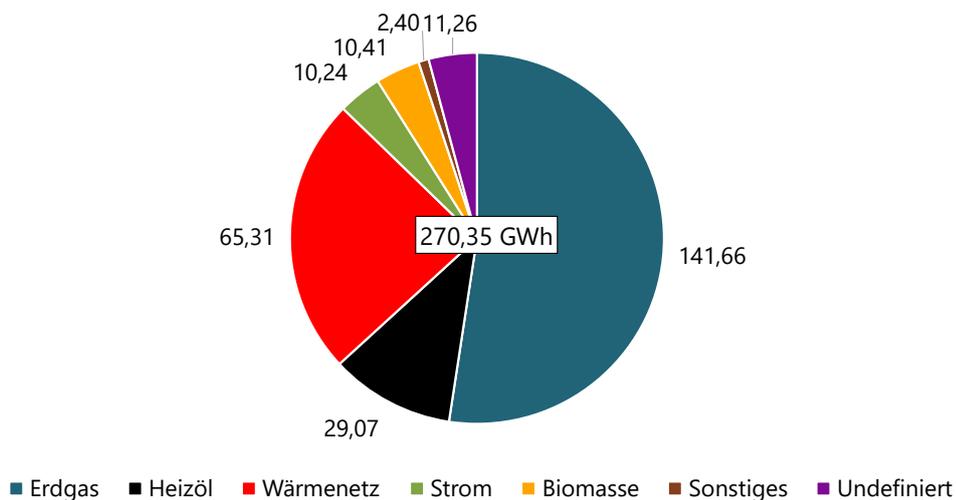


Abbildung 24: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Haushalte) in GWh

Der kommunale Sektor macht im Vergleich zum Haushaltssektor mit 25,88 GWh nur einen Anteil von 6,5 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs aus (siehe Abbildung 25). Dem kommunalen Sektor werden hierbei insb. Schulen, Kindergärten und z.B. das Rathaus zugeordnet. Im Gegensatz zum Gesamtwärmebedarf sowie dem Haushaltssektor ist der Anteil an die Wärmenetze (insb. das

Wärmenetz im Stadtteil Kempen) im kommunalen Sektor mit 74 % deutlich erhöht. Während Erdgas 23 % des Wärmebedarfs ausmacht, wird im kommunalen Sektor kein Heizöl eingesetzt. Dies lässt sich damit erklären, dass kommunale Gebäude in der Regel relativ zentral in der dichteren Bebauung liegen, welche dann wiederum in Kempen entweder vom Gasnetz oder von Wärmenetzen durchzogen sind.

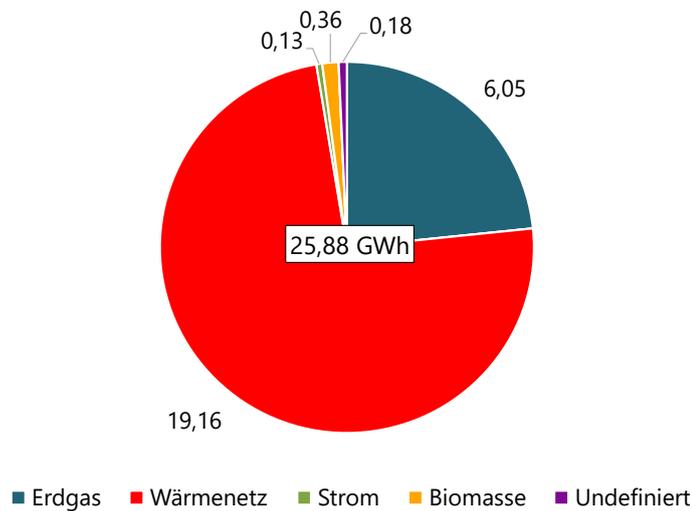


Abbildung 25: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Kommune) in GWh

Der jährliche Wärmebedarf für GHD-Sektor (aufgeteilt auf die Energieträger) ist in Abbildung 26 dargestellt. Mit 43,81 GWh macht dieser knapp 11 % des Gesamtwärmebedarfs aus. Zur Deckung dieses Bedarfs werden 18,43 GWh über Erdgas (42 % des Bedarfs) und 16 GWh über die Wärmenetze (37 % des Bedarfs) bereitgestellt. Auffällig ist hierbei, dass der Anteil der undefinierten Energieträger mit 12 % prozentual gesehen deutlich höher ist als der Wert über alle Sektoren, welcher nur 7 % entspricht (siehe Abbildung 23).

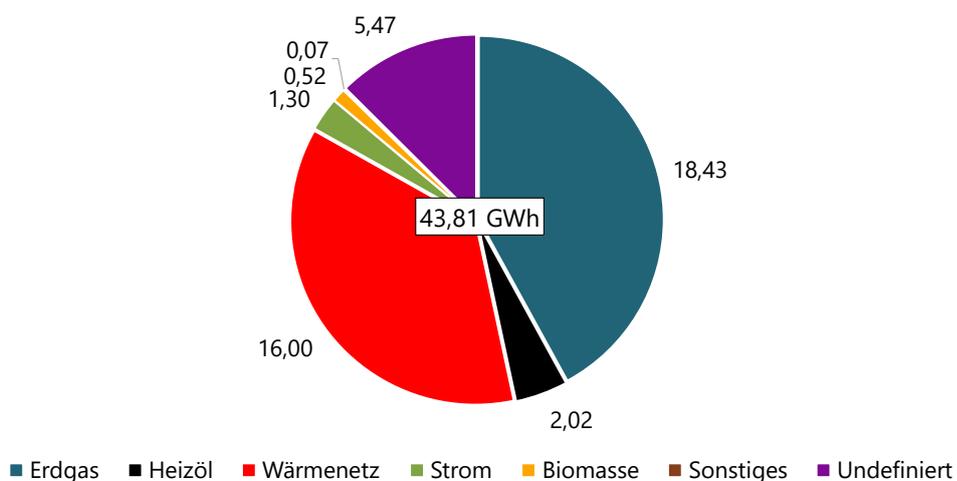


Abbildung 26: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor GHD) in GWh

Zuletzt ist noch der Industrie-Sektor zu betrachten, welcher in Abbildung 27 dargestellt ist. Große Teile der Industrie in Kempen sind dem Osten des Stadtteils Kempen zuzuordnen, wo ein großes Industriegebiet liegt. Insgesamt macht dieser Sektor mit 45,08 GWh nur 11 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs. Die Versorgung erfolgt im Industriesektor insbesondere über Erdgas, welches mit 32,72 GWh 73 % des Bedarfs ausmacht. Dadurch das Teile des Industriegebiets im Osten des Stadtteils Kempen vom Wärmenetz versorgt werden, machen Wärmenetze mit 6,76 GWh 15 % aus.

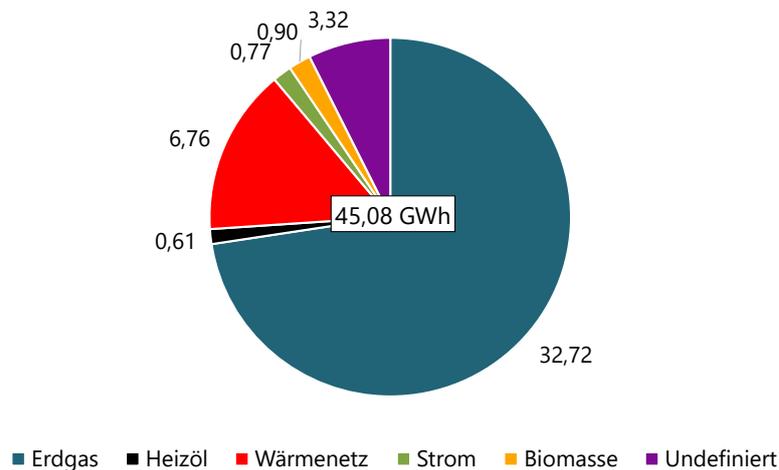


Abbildung 27: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Industrie) in GWh

Der jährlich gedeckte Wärmebedarf über die Kempener Wärmenetze in Abhängigkeit der genutzten Energieträger ist in Abbildung 28 dargestellt. Erdgas ist hierbei der dominante Energieträger, welcher mit 101,57 GWh 94,1 % des Wärmebedarfs deckt. Durch die Nutzung von Biomethan sowohl im Wärmenetz im Stadtteil Kempen als auch im Wärmenetz „Haus Padenberg“ macht dieses mit 5,8 % den zweitgrößten Anteil aus. Zuletzt summieren sich die genutzte Geothermie-Wärmepumpe und die Solarthermieanlage für das Wärmenetz „Auf dem Zanger“ auf die verbleibenden 0,1 % auf.

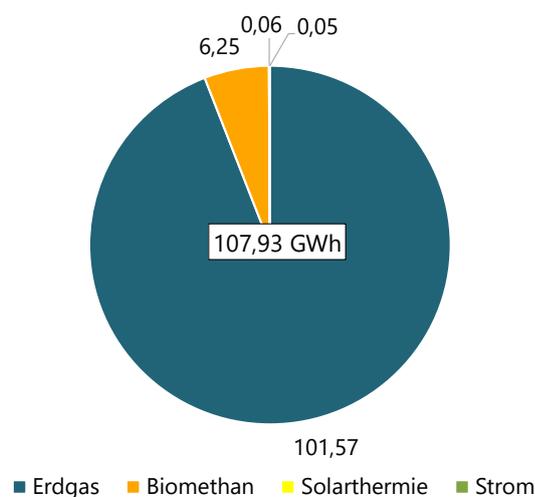


Abbildung 28: Jährlicher Wärmebedarf der Wärmenetzanschlüsse in GWh

Im Folgenden wird die geographische Verortung der Gesamtwärmebedarfe nach Energieträger auf Baublockebene beschrieben.

In Abbildung 21 ist zu erkennen, dass das Erdgasnetz in der Stadt Kempen nahezu flächendeckend ausgebaut ist. Dies spiegelt sich auch in Abbildung 29 wider, in welcher der Anteil an Erdgas als Energieträger am Wärmebedarf auf Baublockebene dargestellt ist. Es ist auch in Anlehnung an Abbildung 21 zu sehen, dass in allen Baublöcken, in welcher Gasnetzanschlüsse vorhanden sind, Erdgas in der Regel mindestens 25 % des Wärmebedarfs ausmacht. Ebenso ist zu sehen, dass es viele Baublöcke im Stadtgebiet von Kempen gibt, welche über 90 % ihres Wärmebedarfs über das Erdgasnetz decken. Dies sind insgesamt 107 der 578 der Baublöcke. Diese Baublöcke befinden sich insbesondere im Süden und Osten des Stadtteils Kempen sowie in Teilen von St. Hubert und Tönisberg.

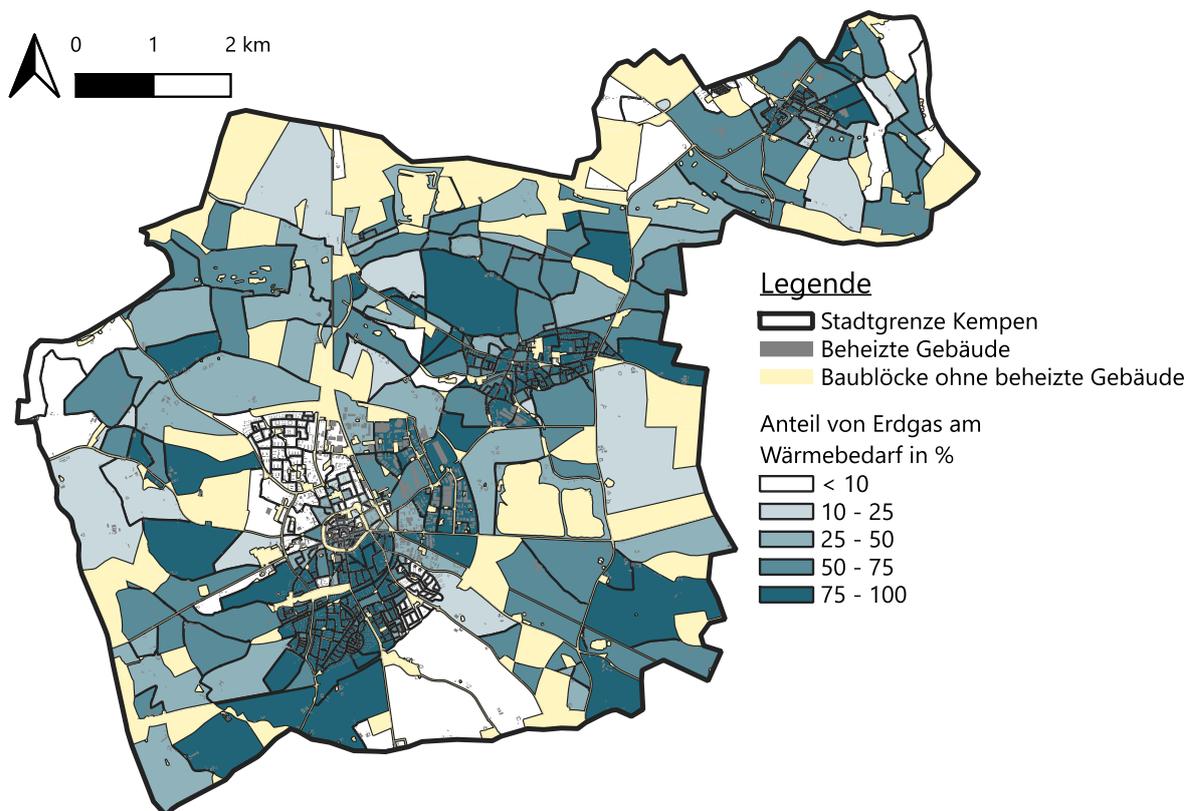


Abbildung 29: Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene

Der Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene ist wiederum in Abbildung 30 dargestellt. Wie bereits in Abbildung 23 beschrieben ist, macht Heizöl nur 8 % des Wärmebedarfs im Stadtgebiet aus. Dies spiegelt sich auch in der Auswertung auf Baublockebene wider. In näherungsweise dem kompletten Stadtteil Kempen sowie großen Teilen von St. Hubert und Tönisberg spielt Heizöl nur eine untergeordnete Rolle. In nur wenigen Baublöcken dieser Stadtteile liegt der Anteil von Heizöl am Wärmebedarf oberhalb von 10 %. Baublöcke mit hohen Anteilen von Heizöl gibt es aber im Stadtgebiet trotzdem. Knapp 3,5 % der Baublöcke weisen Anteile von Heizöl von mindestens 50 % auf. Dies sind primär Baublöcke in den dünn besiedelten Bereichen der Stadt Kempen, welche sich durch ebenso durch eine geringe Anzahl an Gebäuden auszeichnen.

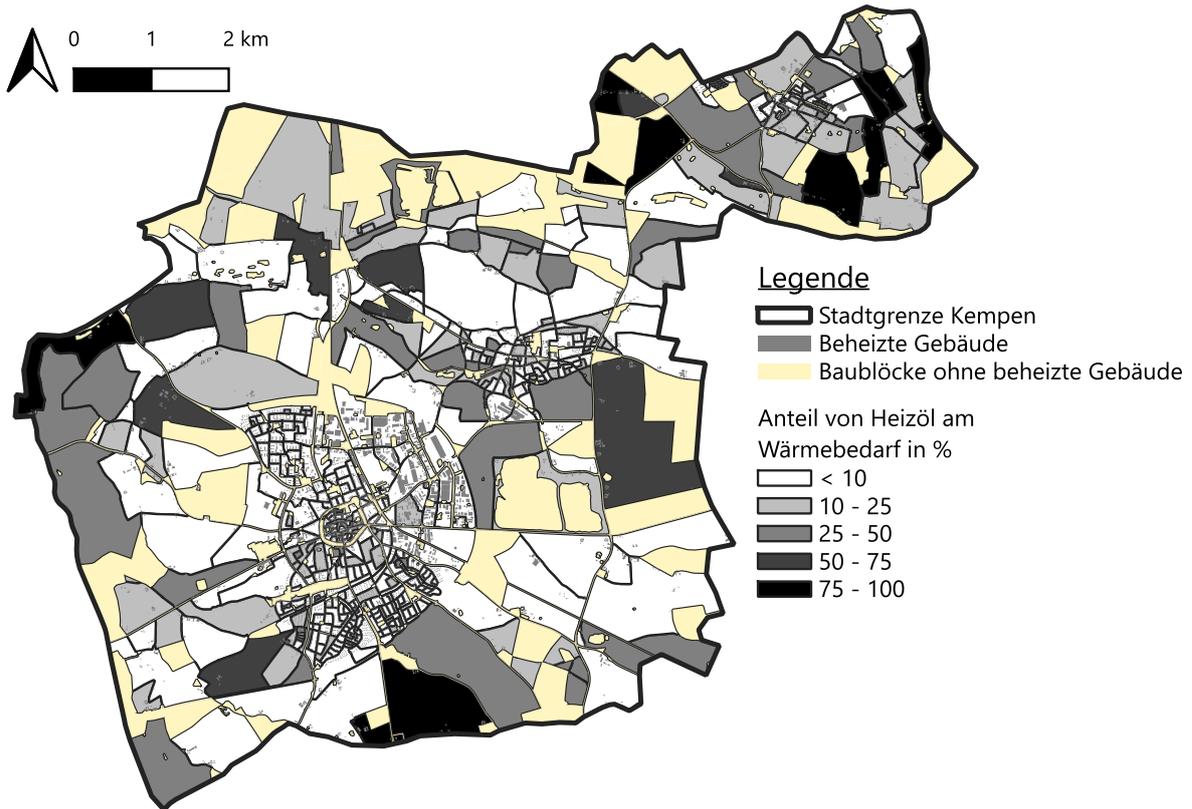


Abbildung 30: Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene

Wärmenetze spielt in der Kempener Wärmeversorgung eine wichtige Rolle. Der Anteil von Wärmenetzen am Wärmebedarf auf Baublockebene ist in Abbildung 31 dargestellt. Es ist klar zu erkennen, dass Baublöcke, welche Wärmenetzanschlüsse aufweisen, hohe Anteile Ihres Wärmebedarfs über diese Wärmenetze decken. Dies spricht für eine gute Verdichtung dieser Wärmenetze. Man erkennt auch ergänzend zu Abbildung 22 nochmal deutlich, dass das Wärmenetz im Stadtteil Kempen einen großen Teil dieses Stadtteils mit Wärme versorgt. Ausgenommen ist hierbei der Südwesten und der Osten. Bezogen auf die Stadtteile St. Hubert und Tönisberg machen die Nahwärmenetze flächentechnisch nur einen kleinen Anteil dieser Stadtteile aus.

In der Wärmeversorgung der Stadt Kempen spielt Strom nur eine untergeordnete Rolle. Gemäß Abbildung 23 macht Strom mit 13,21 GWh knapp 3 % des Gesamtwärmebedarfs aus. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Strom im Bereich der Trinkwarmwassererzeugung eine relevante Rolle spielt, da in knapp 15 % der Gebäude Strom als Energieträger für Trinkwarmwassererzeugung genutzt wird. Aus Abbildung 32, welche den Anteil von Strom am Wärmebedarf auf Baublockebene darstellt, ist zu sehen, dass Strom als Energieträger des Wärmesektors im Stadtteil Kempen nur wenig vertreten ist. Eine entscheidende Ausnahme sind hierbei einige Baublöcke im Süden des Stadtteils (rund um Maria-Basels-Straße), welche Gebäude jüngeren Baujahres beinhalten. Hier treten auf Baublockeben Anteile des Stroms am Wärmebedarfs zwischen 11 % und 72 % auf. Insgesamt lässt sich für das gesamte Stadtgebiet festhalten, dass auf Baublockebene Strom nur in Gebieten mit neueren Gebäuden oder in ländlicheren Gebieten mit wenig Gebäuden Anteile von 10 % erreicht werden.

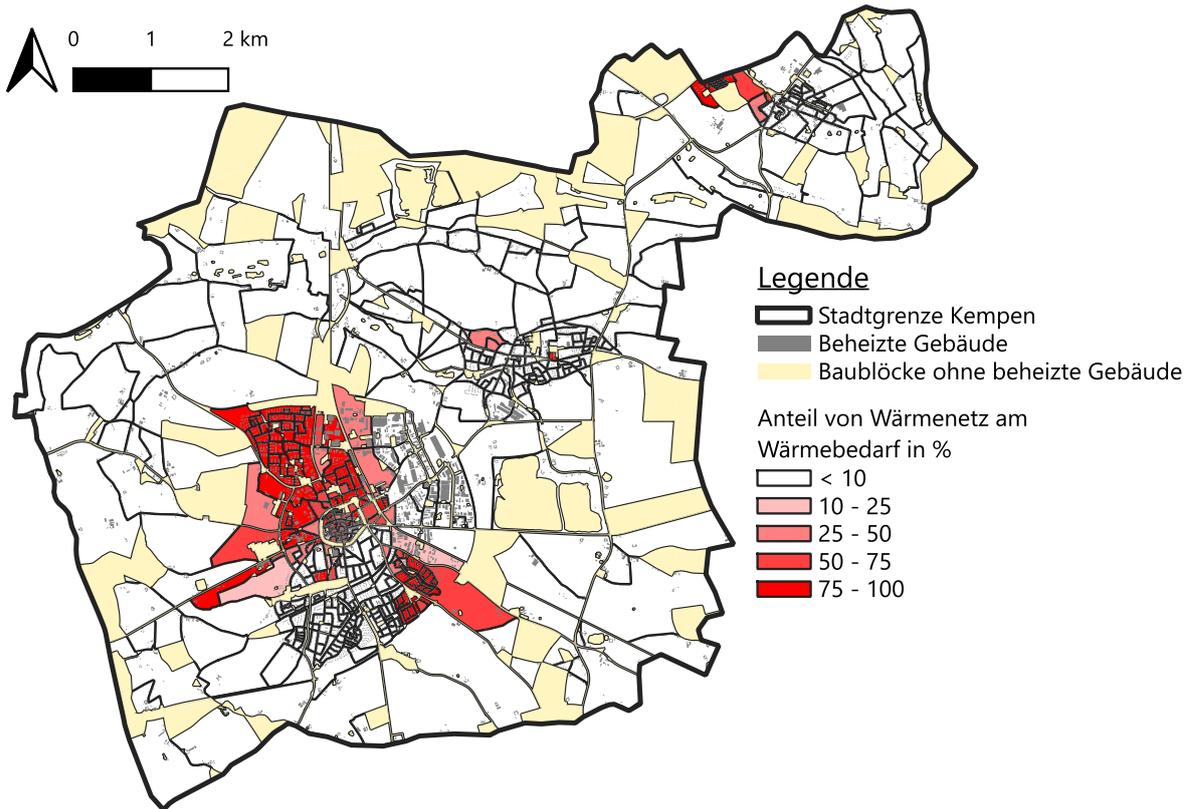


Abbildung 31: Anteil von Wärmenetzen am Wärmebedarf auf Baublockebene

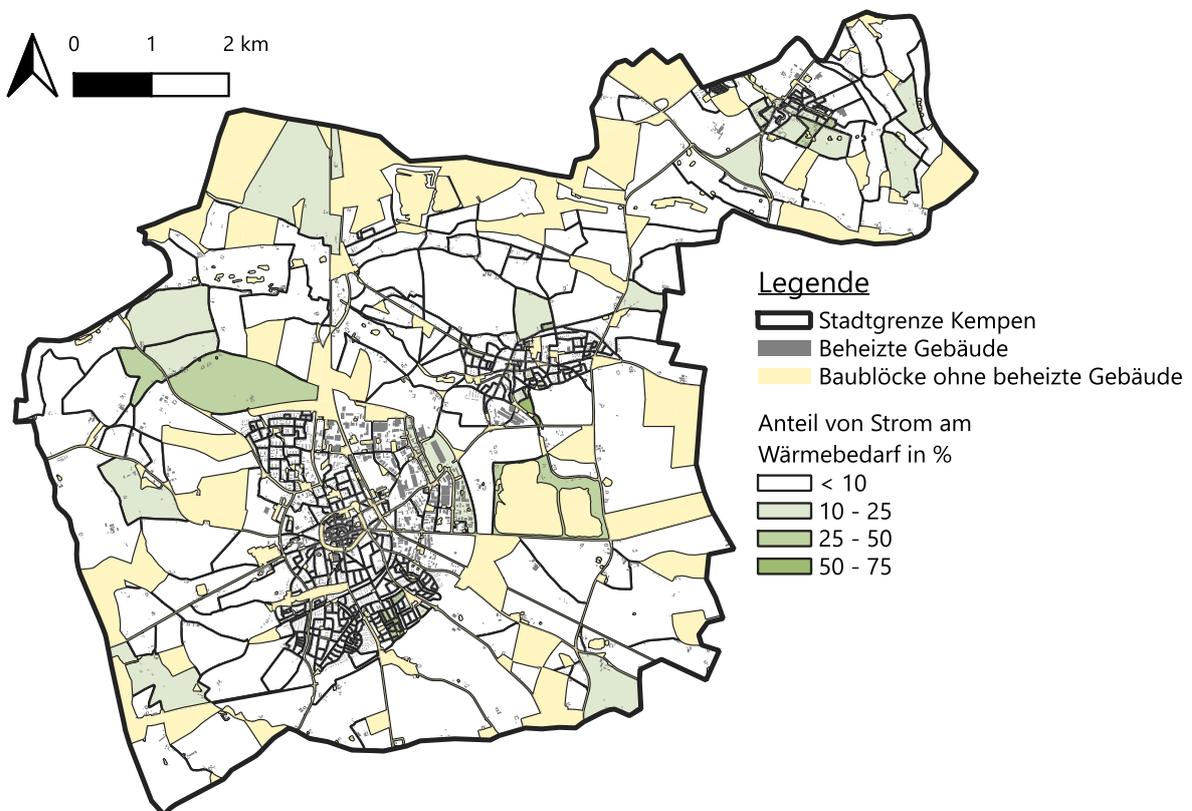


Abbildung 32: Anteil von Strom am Wärmebedarf auf Baublockebene

Mit 12,52 GWh (entspricht 3 % des Gesamtwärmebedarfs) weist Biomasse eine ähnliche Größenordnung bezogen auf den Wärmebedarf im Vergleich zu Strom auf. Hierbei ist jedoch gemäß Abbildung 37 zu erkennen, dass die Anzahl von Gebäuden, welche mit Biomasse als Energieträger zur Raumwärmebereitstellung versorgt werden, nicht mal 1 % beträgt. Jedoch gibt es eine nennenswerte Anzahl an biomassebasierten Einzelraumheizungen (primär Kamine). Knapp 34 % der Gebäude weisen Einzelraumheizungen mit Biomasse als Energieträger auf, welche wiederum einen Teil der Raumwärmebereitstellung übernehmen.

In Abbildung 33 ist der Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene dargestellt. Dadurch, dass ein Großteil Energiemenge durch die Einzelraumheizungen verursacht werden, ist die Verteilung auf Gemeindeebene sehr homogen. Fast 97 % der Baublöcke weisen einen Anteil von weniger als 10 % Biomasse auf. Bezogen auf das ganze Stadtgebiet gibt es 4 Baublöcke, bei welchen der Anteil 25 % überschreitet. Diese Baublöcke liegen alle im nördlichen Bereich des Stadtgebiets, welcher eher ländlich geprägt ist und wenige Gebäude pro Baublock beinhaltet.

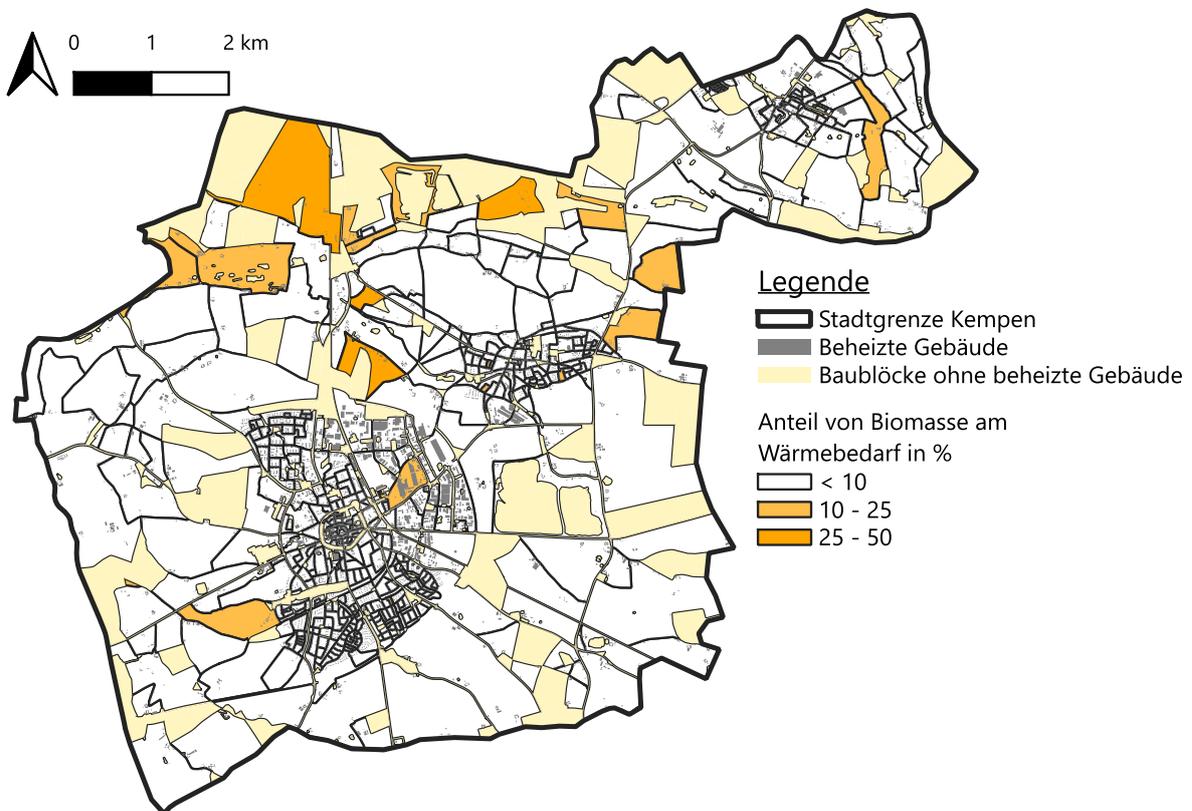


Abbildung 33: Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene

In Bezug auf Energieträger, welche der Kategorie „Sonstiges“ zugeordnet sind, sind in der Stadt Kempen fast ausschließlich Heizungen basierend auf Flüssiggas relevant. In Abbildung 34 sind die Anteile von sonstigen Energieträgern auf Baublockebene dargestellt. Es ist zu erkennen, dass diese Heizungen eigentlich nur in ländlicher geprägten Baublöcken vorkommen. In Baublöcken mit dichterere Bebauung, wie zum Beispiel in den Ortskernen Stadtteile Kempen, St. Hubert und Tönisberg kommen sie gar nicht vor. Dies ist dadurch begründet, dass bei Heizungen basierend auf Flüssiggas ein großer Tank benötigt wird. Nähe St. Hubert und Tönisberg gibt es jeweils einen Baublock mit 53 % bzw.

92 % Anteil von Flüssiggas am Wärmebedarf. In diesen Baublöcken ist aber auch die Gesamtzahl an Gebäuden sehr niedrig.

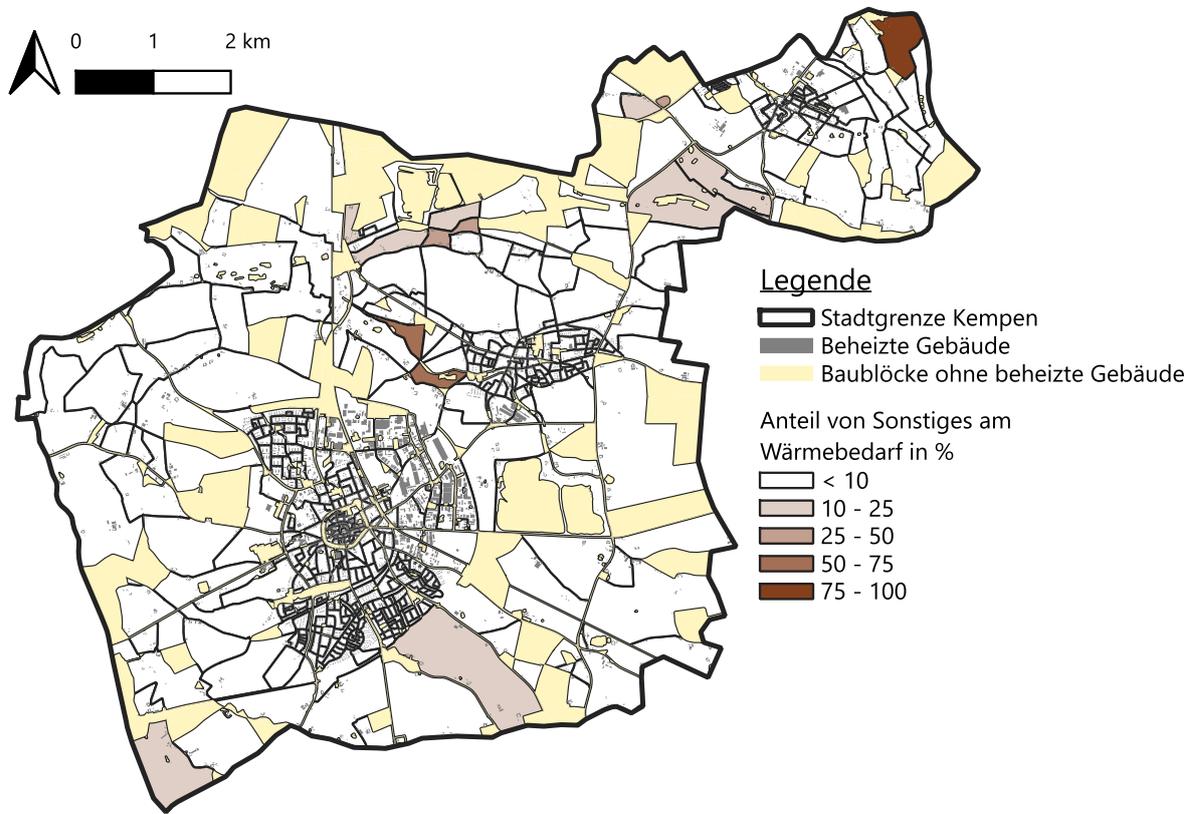
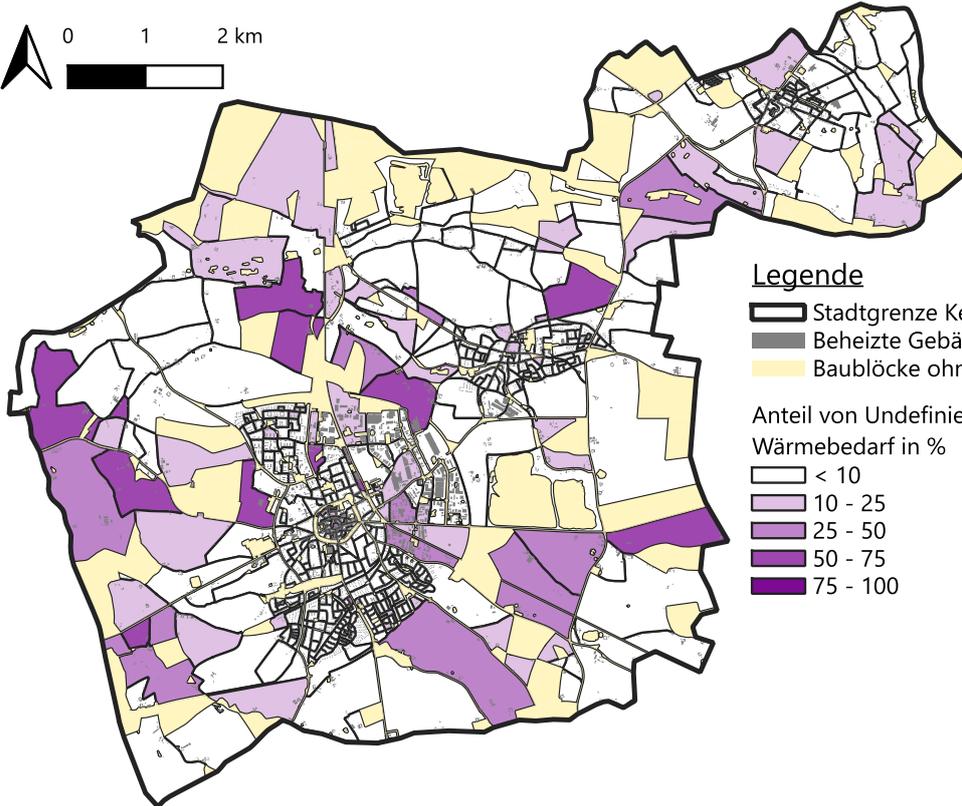


Abbildung 34: Anteil von sonstigen Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene

Zuletzt sind in Bezug auf den Anteil der Energieträger innerhalb der Baublöcke noch die Gebäude zu betrachten, welche der Kategorie „Undefiniert“ zugeordnet sind. Deren Anteil am Wärmebedarf ist auf Baublockebene in Abbildung 35 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Anteil dieser Heizungen in den eng bebauten Bereichen der Stadtteile Kempen, St. Hubert und Tönisberg sehr gering. Dies ist typisch, da die Datenlage in diesen Bereichen durch die primär leitungsgebundene Wärmeversorgung sehr gut ist. In den ländlich geprägteren Baublöcken ist durch die geringe Anzahl an Gebäuden je Baublock sowie die dezentralere Wärmeversorgung ein teilweise höherer Anteil zu verzeichnen.

In Abbildung 36 ist aufbauend auf den bereits beschriebenen Auswertungen der dominierende Energieträger (Energieträger mit dem höchsten Anteil am Wärmebedarf) auf Baublockebene dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass dieser dominierende Energieträger stark nach Teil des Stadtgebiets schwankt. Dort wo Wärmenetze vorhanden sind, machen diese je Baublock auch den größten Anteil des zu deckenden Wärmebedarfs aus. Als Ausnahme ist hier das Wärmenetz „Auf dem Zanger“ zu nennen, wo Erdgas bzw. Heizöl in diesen Baublöcken minimal mehr Wärme bereitstellen.

Bezogen auf große Teile des Stadtgebiets ist Erdgas der dominierende Energieträger. Dies gilt sowohl für viele ländlich geprägte Gebiete als auch die Stadtteile St. Hubert und Tönisberg sowie in Teilen für den Stadtteil Kempen. Im ländlich geprägten Raum befinden sich auch einige Baublöcke wo entweder primär mit Heizöl geheizt wird oder aufgrund der Datenlage ein hoher Anteil an undefinierten Heizungen vorliegt.



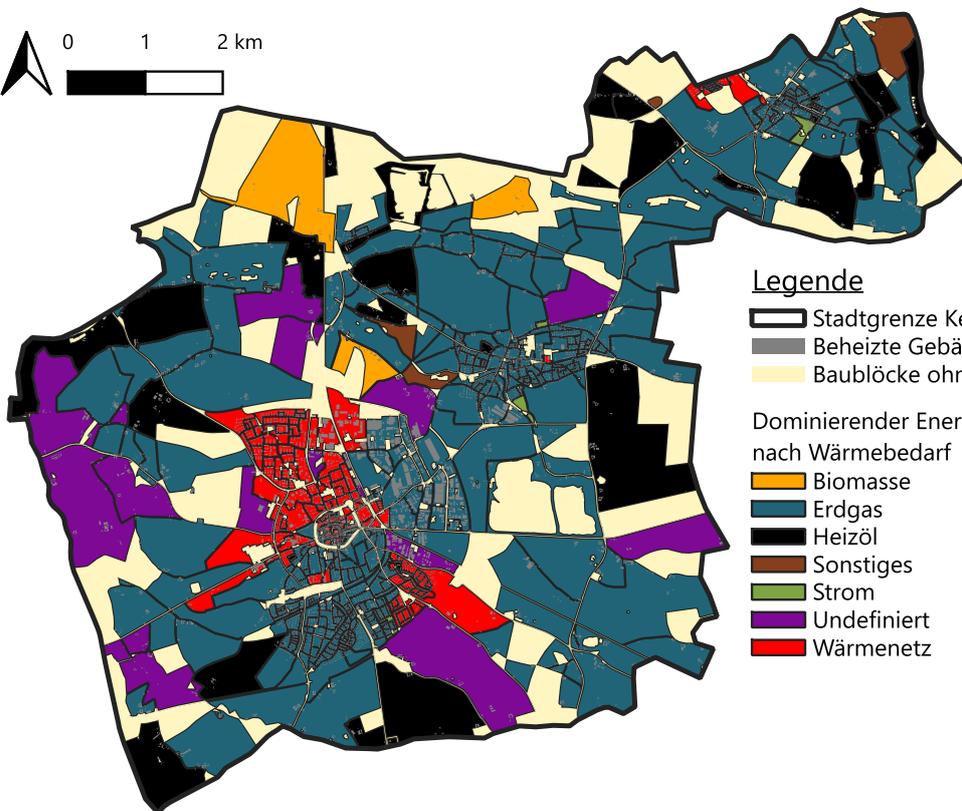
Legende

- Stadtgrenze Kempen
- Beheizte Gebäude
- Baublöcke ohne beheizte Gebäude

Anteil von undefiniert am Wärmebedarf in %

- < 10
- 10 - 25
- 25 - 50
- 50 - 75
- 75 - 100

Abbildung 35: Anteil von undefinierten Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene



Legende

- Stadtgrenze Kempen
- Beheizte Gebäude
- Baublöcke ohne beheizte Gebäude

Dominierender Energieträger nach Wärmebedarf

- Biomasse
- Erdgas
- Heizöl
- Sonstiges
- Strom
- Undefiniert
- Wärmenetz

Abbildung 36: Dominierender Energieträger (bezogen auf Wärmebedarf) auf Baublockebene

3.5 Anzahl der versorgten Gebäude

Aufbauend auf den Auswertungen zum Anteil der Energieträger am Wärmebedarf (siehe Abschnitt 3.4) wird in diesem Abschnitt die Anzahl der Gebäude nach Energieträger aufgewertet. Ausschlaggebend für diese Zuteilung ist hierbei der Energieträger, welcher für Raumwärme genutzt wird. Die Energieträger, die im Gebäude für Trinkwarmwasser oder als Einzelraumheizung genutzt werden, sind hierbei nicht Teil der Auswertung.

In Abbildung 37 ist die Anzahl der Gebäude nach Energieträger für die Stadt Kempen abgebildet. Von den insgesamt 9.739 beheizten Gebäuden in der Stadt Kempen werden 5.731 über den Energieträger Erdgas versorgt. Dies entspricht 59 %. 24 % der Gebäude werden über die verschiedenen Wärmenetze versorgt. Heizöl macht mit 812 Gebäuden knapp 8 % aus.

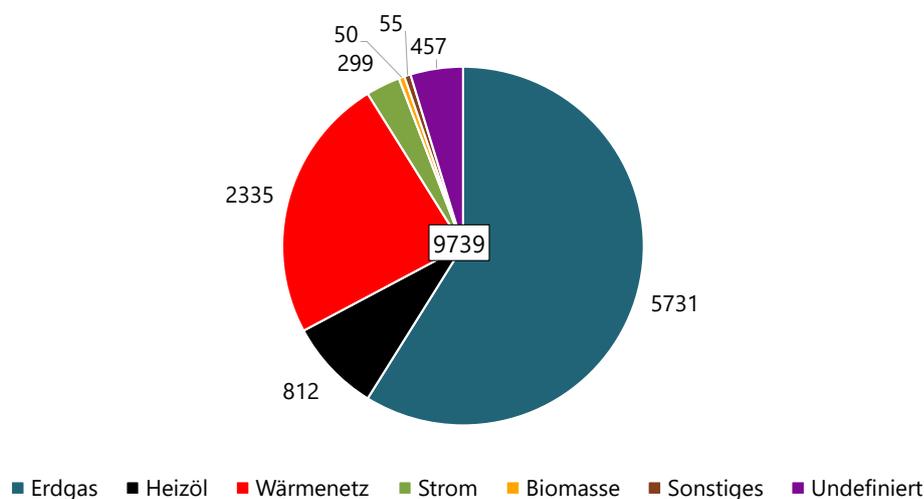


Abbildung 37: Anzahl Gebäude nach Energieträger

Die absolute Anzahl an Gebäuden, welche mit Erdgas zur Raumwärmebereitstellung versorgt werden, ist in Abbildung 38 dargestellt. In Anlehnung an Abbildung 21, Abbildung 29 sowie Abbildung 36 ist zu erkennen, dass in den meisten Baublöcken mindestens ein Gebäude Erdgas als Energieträger für die Raumwärmebereitstellung nutzt. Als Ausnahme ist der Nordwesten des Stadtteils Kempen sowie einzelne Baublöcke im ländlichen Bereich. Dies sind entsprechend primär Baublöcke, wo kein Gasnetz ausgebaut ist. In den Bereichen des Stadtteils Kempen, wo das Gasnetz gut ausgebaut ist, gibt es auch Baublöcke mit mehr als 50 und bis zu 97 Gebäuden, welche Erdgas zur Bereitstellung der Raumwärme nutzen.

Die Altersstruktur der Erdgasheizungen ist als Säulendiagramm in Abbildung 39 dargestellt⁸. Es ist zu erkennen, dass die Altersstruktur der Erdgasheizungen relativ homogen verteilt ist, wobei jedoch ein hoher Anteil älterer Heizungen vorliegt. 29 % der Heizungen sind bereits über 25 Jahre alt, während 28 % der Heizungen ein Alter zwischen 15 und 25 Jahren aufweisen. Knapp 7,5 % der Heizungen wurden seit 2021 eingebaut und sind, dementsprechend unter 5 Jahren alt. Aus der Altersstruktur lässt sich ableiten, dass ein nennenswerter Anteil an Heizungen in den nächsten Jahren getauscht werden müsste, wenn man von einer typischen Lebensdauer von 15 bis 25 Jahren (je nach Bauart der

⁸ Diese Auswertungen berücksichtigt nur die Heizungen, zu welchen ein Datum für die Inbetriebnahme bekannt ist.

Erdgasheizung) ausgeht. Gleichzeitig sind aber 25 % der Heizungen unter 10 Jahren alt und es ist kein Austausch in den nächsten Jahren zu erwarten.

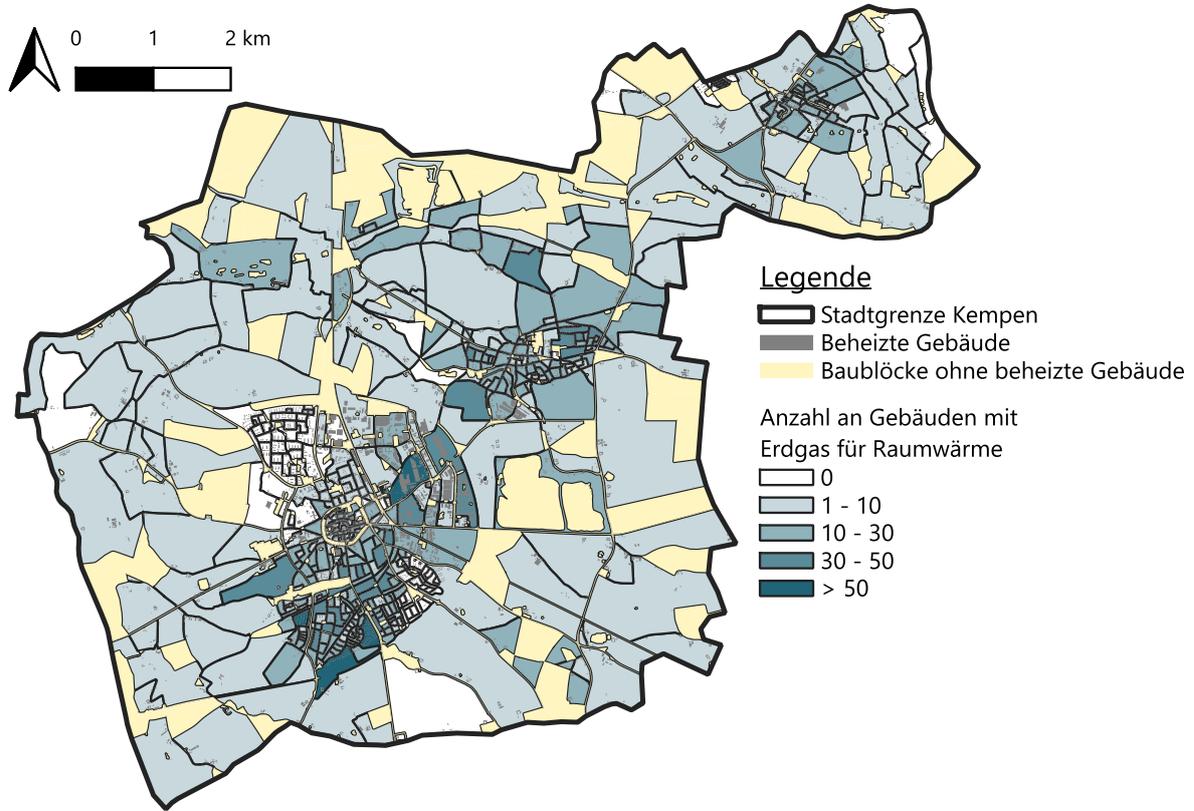


Abbildung 38: Anzahl der Gebäude mit Erdgas zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

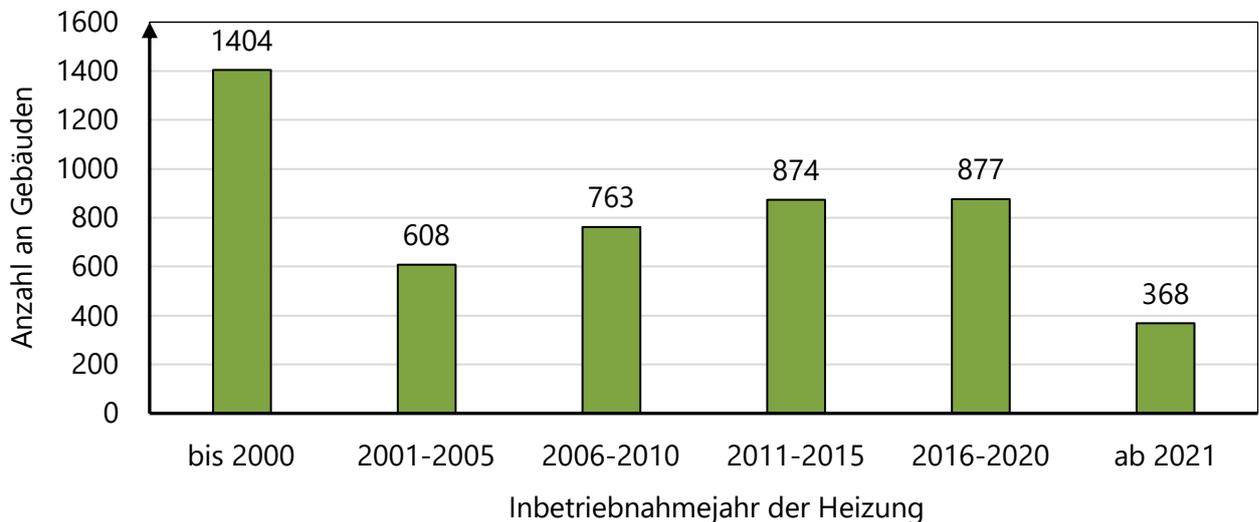


Abbildung 39: Altersstruktur der Erdgasheizungen

Die Anzahl an Gebäuden, welche Heizöl zur Raumwärmebereitstellung nutzen, ist in Abbildung 40 dargestellt. Wie auch in Abbildung 30 und Abbildung 36 zu sehen ist, spielt Heizöl in der Stadt Kempen insbesondere in den dünner besiedelten Teilen eine relevante Rolle. Die Gebäudeanzahl in diesen ländlichen Baublöcken ist jedoch in der Regel gering, sodass auch die absolute Anzahl an

Gebäuden mit Heizöl als Energieträger eher gering ist. Es ist in Abbildung 40 deutlich zu erkennen, dass auch die Baublöcke, in welchen Heizöl der dominante Energieträger ist, in der Regel weniger als 10 mit Heizöl versorgte Gebäude aufweisen. Insgesamt sind es nur zwei Baublöcke mit 12 bzw. 28 Gebäuden, welche Heizöl zur Raumwärmebereitstellung nutzen.

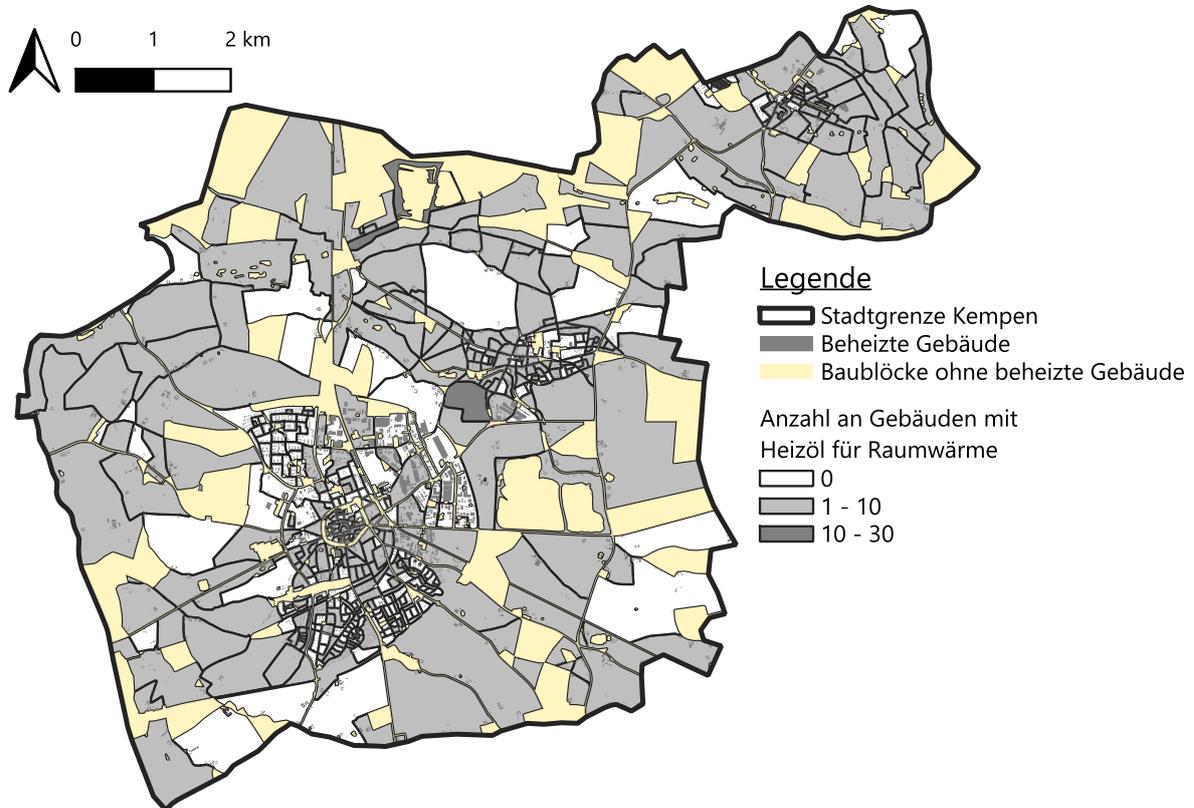


Abbildung 40: Anzahl der Gebäude mit Heizöl zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublöckebene

Die Altersstruktur der Ölheizungen ist als Säulendiagramm in Abbildung 41 dargestellt⁹. Es ist zu erkennen, dass die Altersstruktur sich von der Altersstruktur der Erdgasheizungen unterscheidet. 54 % der Heizungen sind bereits über 25 Jahre alt, während 31 % der Heizungen ein Alter zwischen 15 und 25 Jahren aufweisen. Seit 2021 wurden in der Stadt Kempen nur 17 neue Ölheizungen in Betrieb genommen. Aus der Altersstruktur lässt sich ableiten, dass ein nennenswerter Anteil an Heizungen in den nächsten Jahren getauscht werden müsste, wenn man von einer typischen Lebensdauer von 15 bis 30 Jahren (je nach Bauart der Ölheizung) ausgeht.

⁹ Diese Auswertungen berücksichtigt nur die Heizungen, zu welchen ein Datum für die Inbetriebnahme bekannt ist.

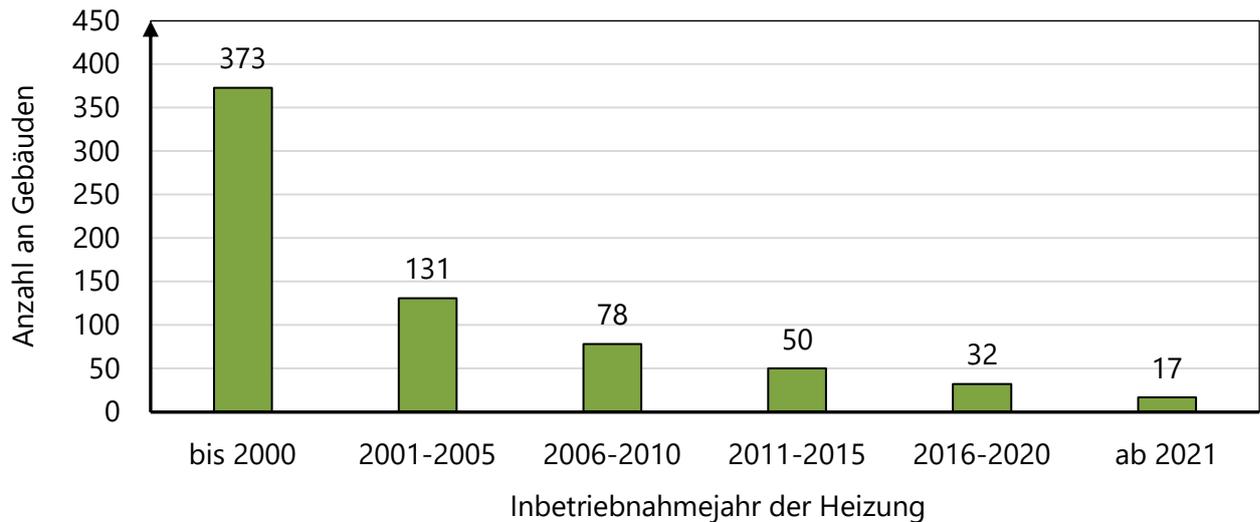


Abbildung 41: Altersstruktur der Ölheizungen

Wie bereits in Bezug auf Abbildung 37 beschrieben wurde, spielen Wärmenetze bezogen auf die versorgten Gebäude in der Stadt Kempen eine sehr wichtige Rolle. In Abbildung 42 ist die Anzahl an Gebäuden, welche über Wärmenetze mit Raumwärme versorgt werden, auf Baublockebene dargestellt. Wärmenetze stellen eine leitungsgebundene Wärmeversorgung dar, deren Wirtschaftlichkeit durch eine hohe Abnahme- und Anschlussdichte gewährleistet werden muss. Dementsprechend ist die Anzahl an Gebäuden, die an Wärmenetze angeschlossen sind, sehr hoch in den Bereichen wo Wärmenetze betrieben werden. Dies kann auch Abbildung 37 bestätigen, die zeigt, dass es sowohl im Norden und Süden des Stadtteils Kempen Baublöcke mit mehr als 50 Gebäuden gibt, die über das Wärmenetz mit Wärme versorgt werden.

Strombasierte Heizungen machen mit 299 Gebäuden knapp 3 % der gesamten Gebäudeanzahl aus. Die Verteilung auf die Baublöcke ist in Abbildung 43 dargestellt. Wie bereits in Bezug auf Abbildung 32 beschrieben, gibt es im Süden des Stadtteils Kempen einen etwas jüngeren Gebäudebestand, wo auch eine Vielzahl strombasierter Heizungen zum Einsatz kommen. Dies zeigt sich auf Baublockebene, da die einzigen 2 Baublöcke, welche mehr als 10 strombasierte Heizungen zur Raumwärmebereitstellung aufweisen, in diesem Teil des Stadtgebiets vorliegen. Ansonsten zeigt sich, dass sowohl in den ländlichen Teilen als auch den dicht besiedelten Teilen des Stadtgebiets vereinzelt strombasierte Heizungen verwendet werden.

Obwohl Biomasse knapp 3 % des Gesamtwärmebedarfs deckt, nutzen nur 1 % der Gebäude Biomasse-Heizungen zur Bereitstellung von Raumwärme, was wiederum 50 Gebäuden entspricht (siehe Abbildung 23 und Abbildung 37). Durch diese geringe Anzahl zeigt sich gemäß Abbildung 44 keine lokale Häufung an Gebäude mit Biomasse-Heizungen zur Bereitstellung von Raumwärme. Es gibt in der Stadt Kempen keinen Baublock mit mehr als drei Gebäuden mit Raumwärmebereitstellung durch Biomasse und auch nur drei Baublöcke mit mindestens zwei Biomasse-Heizungen.

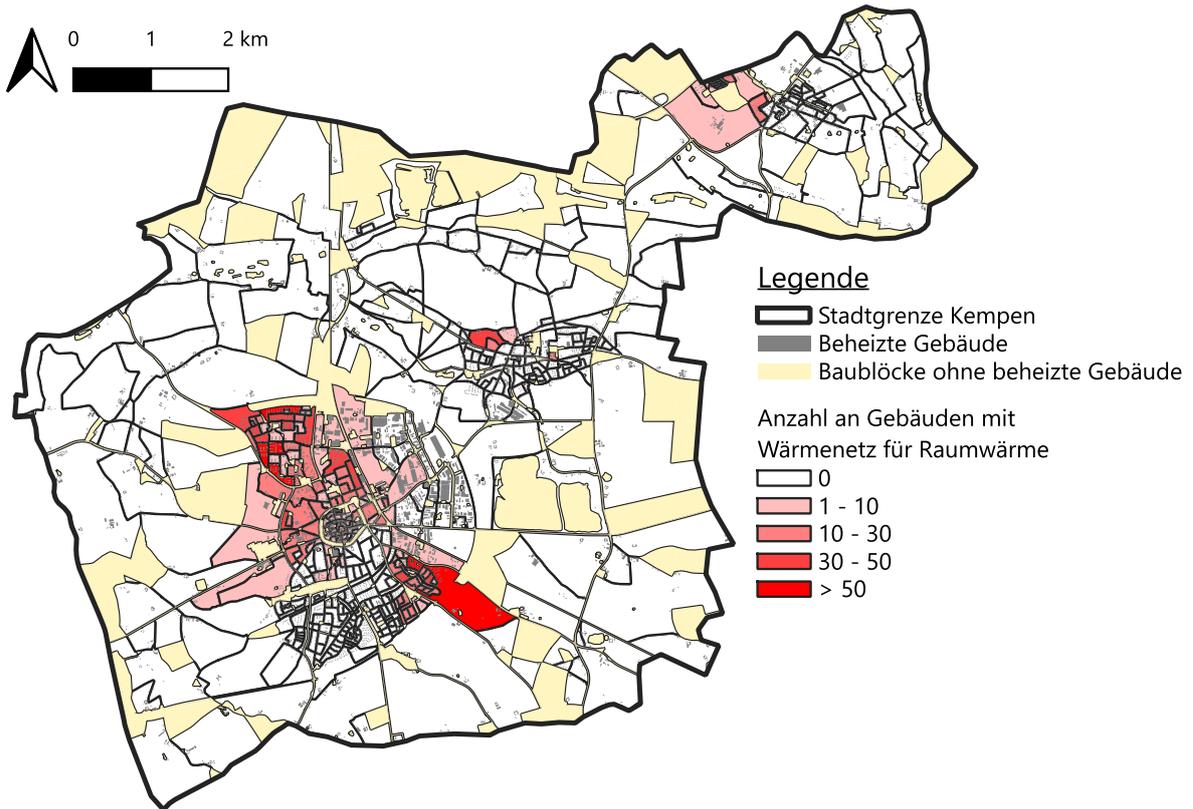


Abbildung 42: Anzahl der Gebäude mit Wärmenetzanschluss zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

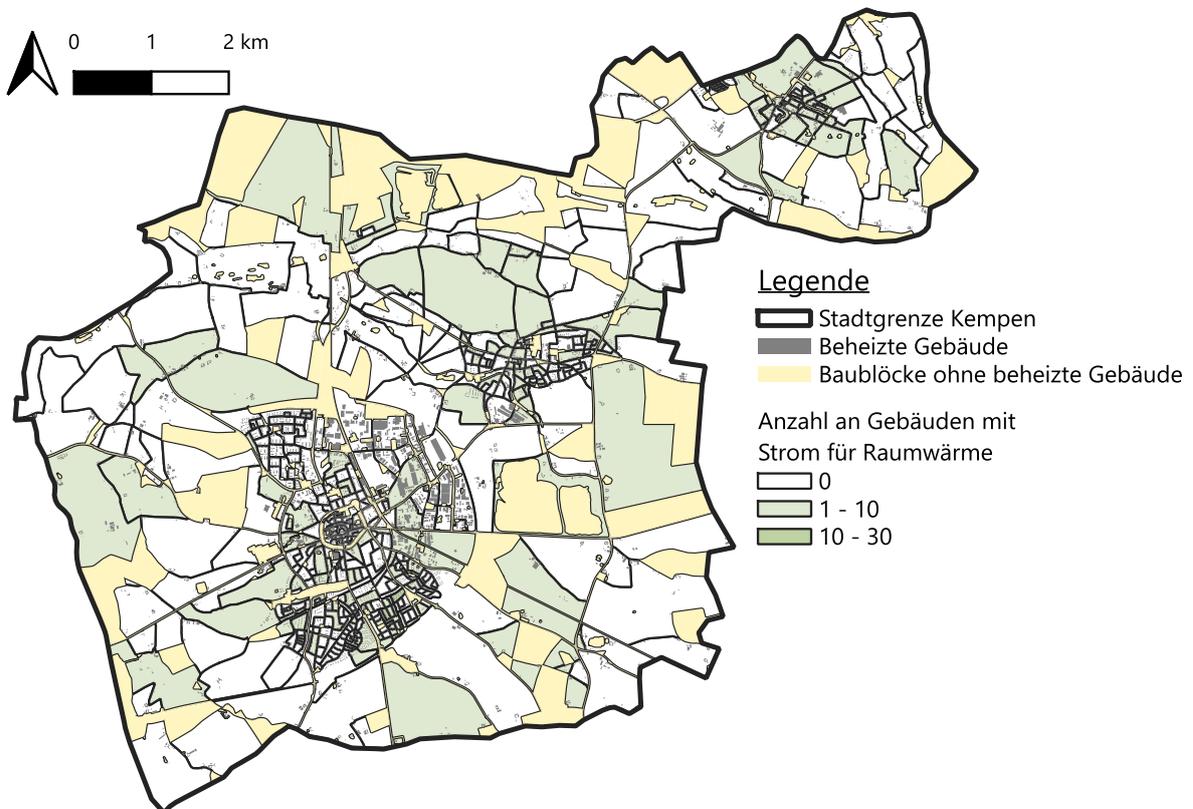


Abbildung 43: Anzahl der Gebäude mit Strom zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

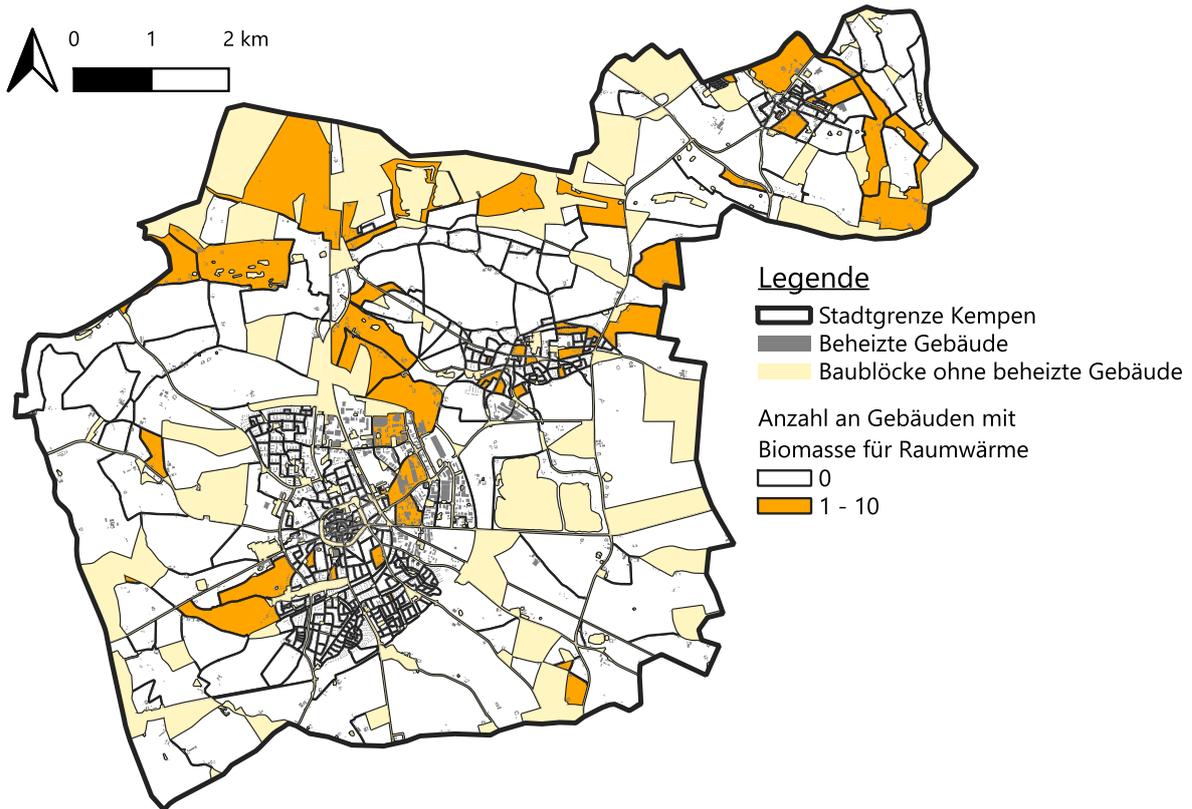


Abbildung 44: Anzahl der Gebäude mit Biomasse zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

Mit 55 versorgten Gebäuden, spielen die als „sonstige Energieträger“ definierten Energieträger nur eine geringe Rolle in der Wärmeversorgung in der Stadt Kempen. Vergleichbar zum Energieträger Öl finden sich diese sonstigen Energieträger, welche insbesondere von Flüssiggaslösungen repräsentiert werden, insbesondere in den ländlichen Teilen des Stadtgebiets wieder. Aufgrund der geringen Anzahl dieser Heizungen, zeigt sich in Abbildung 45, welche die absolute Anzahl auf Baublockebene darstellt, keine lokale Häufung dieser Heizungen. Auszunehmen wäre hierbei ein ländlich geprägter Baublock nordöstlich von Tönisberg, welcher 6 Gebäude aufweist, welche wiederum knapp 92 % des Wärmebedarfs in diesem Baublock ausmachen.

Anhand der bestehenden Datenlage konnte für 457 Gebäude kein Energieträger für den Raumwärmebedarf definiert werden, was wiederum knapp 5 % des Gebäudebestandes entspricht. In Abbildung 46 ist die absolute Anzahl von Gebäuden mit undefiniertem Energieträger für die Raumwärmebereitstellung je Baublock dargestellt. Abbildung 46 zeigt, dass der Großteil der Baublöcke, insbesondere im ländlichen Bereich, mindestens ein Gebäude mit undefiniertem Energieträger aufweist. Gleichzeitig gibt es aber auch nur zwei Baublöcke mit über 10 dieser Gebäude, was für eine insgesamt gute Datenqualität spricht.

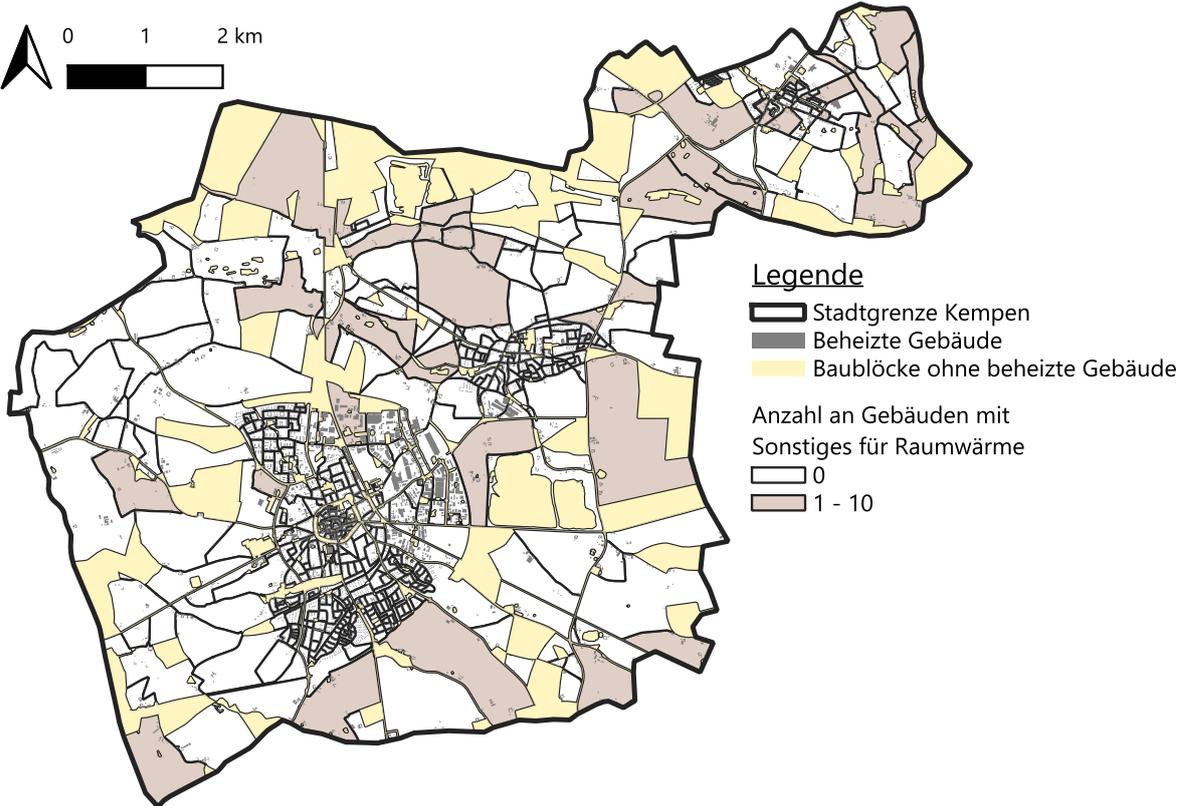


Abbildung 45: Anzahl der Gebäude mit sonstigem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

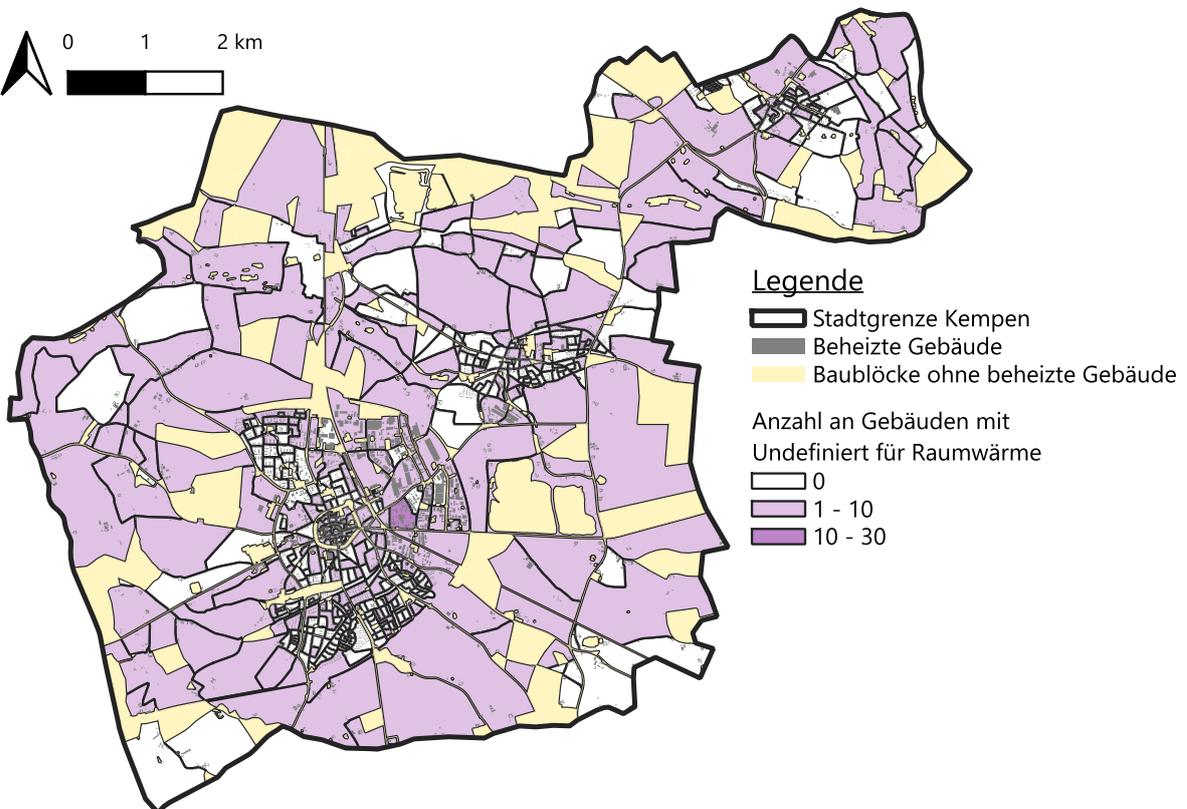
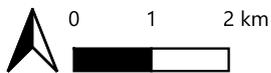


Abbildung 46: Anzahl der Gebäude mit undefiniertem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

3.6 Wärmebedarfsdichte und Großverbraucher

In diesem Abschnitt werden verschiedene Auswertungen zu Wärmebedarfsdichten thematisiert. Die Wärmebedarfsdichte gibt als Metrik an, wie hoch der Wärmebedarf in Bezug auf eine geometrische Bezugsgröße ist. Diese Bezugsgröße ist typischerweise entweder eine Fläche oder eine Länge. Wärmebedarfsdichten werden häufig genutzt, um die Eignung für den wirtschaftlichen Bau und Betrieb von Wärmenetzen abzuschätzen.

In Abbildung 47 ist die Wärmebedarfsdichte als Wärmeflächendichte auf Baublockebene dargestellt. Gemäß [26] muss die Wärmeflächendichte bei mindestens 175 MWh/ha liegen, damit eine Eignung für ein Niedertemperaturnetz bei Bestandsgebäuden vorliegt. Für eine Eignung konventioneller Wärmenetze sollte die Wärmeflächendichte mindestens 415 MWh/ha betragen. Abbildung 47 zeigt, dass in den ländlich geprägten Teilen der Stadt Kempen die Wärmeflächendichten unterhalb von 50 MWh/ha bzw. 100 MWh/ha liegen. In diesen Gebieten ist dementsprechend kein verbrauchsseitiges Potenzial für Wärmenetze vorhanden. In den Stadtteilen Kempen, St. Hubert und Tönisberg, welche eine dichtere Bebauung aufweisen, sind die Wärmeflächendichten deutlich höher. In großen Teilen dieser Stadtteile wird je Baublock eine Wärmeflächendichte von über 200 MWh/ha erreicht. Auch eine Wärmeflächendichte von mindestens 400 MWh/ha kann insbesondere in den Stadtteilen St. Hubert und Kempen erreicht werden. Insgesamt weisen 28,5 % aller Baublöcke im Stadtgebiet eine Wärmeflächendichte von mindestens 400 MWh/ha auf. Dementsprechend kann daraus geschlossen werden, dass verbrauchsseitig in Kempen ein grundsätzliches Potenzial für Wärmenetze besteht, was dadurch bestätigt wird, dass im Status quo bereits 5 Wärmenetze betrieben werden.

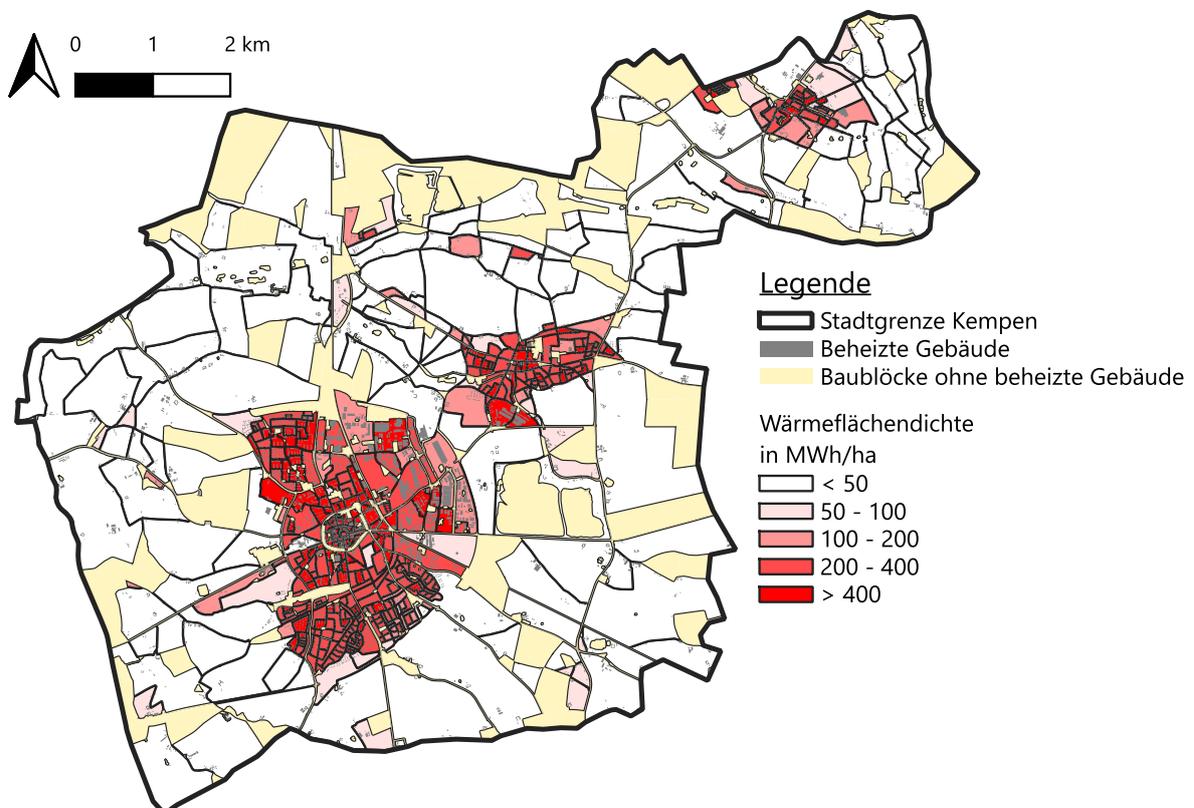


Abbildung 47: Wärmeflächendichte auf Baublockebene

Neben der Wärmeflächendichte ist die Wärmelinien-dichte die gängigste Metrik zur Angabe der Wärmebedarfsdichte. In Abbildung 48 ist die Wärmelinien-dichte auf Straßenzugabe-niveau für die Gemeinde Kempen dargestellt. Auch nach der Metrik der Wärmelinien-dichte liegen die Straßenabschnitte mit den höchsten Wärmebedarfsdichten in den Stadtteilen Kempen, St. Hubert und Tönisberg. Gemäß [27] wird für eine Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes im Gebäudebestand eine jährliche Wärmelinien-dichte von 2000 kWh/m mindestens vorgesehen. Anhand von Abbildung 48 ist zu sehen, dass in den beschriebenen Stadtteilen die jährlichen Wärmelinien-dichten in vielen Straßenabschnitten über 2000 kWh/m betragen, sodass auch nach der Metrik der Wärmelinien-dichte eine grundsätzliche Wärmenetz-zugabe aus der Verbrauchersicht bescheinigt werden kann.

Für die Stadt Kempen konnten insgesamt 69 Großverbraucher identifiziert werden. Als Großverbraucher werden Verbraucher bezeichnet, deren Wärmebedarf 500 MWh überschreitet. Hierbei handelt es sich primär um kommunale Gebäude (z.B. Schulen) als auch um Gebäude der Sektoren Industrie und GHD. Die Lokalisation dieser Großverbraucher auf Baublockebene ist in Abbildung 49 dargestellt. Grundsätzlich sind diese Großverbraucher im ganzen Stadtgebiet verteilt, sowohl im dünn als auch dicht bebauten Raum, jedoch befindet sich ein großer Anteil dieser Großverbraucher im Stadtteil Kempen. Diese Großverbraucher liegen primär im Westen (z.B. Krankenhaus und Schwimmbad) oder im Industriegebiet im Osten. In den ländlich geprägten Bereichen handelt es sich bei den Großverbrauchern insbesondere um landwirtschaftliche Betriebe und Gärtnereien.

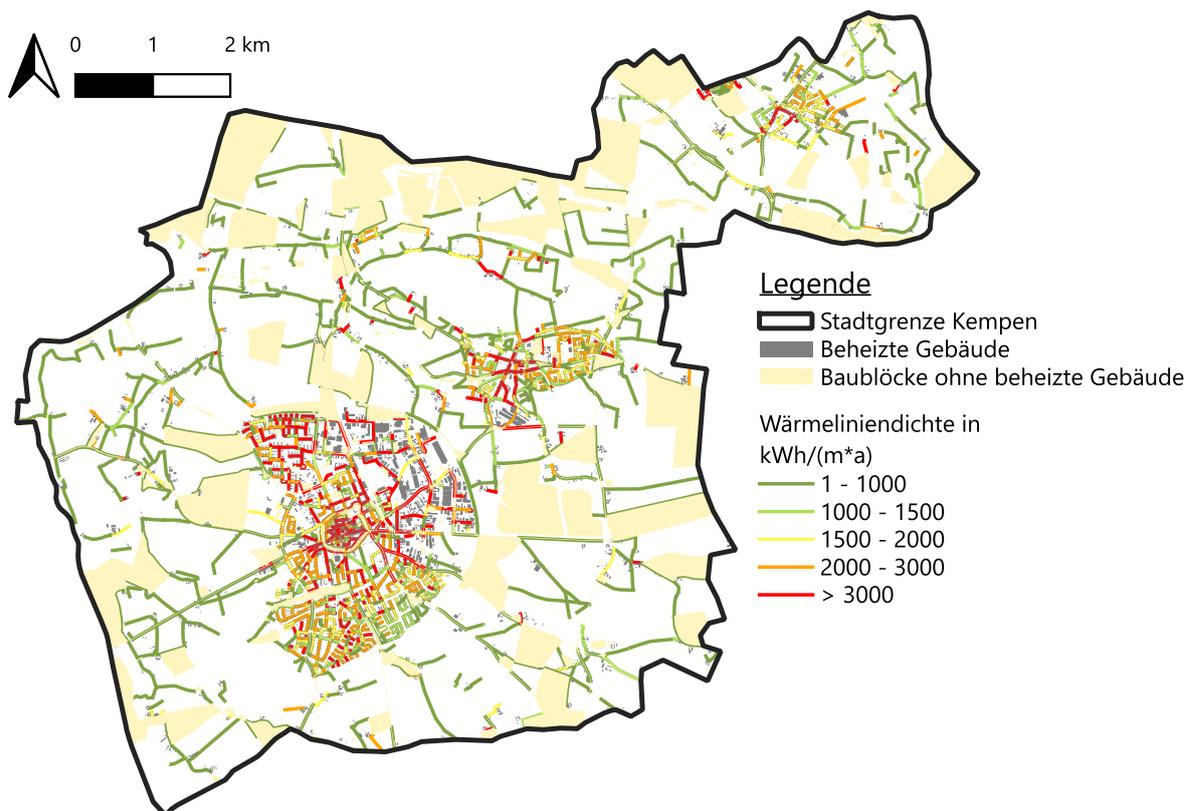


Abbildung 48: Wärmelinien-dichte auf Straßenzugabe-niveau

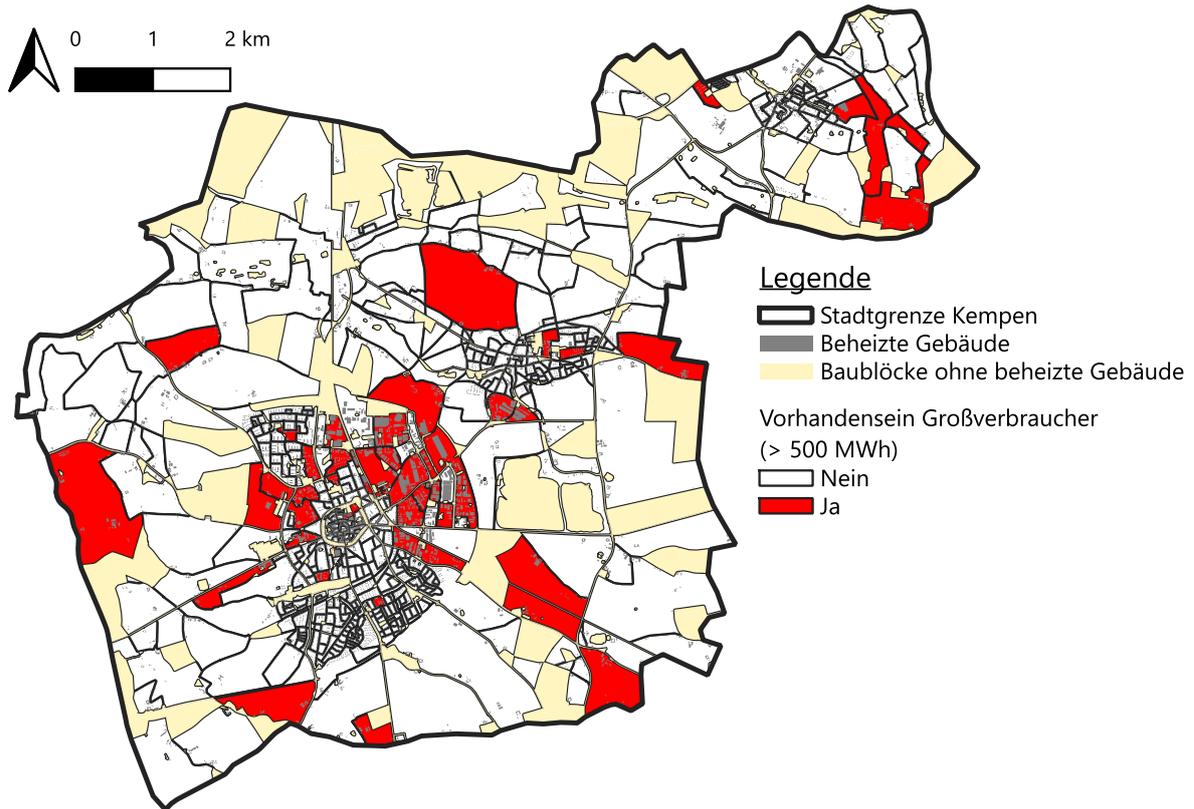


Abbildung 49: Lokalisation von Großverbrauchern auf Baublockebene

3.7 Anteil der Erneuerbaren Energien

Im folgenden Abschnitt wird der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung der Stadt Kempen in Abhängigkeit der Energieträger beschrieben. In Abbildung 50 ist dieser Anteil sowie der Anteil fossiler Energieträger als Säulendiagramm dargestellt.

Die Wärmebereitstellung in der Stadt Kempen ist geprägt vom öffentlichen Erdgasnetz sowie den Wärmenetzen, welche primär fossil betrieben werden. Dies sorgt dafür, dass mit 370,3 GWh die fossilen Energieträger 92,9 % des Wärmebedarfs ausmachen. Erneuerbare Energien wiederum machen dementsprechend mit 28,1 GWh 7,1 % aus. Diese wiederum werden beispielsweise über die strombasierten Heizungen sowie Biomasse bereitgestellt. Biomasse wird als nachwachsender Rohstoff hierbei als vollständig erneuerbar definiert. Der Strommix von Deutschland wird in dieser Berechnung mit einem EE-Anteil von 56 % angenommen [28]. Umweltwärme ist 100 % erneuerbar. Dies hat zur Folge, dass eine Stromdirektheizung mit 56 % erneuerbar angenommen wird und eine Wärmepumpe mit 85,3 %. Es ergibt sich dadurch über alle strombasierten Heizungen in der Stadt Kempen ein EE-Anteil von 69,9 %. Des Weiteren wird dieser Anteil durch die zu erwartende Steigerung des EE-Anteils im deutschen Strommix für die Bestandsheizungen weiter steigen.

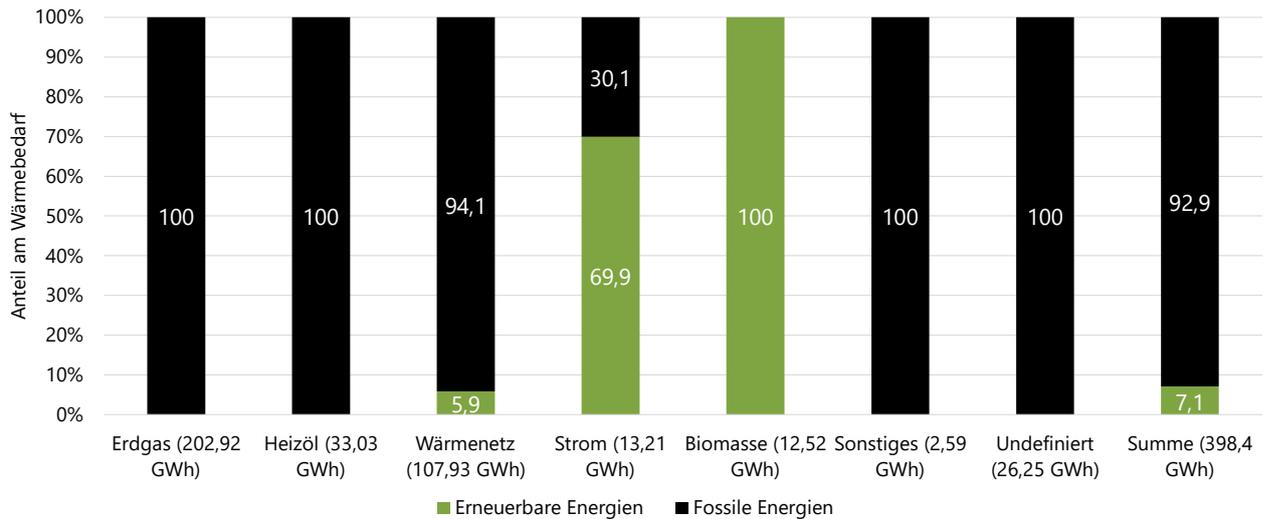


Abbildung 50: Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers

Besonderes Augenmerk muss bei der Thematik der Erneuerbaren Energien auf die Wärmenetze in Kempen gelegt werden, da eine gezielte Umstellung der genutzten Energieträger einen großen Einfluss auf den Anteil der Erneuerbaren Energien in der gesamten Kempener Wärmeversorgung hätte. Der aufgeschlüsselte Anteil an Erneuerbaren Energien für die Wärmenetze ist in Abbildung 51 dargestellt. Über alle Wärmenetze gesehen ist der EE-Anteil aktuell bei 6,4 GWh was 5,9 % entspricht. Das Wärmenetz im Stadtteil Kempen, was den Großteil des Wärmebedarfs, welche über Wärmenetze gedeckt wird, ausmacht, hat einen EE-Anteil von ebenfalls 5,9 %. Dieses wird primär über Erdgas und Biomethan versorgt.

Während das Wärmenetz am „Haus Padenberg“ nur Erneuerbare Energien (ausschließlich Biomechan) einsetzt, sind die Netze „Am Dixhof“ und an der „Wartsbergsiedlung“ vollständig fossil auf Basis von Erdgas. Das Wärmenetz „Auf dem Zanger“ kommt durch die Nutzung von Solar- und Geothermie auf einen EE-Anteil von 19,2 %.

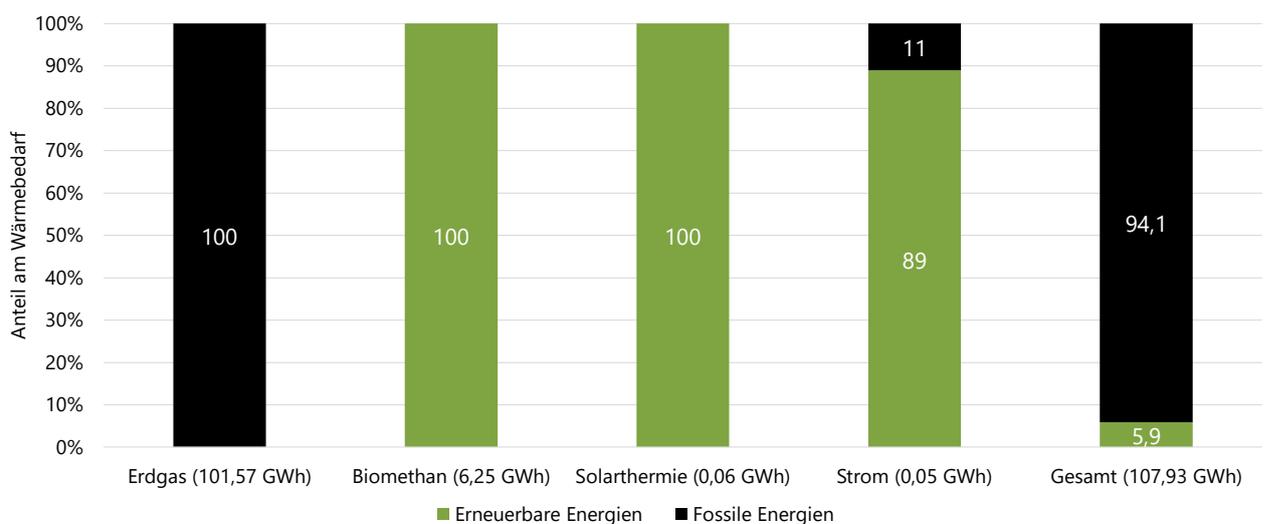


Abbildung 51: Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers (nur Wärmenetze)

3.8 Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Sektoren

Neben dem Anteil an Erneuerbaren Energien sind die absoluten Treibhausgasemissionen eine sehr wichtige Metrik, um die Klimafreundlichkeit der lokalen Wärmeversorgung und der jeweiligen Energieträger zu bewerten. Die Treibhausgasemissionen der Kempener Wärmeversorgung werden im Folgenden beschrieben (aufgeteilt auf Energieträger und Sektoren).

In Abbildung 52 sind die absoluten Treibhausgasemissionen (pro Jahr) der gesamten Wärmeversorgung über alle Verbrauchssektoren in Abhängigkeit der Energieträger abgebildet. Insgesamt liegen die jährlichen Treibhausgasemissionen bei 115,1 Tsd. t. Diesen entfallen zu 42 % auf Erdgas, zu 37 % auf die Wärmenetze, 9% auf Heizöl und zuletzt 12 % auf die übrigen Energieträger.

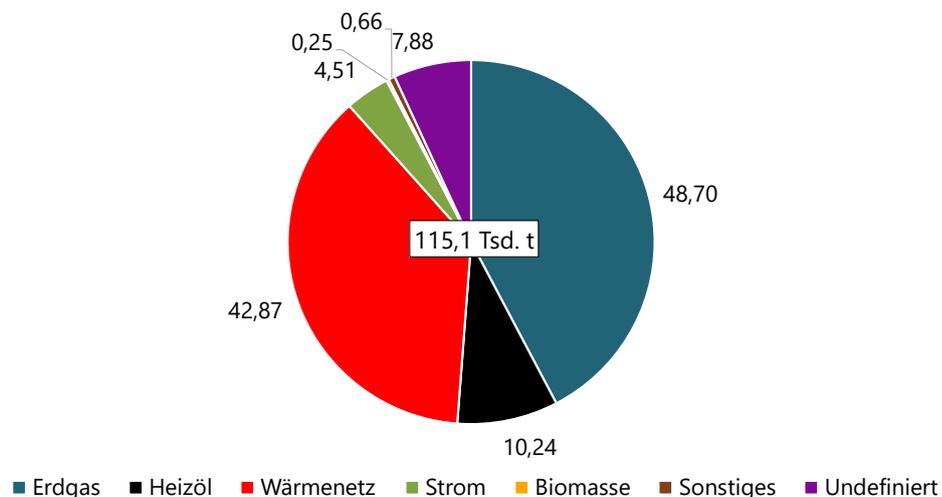


Abbildung 52: Jährliche Treibhausgasemissionen (alle Sektoren) in Tsd. t

Da der größte Anteil des Wärmebedarfs im Haushaltssektor liegt (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24) und die Energieträgerverteilung vergleichbar mit der gesamten Wärmeversorgung in der Stadt Kempen ist, macht der Haushaltssektor auch den größten Anteil der Treibhausgasemissionen. Die Treibhausgasemissionen des Haushaltssektors sind in Abhängigkeit der Energieträger in Abbildung 53 dargestellt. Insgesamt verursacht die Wärmeversorgung im Haushaltssektor 76,2 Tsd. t. an THG-Emissionen, was wiederum knapp 66 % der Gesamtemissionen des Wärmesektors entspricht.

Der GHD-Sektor macht mit 13,7 Tsd. t. 11,9 % der Treibhausgasemissionen aus (siehe Abbildung 55). Mit 6,37 Tsd. t machen hierbei die Wärmenetze mit 46 % den größten Anteil aus. Auch Erdgas verursacht mit 4,42 Tsd. t einen nennenswerten Anteil, der 32 % beträgt.

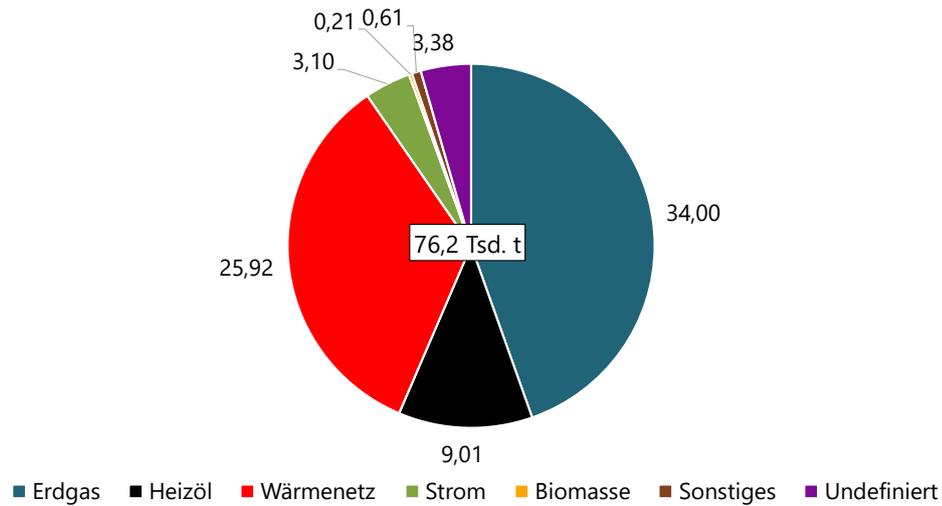


Abbildung 53: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Haushalte) in Tsd. t

Durch den geringen Wärmebedarf verursachen die kommunalen Gebäude nur 9,2 Tsd. t. Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 54). Wie in Abbildung 25 zu sehen ist, werden die kommunalen Gebäude insbesondere über die Wärmenetze beheizt, weshalb diese 83 % der entsprechenden Treibhausgasemissionen ausmachen. Erdgas verursacht weitere 16 % der Treibhausgasemissionen.

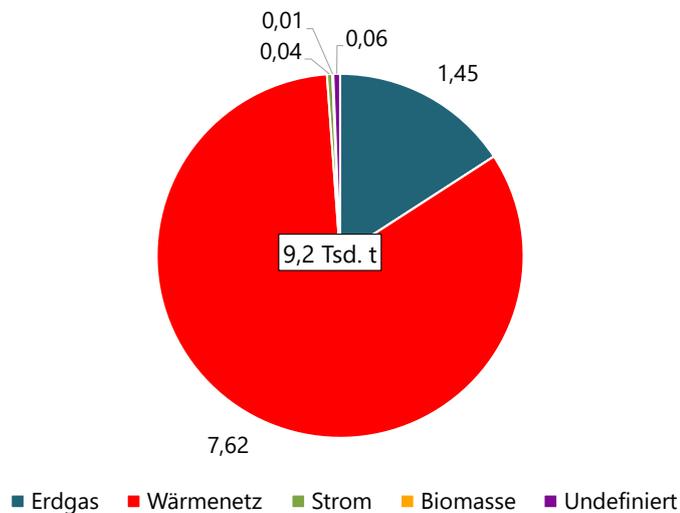


Abbildung 54: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Kommune) in Tsd. t

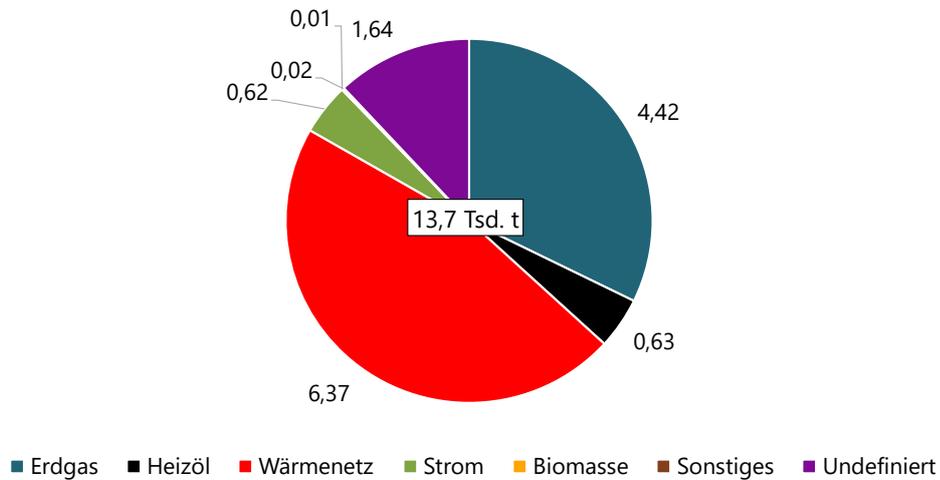


Abbildung 55: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor GHD) in Tsd. t

Zuletzt ist der Industrie-Sektor auszuwerten. Die verursachten Treibhausgasemissionen nach den Energieträgern sind in Abbildung 56 dargestellt. Obwohl der Wärmebedarf des Industrie-Sektors minimal höher ist im Vergleich zum GHD-Sektor (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27), sind die Treibhausgasemissionen mit 12,1 Tsd. t. signifikant niedriger. Dies ist dadurch begründet, dass im Industriesektor Erdgas der primäre Energieträger im Stadtgebiet ist, welches niedrigere Emissionsfaktoren aufweist als die Kempener Wärmenetze.

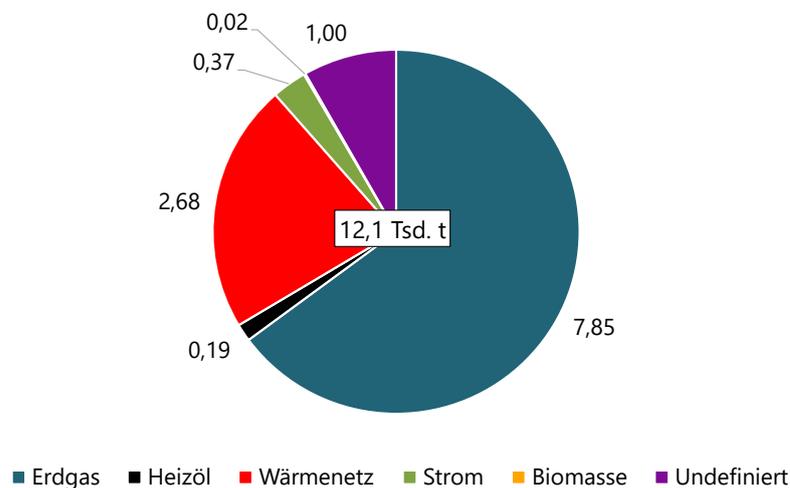


Abbildung 56: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Industrie) in Tsd. t

4 Potenzialanalyse

4.1 Allgemeines

Die Potenzialanalyse stellt einen entscheidenden Schritt in der kommunalen Wärmeplanung der Stadt Kempen dar und erfolgt in Übereinstimmung mit den Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes (WPG), insbesondere § 16. Auf Basis der vorangegangenen Bestandsanalyse, die den aktuellen Wärmebedarf sowie die bestehende Infrastruktur der Wärmeversorgung untersucht hat, liegt der Fokus der Potenzialanalyse auf der Identifikation und Bewertung der Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Ziel der Analyse ist es, Potenziale für eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung aufzuzeigen und so eine solide Grundlage für die zukünftige Energieversorgung der Stadt Kempen zu schaffen.

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Potenziale für erneuerbare Energien in Kempen untersucht und bewertet. Dabei umfasst die Analyse verschiedene Technologien und Energiequellen, darunter solare Potenziale wie Photovoltaik auf Freiflächen sowie die Nutzung von Solarthermie auf Dachflächen. Zusätzlich werden Möglichkeiten zur Energiegewinnung aus Biomasse, Gewässern und Abwasser berücksichtigt, ebenso wie die geothermische Eignung des Stadtgebiets. Die Bewertung dieser Potenziale ermöglicht eine umfassende Erfassung der energetischen Ressourcen der Stadt und bildet die Grundlage für die Entwicklung gezielter Maßnahmen zur Sicherstellung einer nachhaltigen Wärmeversorgung.

4.2 Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung

Die „Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung in Nordrhein-Westfalen“, erstellt im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, bietet eine erste grobe Übersicht über die erneuerbaren Energiepotenziale in der Region [16]. Ziel der Studie ist es, Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen im Bereich der Wärmeversorgung aufzuzeigen und Ansätze für die Wärmewende zu entwickeln.

Diese Studie dient als Orientierungsgrundlage, um regionale Ressourcen für die Wärmeerzeugung zu identifizieren. Die dargestellten Potenziale sind jedoch nicht als abschließende Bewertung zu verstehen, sondern müssen durch detaillierte Analysen weiter präzisiert und auf lokale Gegebenheiten angepasst werden. In der Stadt Kempen werden die im Rahmen der Studie ermittelten Möglichkeiten im weiteren Verlauf der kommunalen Wärmeplanung überprüft und hinsichtlich ihrer tatsächlichen Umsetzbarkeit bewertet. Die für Kempen relevanten Potenziale sind in Abbildung 57 dargestellt.

Für die Stadt Kempen wurden verschiedene Potenziale für eine nachhaltige Wärmeversorgung identifiziert. Insbesondere die solaren Potenziale, vor allem durch Flachkollektoren, weisen mit über 8.403 GWh/a ein enormes Potenzial auf, das maßgeblich zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs beitragen könnte. Dabei handelt es sich jedoch um ein theoretisches maximales Potenzial, das in der Praxis nicht vollständig ausgeschöpft werden kann (siehe Kapitel 4.4).

Weitere Potenziale ergeben sich aus der Nutzung von Abwärme, insbesondere durch industrielle Abwärme, die in verschiedenen Szenarien zunächst mit bis zu 18 GWh/a angesetzt wurde. Eine detaillierte Analyse in Kapitel 4.9 zeigt jedoch, dass das tatsächliche Potenzial deutlich geringer ausfällt und vorhandene Wärmequellen nur schwer erschlossen werden können. Seen liefern laut der Studie



ein zusätzliches Potenzial von etwa 21 GWh/a, das durch die Nutzung von Wärme aus stehenden Gewässern mithilfe von Wärmepumpen erschlossen werden kann (siehe Kapitel 4.5.2). Biomassequellen, wie die Nutzung von sonstiger Biomasse, könnten mit rund 21 GWh/a ebenfalls signifikant zur zukünftigen Wärmeversorgung beitragen. Darüber hinaus weist die oberflächennahe Geothermie, mit Bohrtiefen von bis zu 400 m mit etwa 355 GWh/a ein erhebliches Potenzial auf, das ebenfalls einen wesentlichen Beitrag leisten könnte. Ergänzend dazu bieten die mitteltiefe und tiefe Geothermie weitere Potenziale von insgesamt 91 GWh/a.

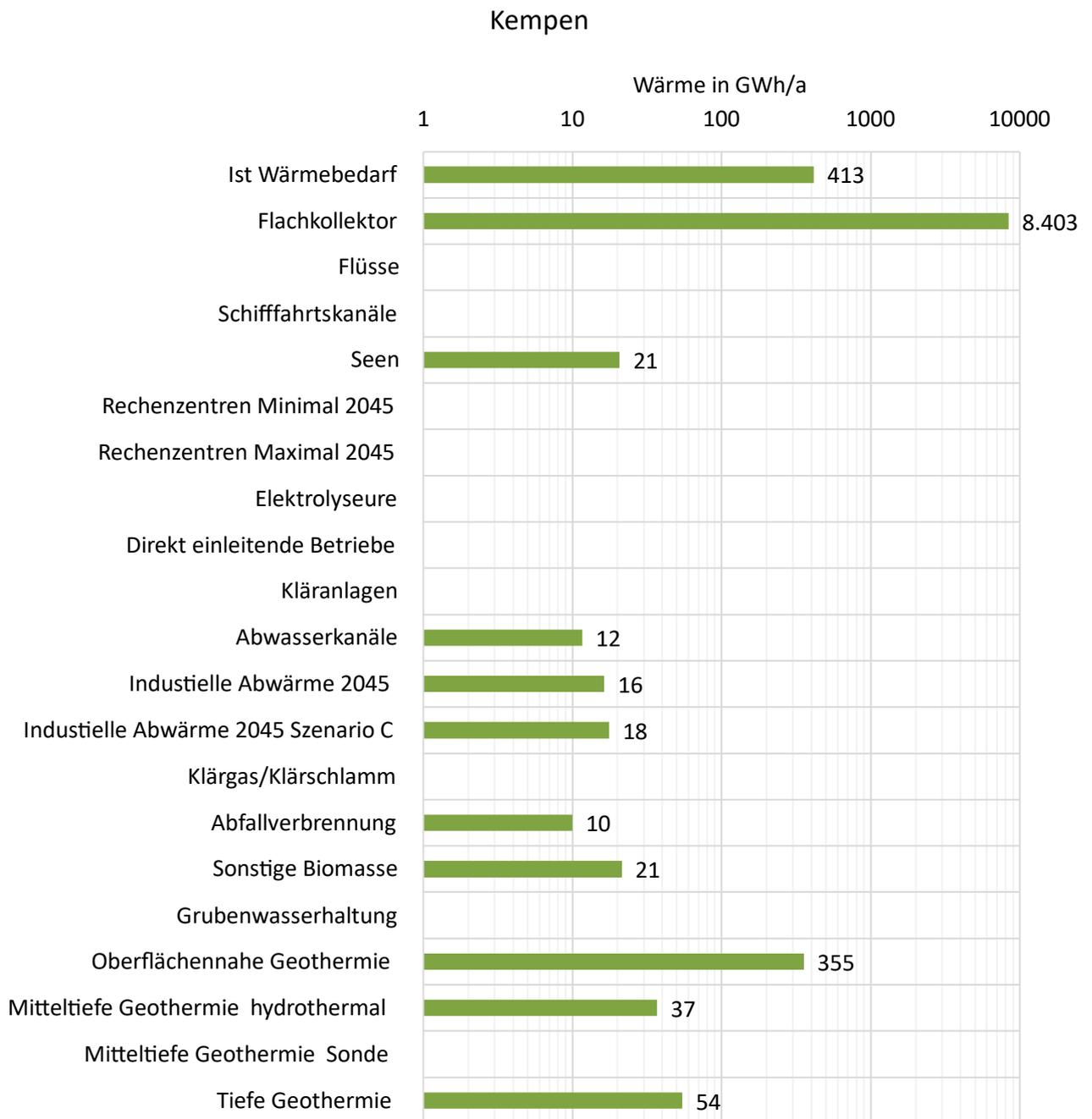


Abbildung 57: Potenziale erneuerbarer Wärmeerzeugung Kempen aus der Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung in NRW [16]

Die „Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung in Nordrhein-Westfalen“ stellt eine Übersicht über mögliche erneuerbare Wärmequellen in der Stadt Kempen dar und bildet die Grundlage für die weitere Planung und detaillierte Analyse dieser Potenziale.

4.3 Transformationsplan für das Kempener Wärmenetz

Der Transformationsplan für das bestehende Fernwärmenetz im Stadtteil Kempen verfolgt das Ziel, bis spätestens 2045 eine vollständige Dekarbonisierung zu erreichen. Dabei stehen erneuerbare Energien und innovative Technologien im Fokus. Die im Transformationsplan identifizierten Potenziale sind teilweise bereits detailliert ausgearbeitet. Eine Übersicht der Potenziale bietet Abbildung 58. Im Folgenden wird die geplante Umsetzung dieser Potenziale in Kürze zusammengefasst.

Zunächst soll der Einsatz von Blockheizkraftwerken (BHKW) und fossilen Kesseln schrittweise reduziert werden, während parallel dazu der Aufbau eines diversifizierten Erzeuger-Portfolios erfolgen soll. Dieses Maßnahmenpaket sieht die Nutzung mehrerer Wärmequellen vor, die den zukünftigen Energiebedarf mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien decken sollen. Dazu zählen unter anderem Luftwärmepumpen, die in mehreren Bauphasen installiert werden, sowie die Nutzung der Abwärme des Schwimmbads AquaSol. Die Integration einer neuen Biomasseanlage stellt eine weitere zentrale Maßnahme dar. Diese Maßnahmen sollen dazu beitragen, die fossilen Energieträger zu ersetzen und bis 2030 den Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmenetz auf über 30 % zu erhöhen.

Quelle	Außenluft	Biomasse	Abwärme	} Bis 2030 (30 % EE)
Ort	Freifläche neben dem HKW Otto-Schott-Straße	Neben bestehenden HKW	Aquasol	
Beispielbild				
Quelle	Oberflächennahe Geothermie	Seethermie	Rohwasser	
Ort	Viele Freiflächen Vorhanden	Königshütte See östlich von Kempen	Wasserwerk Hülsler Straße	
Beispielbild				

Abbildung 58: Übersicht der ermittelten Potenziale aus dem Transformationsplan für das bestehende Wärmenetz Kempen [17]

Nach 2030 sind ergänzend weitere Wärmepumpen geplant, die unterschiedliche Energiequellen wie Erdsonden, See- und Rohwasser nutzen. Diese Technologien sollen die Wärmeversorgung diversifizieren und die Ressourcennutzung optimieren. Außerdem steht die Integration eines Wärmespeichers zur Überbrückung von Zeiten mit sehr niedrigen Außenlufttemperaturen, an denen die Wärmepumpe nicht betrieben werden kann ohne stark zu vereisen, im Mittelpunkt.

Abschließend soll ein Wasserstoffkessel implementiert werden, der als Spitzenlasttechnologie zur Deckung von Lastspitzen dient. Dieser wird voraussichtlich in den letzten Jahren der Umstellung installiert, um das Wärmenetz bis 2045 vollständig klimaneutral zu gestalten. Der Transformationsplan



zeigt somit eine klare Roadmap auf, die sowohl ökologische als auch ökonomische Aspekte berücksichtigt. [17]

Im Rahmen der Kommunalen Wärmeplanung wird das gesamte Stadtgebiet analysiert, um die energetischen Potenziale umfassend zu bewerten. Einzelne Potenziale, die bereits im Transformationsplan detailliert untersucht wurden, werden in der folgenden Potenzialanalyse durch Verweise auf die entsprechenden Ergebnisse berücksichtigt.

4.4 Solare Wärme

Solarthermie und Photovoltaik sind zwei unterschiedliche Technologien zur Nutzung der Sonnenenergie, die jeweils für verschiedene Zwecke eingesetzt werden. Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenlicht in elektrischen Strom um. Dies geschieht durch Solarzellen, die in Modulen zusammengefasst sind. Der so erzeugte Strom kann entweder direkt verbraucht oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Solarthermie hingegen nutzt Sonnenkollektoren, um Wärme zu erzeugen, die direkt für die Warmwasserbereitung oder zur Unterstützung der Heizungsanlage verwendet wird. Diese Technologie eignet sich vor allem für Haushalte oder Unternehmen, die ihren Wärmebedarf teilweise durch erneuerbare Energie decken möchten. Beide Technologien können sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen installiert zu werden.

Für die Solarthermie ergibt sich gemäß den Ergebnissen aus [16] ein theoretisches Potenzial von 8.403 GWh pro Jahr bei ausschließlicher Nutzung von Flachkollektoren. Dieses Potenzial ist allerdings als theoretischer Maximalwert zu verstehen, da zahlreiche praktische Einschränkungen bestehen. Zur genaueren Einordnung zeigt Abbildung 59 eine Potenzialkarte, die ausschließlich Freiflächen berücksichtigt, welche keine Ausschlussflächen gemäß der Definition des Landesamtes für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen (LANUK) und den Vorgaben des Landesentwicklungsplans (LEP) darstellen [29] [30]. Als Ausschlussflächen gelten unter anderem Schutzgebiete, bebaute Flächen, Verkehrsflächen, Gewässer, Flächen unter Hochspannungsleitungen sowie weitere sensible Bereiche. Die Karte bildet somit eine planungsrechtlich abgestimmte Grundlage für die Identifikation grundsätzlich geeigneter Flächen zur Installation solarthermischer Freiflächenanlagen.

Zur besseren Bewertung der Flächeneignung wurde zusätzlich die Bodenqualität einbezogen. In der Karte sind Freiflächen mit einer Bodenwertzahl von 55 oder höher in brauner Farbe dargestellt (siehe Abbildung 59). Diese Flächen gelten als besonders ertragreich und sind vorrangig für die landwirtschaftliche Nutzung vorgesehen, weshalb ihre Nutzung für Solarthermieanlagen aus raumordnerischer und landwirtschaftlicher Sicht kritisch zu betrachten ist.

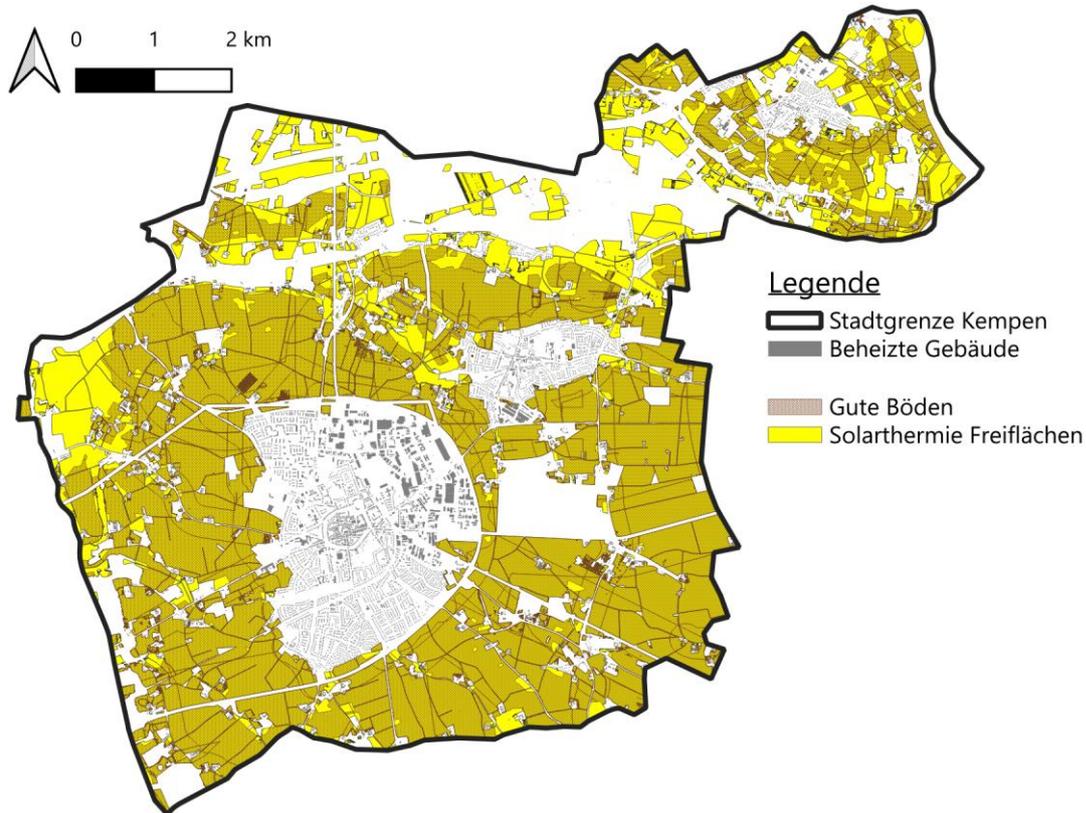


Abbildung 59: Potenziale für Freiflächensolaranlagen – nach LANUK und LEP [31]

Zusätzlich zu den Freiflächen bieten Solarthermie und Photovoltaik auf Dachflächen ebenfalls signifikante Potenziale zur Energieerzeugung. Die Installation von Solarkollektoren auf Dächern zur Wärmeenergieproduktion ist besonders für Wohnhäuser, Gewerbebauten oder öffentliche Gebäude interessant. Dies ist dadurch begründet, dass die Wärmeenergie vor Ort direkt genutzt werden kann. In Kempen könnten durch Solarthermie-Anlagen auf Dachflächen insgesamt 560 GWh Wärmeenergie pro Jahr erzeugt werden [18]. Des Weiteren könnten die zahlreichen Dachflächen von Wohn- und Gewerbegebäuden in Kempen für die Installation von PV-Modulen genutzt werden, was ein Gesamtpotenzial für den Stromertrag von etwa 170 GWh pro Jahr ergibt [20]. Gerade in dichter besiedelten Bereichen Kempens besteht ein hohes Potenzial für Photovoltaikanlagen auf Dachflächen. Das spezifische Dachflächenpotenzial ist in Abbildung 60 dargestellt. Die Darstellung zeigt, wie viel Energie pro Jahr in den einzelnen Baublöcken pro Quadratmeter generiert werden könnte, wobei die gesamte Fläche des jeweiligen Baublocks als Bezugsgröße dient. Dies ermöglicht eine vergleichende Betrachtung der PV-Nutzungspotenziale in unterschiedlichen Stadtbereichen. Für die Berechnung wurde ein Wirkungsgrad der PV-Module von 22 % angenommen [31].

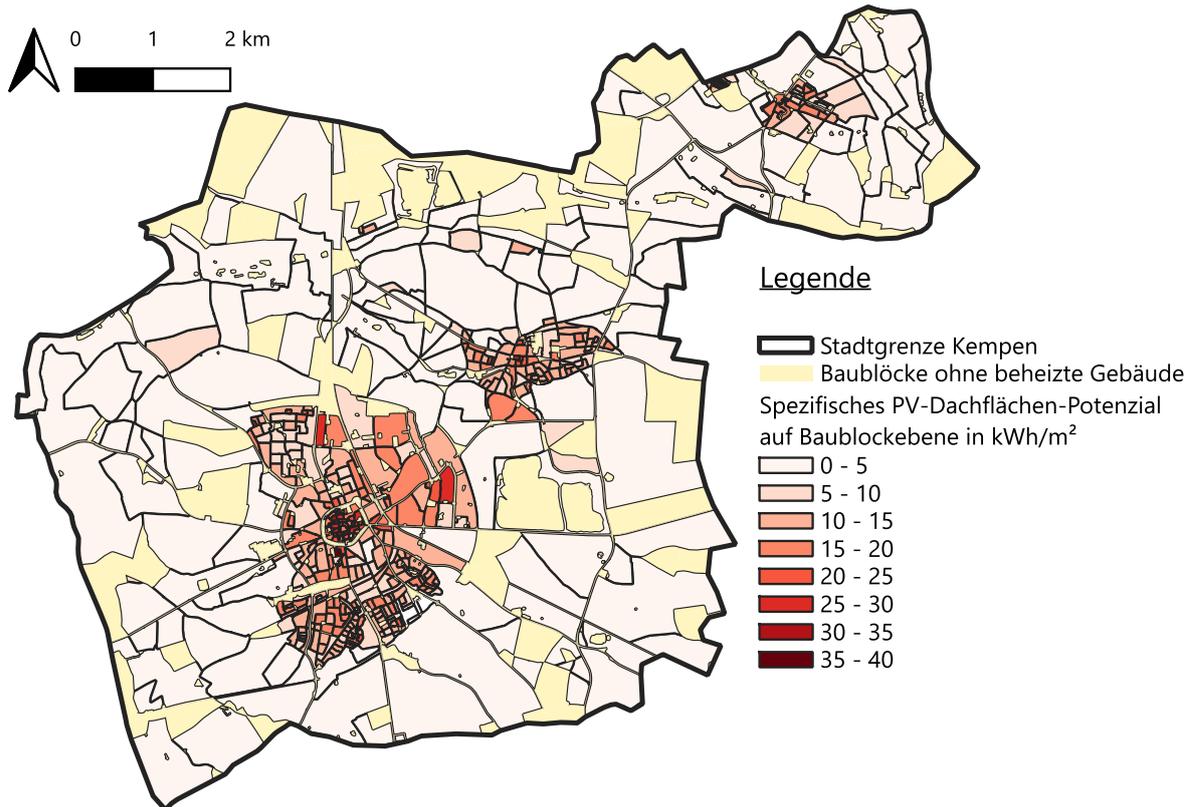


Abbildung 60: Spezifisches PV-Dachflächen-Potenzial auf Baublockebene in Kempen in kWh/m²

4.5 Gewässer

4.5.1 Fließgewässer

In Umgebung der Stadt Kempen befinden sich keine nennenswert großen Flüsse, die sich als Wärmequelle eignen würden.

4.5.2 Seethermie

Im Stadtgebiet von Kempen befindet sich der Königshütte See, der als potenzielle Wärmequelle für die thermische Nutzung in Betracht gezogen werden kann. Die Möglichkeit, den See als Energiequelle zu nutzen, wurde bereits ausführlich im Transformationsplan für Kempen analysiert. Dabei wurde der Königshütte See als eine potenzielle Wärmequelle für das bestehende Fernwärmenetz identifiziert.

Der Königshütte See ist ein Baggersee mit einer Fläche von etwa 610.000 m² und einem Wasservolumen von rund 9,15 Millionen Kubikmetern. Basierend auf der Temperaturdynamik des Sees ergibt sich bei einer möglichen Abkühlung des Wassers um 1 Kelvin ein theoretisches Wärmepotenzial von 10,65 GWh pro Jahr. Diese Berechnung basiert auf der spezifischen Wärmekapazität von Wasser, dem Volumen des Sees und der Temperaturabsenkung [17].

Neben dieser ersten Abschätzung aus dem Transformationsplan liegt eine detailliertere Untersuchung des Königshütte Sees vor, in der ein theoretisch nutzbares Potenzial von 166 GWh ermittelt wurde. Unter Berücksichtigung des Lastprofils des Wärmenetzes könnten davon bis zu 86 GWh durch Seethermie gedeckt werden. Diese Werte basieren auf Berechnungen nach den Vorgaben der



Bodenseerichtlinie [32]. Die tatsächliche Nutzbarkeit des gesamten Potenzials hängt jedoch von verschiedenen technischen, ökologischen und wirtschaftlichen Faktoren ab, sodass in der Praxis möglicherweise nur ein Teil davon realisiert werden kann. Dennoch zeigt die Untersuchung, dass die Seethermie ein erhebliches Potenzial für die Wärmeversorgung in Kempen bietet und eine vielversprechende Option für die zukünftige Nutzung darstellt.

4.6 Abwasser

Die potenzielle Nutzung von Abwasser als Wärmequelle wurde bereits im Transformationsplan untersucht. Dabei zeigt sich, dass die Stadt Kempen keine eigene Kläranlage betreibt und der Großteil des Abwassers zur Kläranlage Grefrath geleitet wird. Die biologische Reinigung in Grefrath erfordert Wassertemperaturen von mindestens 12 °C, was vor allem im Winter eine Wärmeentnahme aus dem Abwasser erschwert. Aus diesem Grund könnte das volle Potenzial des Abwassers in Kempen nur in den Sommermonaten ausgeschöpft werden. Eine Nutzung des Abwassers nach der biologischen Reinigung wäre theoretisch effizienter, ist jedoch aufgrund der Lage der Kläranlage außerhalb des Stadtgebiets von Kempen nur schwer umsetzbar.

Die Wärmestudie NRW schätzt das theoretische Potenzial für die Nutzung von Abwasser in Kempen auf etwa 12 GWh pro Jahr [16]. Die vorliegenden Messwerte aus den Jahren 2022 und 2023 zeigen einen jährlichen Abfluss von etwa 5 Millionen Kubikmetern. Bei einer Abkühlung der gesamten Wassermenge um 4 Grad könnte theoretisch ein Potenzial von über 22 GWh pro Jahr erzielt werden. Allerdings müssten dabei der Trockenwetterabfluss sowie die Vorgaben der Kläranlagenbetreiber zur maximal zulässigen Temperaturabsenkung berücksichtigt werden. Diese Rahmenbedingungen senken das tatsächlich nutzbare Potenzial erheblich, sodass die Schätzung der Wärmestudie NRW als realistische Obergrenze angesehen werden kann.

Insgesamt zeigt sich, dass zwar ein Potenzial zur Nutzung von Abwasser für die Wärmeversorgung vorhanden ist, die praktische Umsetzung jedoch durch technische, rechtliche und standortbezogene Einschränkungen stark begrenzt wird. Vor einer möglichen Implementierung müssten umfassende Abstimmungen mit den Betreibern der Kläranlage sowie detaillierte technische Planungen erfolgen.

4.7 Rohwasser

Die Nutzung von Rohwasser als Wärmequelle stellt eine vielversprechende Möglichkeit für die Wärmeversorgung in Kempen dar. Rohwasser ist unbehandeltes Grund- oder Oberflächenwasser, das vor der Aufbereitung und Verteilung als Trinkwasser aus natürlichen Quellen entnommen wird. Da es ganzjährig mit relativ konstanter Temperatur verfügbar ist, eignet es sich als Wärmequelle für Wärmepumpensysteme.

Der Transformationsplan analysiert das Potenzial dieser Technologie basierend auf den monatlich geförderten Rohwassermengen des Jahres 2022, die am Wasserwerk in der Hülser Straße (am östlichen Rand des Wärmenetzes) in einer Sammelleitung zusammengeführt werden. Aufgrund der konstanten jahresmittleren Temperatur des Rohwassers von etwa 11 °C bietet sich die Möglichkeit, mittels Wärmepumpentechnologie Heizenergie bereitzustellen.

Je nach Abkühlung des Rohwassers um 3 bis 4 Kelvin ergibt sich eine potenzielle jährliche Heizenergie von 10,6 bis 14,1 GWh bei einer maximalen Heizleistung der Wärmepumpe von etwa 1,25 bis 1,70 MW. Die Umsetzung dieser Technologie könnte einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen

Wärmeversorgung in Kempen leisten, indem sie eine kontinuierlich verfügbare und stabile Wärmequelle nutzt. [17]

4.8 Geothermie

4.8.1 Oberflächennahe Geothermie

Oberflächennahe Geothermie umfasst Bohrungen bis zu einer Tiefe von etwa 400 Metern, bei denen die im Erdreich gespeicherte Wärme für Heizungssysteme, insbesondere Wärmepumpen, genutzt wird. Diese Technologie ist besonders effizient in Kombination mit gut durchlässigen Böden und einer entsprechenden Wärmeleitfähigkeit. Die Nutzung von Geothermie in Overath bezieht sich hauptsächlich auf die oberflächennahe Geothermie, welche laut der Wärmestudie NRW ein Energiepotenzial von 355 GWh pro Jahr aufweist [16]. Das Potenzial ergibt sich aus einer Abschätzung, bei der geprüft wurde, ob auf den jeweiligen Grundstücken Geothermie möglich ist und welcher Anteil des Wärmebedarfs damit gedeckt werden kann. Neben den dezentralen Lösungen besteht auch ein Potenzial für großflächige geothermische Anlagen. Dieses hängt von den vorhandenen Flächen ab und muss individuell je nach Verfügbarkeit und Standortbedingungen ermittelt werden.

Im Osten von Kempen befinden sich Wasserschutzgebiete der Klassen 1, 2 und 3, die in Abbildung 61 dargestellt sind. Diese Schutzgebiete beeinflussen die Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie erheblich. In Zone 1, die unter den strengsten Schutz steht, sind geothermische Bohrungen vollständig verboten, um die Trinkwasservorkommen zu schützen. In Zone 2 dürfen Bohrungen nur unter strengen Auflagen erfolgen, während in Zone 3 geothermische Projekte prinzipiell möglich sind, jedoch Einschränkungen unterliegen, um eine Gefährdung des Trinkwassers zu vermeiden [21].

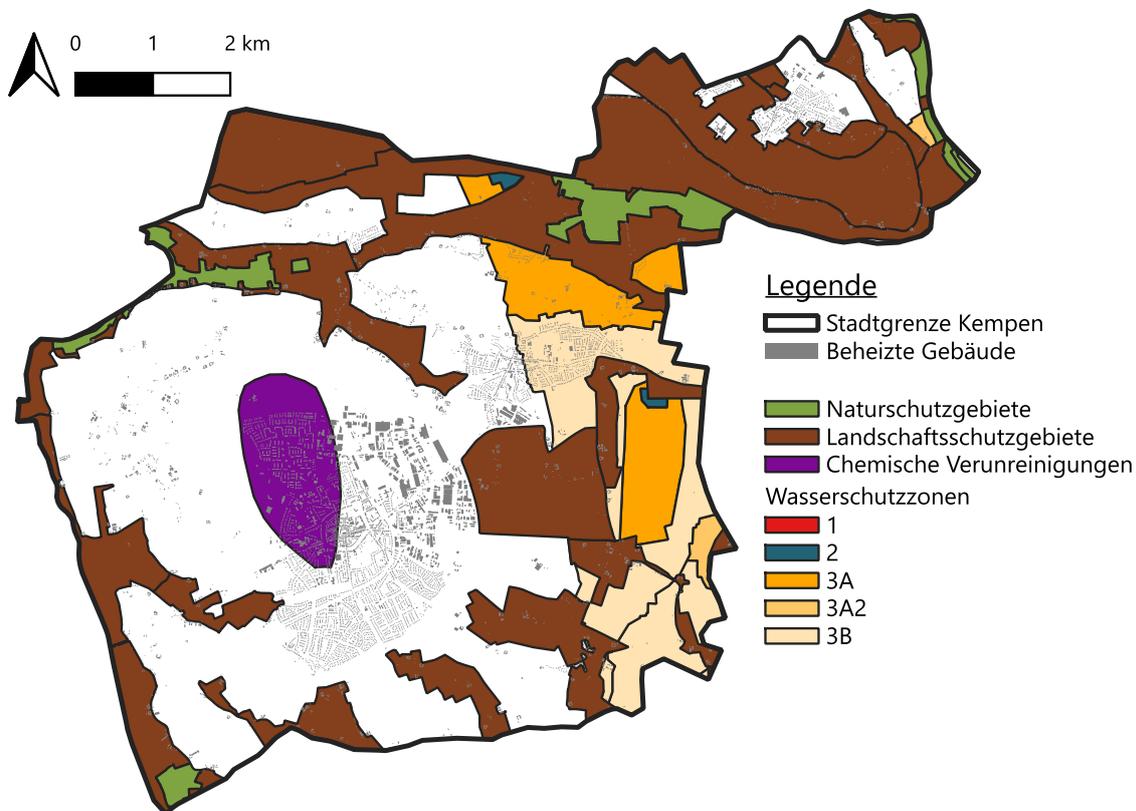


Abbildung 61: Oberflächennahe Geothermie: Gebiete mit Nutzungseinschränkungen

Naturschutzgebiete und Landschaftsschutzgebiete können die Nutzung von Geothermie ebenso einschränken. Ein weiteres Hindernis für die Nutzung der Geothermie stellt ein Bereich in der Nähe des Stadtkerns dar, in dem chemische Verunreinigungen des Grundwassers vorliegen. Diese Kontaminationen schränken das geothermische Potenzial in diesem Gebiet zusätzlich ein, wie ebenfalls in Abbildung 61 veranschaulicht wird.

Trotz einiger Nutzungseinschränkungen kann insgesamt festgehalten werden, dass oberflächennahe Geothermie eine wichtige Teillösung für die Wärmetransformation in Kempen darstellen kann, da die Böden in den entsprechenden Tiefen eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen und der Großteil der Fläche (insbesondere in der Nähe dichter Besiedlung) keine Ausschlussflächen aufweist.

Ein wichtiger technischer Faktor ist die Wärmeleitfähigkeit des Bodens, die in Abbildung 62 dokumentiert ist. Für den größten Teil des Stadtgebiets weist der Geologische Dienst NRW eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 2,5 und 2,9 W/mK für Sondertiefen von 40 bis 100 Metern aus. Im nördlichen Stadtgebiet ist die Wärmeleitfähigkeit mit Werten zwischen 2,0 und 2,4 W/mK etwas geringer, was die Effizienz der geothermischen Nutzung dort reduziert. [21]

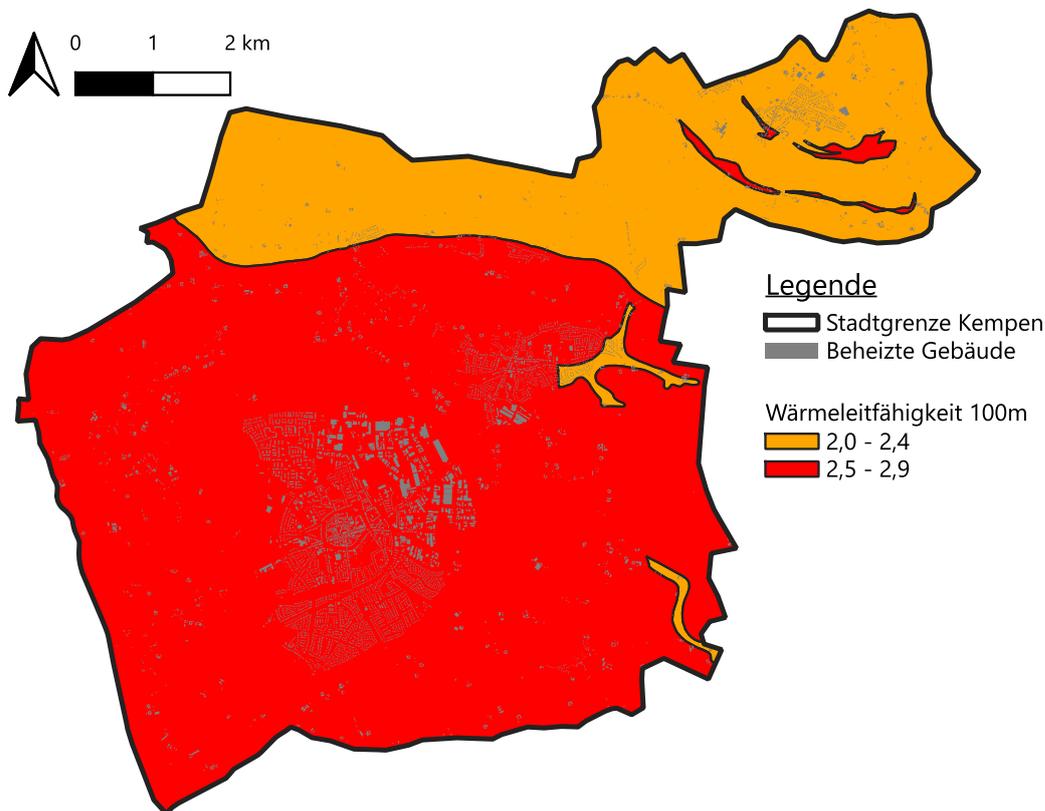


Abbildung 62: Oberflächennahe Geothermie: Wärmeleitfähigkeit des Bodens [21]

4.8.2 Mitteltiefe und tiefe Geothermie

Mitteltiefe und tiefe Geothermie nutzen Erdwärme aus größeren Tiefen zur Energiegewinnung. Während mitteltiefe Systeme in Tiefen von etwa 400 bis 1500 Metern vor allem zur direkten Wärmeversorgung genutzt werden, können tiefengeothermische Anlagen durch die höheren Temperaturen auch zur Stromerzeugung beitragen. Die Effizienz und Wirtschaftlichkeit dieser Technologie hängen maßgeblich von der geologischen Beschaffenheit des Untergrunds ab. Entscheidende Faktoren sind



die Durchlässigkeit und Ergiebigkeit der wasserführenden Gesteinsschichten sowie die Temperatur der geothermischen Reservoirs.

Die geologische Erkundung ist essenziell, da potenzielle Standorte von mitteltiefer und tiefer Geothermie nur schwer zu bewerten sind. Erkundungsbohrungen sind notwendig, um die tatsächliche Fündigkeit, Ergiebigkeit und Durchlässigkeit der Gesteinsschichten zu bestimmen. Die Kosten für eine solche Bohrung bis in 2000 Meter Tiefe belaufen sich auf rund fünf Millionen Euro. Vor einer Bohrung sind zudem seismische Untersuchungen erforderlich, die im hohen sechsstelligen Bereich liegen. Trotz Förderungen des Landes Nordrhein-Westfalen verbleibt ein finanzielles Restrisiko in Millionenhöhe.

Die Potenziale der mitteltiefen und tiefen Geothermie in Kempen wurden in zwei geologischen Gutachten untersucht, welche von den Stadtwerke Kempen in Auftrag gegeben wurden. Dabei wurden verschiedene historische Bohrungen sowie geologische Karten und ingenieurgeologische Daten ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass in den quartären und tertiären Schichten am Standort „Kempen-West“ grundsätzlich ausreichend Wassermengen vorhanden sein könnten, um eine geothermische Nutzung in mittleren Tiefen zu ermöglichen.

Für die tieferen karbonischen und devonischen Schichten besteht jedoch eine erhebliche Unsicherheit. Die geologischen Strukturen in diesen Formationen sind unklar, und selbst der Geologische Dienst NRW kann aufgrund der begrenzten Datenlage nur vage Aussagen zur Durchlässigkeit und Ergiebigkeit treffen [22]. In den bisherigen Bohrungen wurden weitgehend dichte Gesteinsschichten mit geringer oder stark variierender Wasserwegsamkeit festgestellt. Besonders problematisch ist, dass die entscheidenden Klüftungssysteme, die eine geothermische Nutzung ermöglichen könnten, in den vorliegenden Proben durch mineralische Zemente weitgehend verschlossen sind.

Aufgrund der hohen Unsicherheiten hinsichtlich der geologischen Gegebenheiten und der begrenzten Wasserdurchlässigkeit der tieferen Schichten ist eine wirtschaftlich tragfähige Nutzung der mitteltiefen und tiefen Geothermie in Kempen derzeit nicht realisierbar. Die vorhandenen Potenziale in den oberen tertiären und quartären Schichten könnten theoretisch genutzt werden, doch für tiefere Formationen sind die Risiken hinsichtlich der Fündigkeit, Ergiebigkeit und Durchlässigkeit erheblich.

Die erforderlichen Investitionen für Explorationsbohrungen und seismische Untersuchungen wären mit einem hohen finanziellen Risiko verbunden. Auch wenn Fördermittel zur Verfügung stehen, verbleiben erhebliche Kosten, die nur durch eine verlässliche Aussicht auf eine ausreichende geothermische Nutzung gerechtfertigt wären. Da sich aus den vorliegenden Gutachten jedoch keine eindeutigen Hinweise auf ergiebige wasserführende Schichten ableiten lassen, hat die Stadtwerke Kempen GmbH entschieden, mitteltiefe und tiefe Geothermie vorerst auszuschließen.

Das geothermische Potenzial ist somit theoretisch gegeben, doch die wirtschaftlichen und geologischen Risiken überwiegen. Eine weitere Untersuchung oder Umsetzung dieser Technologie ist unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht zielführend.

4.8.3 Aquifer-Wärmespeicher

Ein aquiferer Wärmespeicher nutzt natürliche, wasserführende Gesteinsschichten zur saisonalen Speicherung von Wärmeenergie. Überschüssige Wärme, beispielsweise aus industriellen Prozessen oder erneuerbaren Quellen wie Solarthermie, wird im Sommer in das Aquifer eingespeist und dort



gespeichert, um im Winter zur Beheizung von Gebäuden oder zur Unterstützung eines Fernwärmenetzes genutzt zu werden. Dieses System ermöglicht eine effiziente Nutzung regenerativer Energiequellen, verbessert die Versorgungssicherheit und reduziert den Bedarf an fossilen Energieträgern.

Untersuchungen im Rahmen des Transformationsplans für das Fernwärmenetz in Kempen zeigen, dass die geologischen Bedingungen in Tiefen zwischen 120 und 200 Metern besonders gut für die Implementierung eines Aquifer-Wärmespeichers geeignet sind. Die Grafenberger Schichten, die in dieser Tiefe anstehen, weisen eine hohe Durchlässigkeit und Wasserspeicherkapazität auf, was ideale Voraussetzungen für ein effizientes Wärmespeichersystem schafft. Je nach Größe des geplanten Speichers ergeben sich Speicherkapazitäten von 23.000 MWh bei einem Volumen von 500.000 Kubikmetern und einer Temperaturdifferenz von 30 Grad Celsius sowie 34.000 MWh bei einem Volumen von 750.000 Kubikmetern. Für die Umsetzung sind je nach endgültiger Auslegung zwischen sechs und neun Bohrungen erforderlich, um die notwendige Speicher- und Entnahmeleistung sicherzustellen.

Die Implementierung eines aquiferen Wärmespeichers in Kempen würde zahlreiche Vorteile bringen. Durch die saisonale Speicherung kann überschüssige Wärme aus dem Sommer effizient im Winter genutzt werden, was zu einer besseren Auslastung der Wärmeerzeugungsanlagen, einem verringerten Primärenergieeinsatz und langfristigen Kosteneinsparungen führt. Zudem trägt die Nutzung des Speichers zur Reduktion von CO₂-Emissionen bei, unterstützt die Integration erneuerbarer Energien und ist ein wichtiger Schritt in Richtung klimaneutraler Wärmeversorgung. Auch überschüssiger erneuerbarer Strom kann gezielt genutzt werden, um Wärme zu speichern, wodurch Schwankungen im Stromnetz ausgeglichen und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern weiter reduziert werden.

Die bisherigen Untersuchungen haben die technische Machbarkeit und geologische Eignung des Standorts bestätigt. Zur weiteren Umsetzung sind eine detaillierte Planung, die Einholung der erforderlichen Genehmigungen sowie eine erste Erkundungsbohrung vorgesehen, um die geologischen Verhältnisse am geplanten Standort weiter zu verifizieren und eine präzisere Bewertung der Speicherfähigkeit zu ermöglichen. Nach erfolgreicher Erkundungsphase folgt das Abteufen der weiteren Füll- und Entnahmebohrungen sowie die Integration in das Fernwärmesystem. Die Stadtwerke Kempen GmbH geht davon aus, dass die geologischen Bedingungen eine einmalige Chance bieten, die Energieversorgung in Kempen langfristig nachhaltiger und effizienter zu gestalten.

4.9 Industrielle Abwärme

Industrielle Abwärme stellt eine potenzielle Wärmequelle für die kommunale Wärmeversorgung in Kempen dar. Der Transformationsplan hat verschiedene Unternehmen identifiziert, die Abwärme für eine energetische Nutzung bereitstellen könnten. Die Standorte der Unternehmen sind in Abbildung 63 dargestellt.

Ein bedeutender Standort ist die Firma Wall Chemie in der Straße Am Selder 25, bei der durch exotherme chemische Prozesse Wärme freigesetzt wird. Ein bedeutender Standort ist die Firma Wall Chemie in der Straße Am Selder 25, bei der durch exotherme chemische Prozesse Wärme freigesetzt wird. Aufgrund der ungünstigen infrastrukturellen Anbindung an das bestehende Wärmenetz, insbesondere der erforderlichen Querung einer Bahnstrecke, sowie der fehlenden langfristigen

Zusicherung der Abwärme durch das Unternehmen erscheint eine Nutzung dieser Wärmequelle derzeit nicht umsetzbar.

Ein weiteres Unternehmen mit Abwärmepotenzial ist AquaSol an der Berliner Allee 53, wo Wärme aus den Filtrerrückspülungen der Schwimmbecken anfällt. Laut Transformationsplan kann durch den Einsatz einer Wärmepumpe mit einer Nennleistung von rund 170 kW und einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3 eine Wärmemenge von etwa 1.000 MWh pro Jahr nutzbar gemacht werden.

Zusätzlich existiert die Plattform für Abwärme der Bundesstelle für Energieeffizienz, die Unternehmen mit Abwärmepotenzialen erfasst. Für Kempen wird hier die H gelistet, die über ein geschätztes Abwärmepotenzial von etwa 2,5 GWh pro Jahr verfügt [33]. Die genaue Einbindung dieser Wärmequelle in ein lokales Wärmekonzept erfordert weitere Analysen, insbesondere hinsichtlich der Temperatur des Abwärmestroms, der technischen Nutzbarkeit und der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. In der Nähe dieses Standortes sind jedoch nur bedingt Gebäude mit einem entsprechenden Wärmeabsatz, sodass die Wirtschaftlichkeit für den Bau eines Wärmenetzes zur Versorgung der Bestandsgebäude eher fraglich ist.

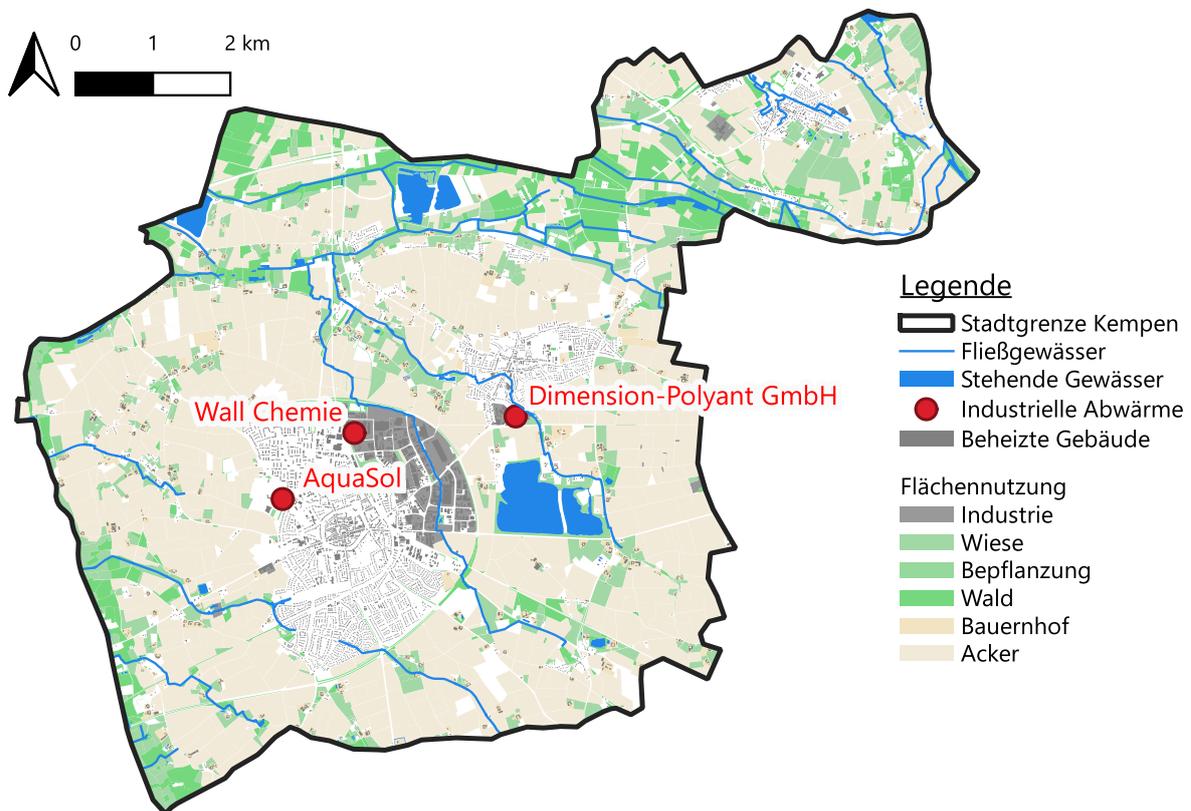


Abbildung 63: Standorte industrieller Abwärme

4.10 Biomasse

In der Wärmestudie NRW wurde ein Biomassepotenzial von 21 GWh für die zukünftige Wärmeversorgung ermittelt, das sich auf drei wesentliche Bereiche verteilt: Abfallwirtschaft, Forstwirtschaft und Landwirtschaft. In der Abfallwirtschaft bestehen geringe Potenziale insbesondere in Bio- und Grünabfällen. Darüber hinaus könnte Biomasse aus der Landschaftspflege und dem Straßenbegleitgrün zur Energieerzeugung genutzt werden, jedoch ist dieses Potenzial aufgrund logistischer Hürden



schwer zu erschließen. Viele der verbleibenden Stoffströme in diesem Bereich werden bereits heute umfangreich genutzt.

Für Kempen ist das energetische Potenzial aus der Forstwirtschaft äußerst gering, da es nahezu keine Waldflächen im Stadtgebiet gibt. Bereits auf Landesebene wird in Nordrhein-Westfalen mehr Holz energetisch genutzt, als nachhaltig geerntet werden kann, teils durch Importe gedeckt. In Kempen beschränken sich die Potenziale auf minimale Restmengen, die aus privaten, kaum bewirtschafteten Gehölzflächen stammen könnten. Hinzu kommen starke jährliche Schwankungen in der Verfügbarkeit von Schadholz, was eine nachhaltige Nutzung zusätzlich erschwert. Ein signifikanter Ausbau der forstwirtschaftlichen Potenziale ist daher nicht möglich.

Die größten Potenziale im Biomassebereich liegen in der Landwirtschaft. Ackerflächen machen in Kempen einen Anteil von über 50 % der Gesamtfläche aus. Der Ausbau könnte vor allem durch die verstärkte Nutzung von Wirtschaftsdüngern und Ernteabfällen erfolgen. Allerdings sind auch hier logistische und wirtschaftliche Herausforderungen zu überwinden, insbesondere im Hinblick auf die Sammlung und Verarbeitung dieser Stoffströme. Zudem müssen Nährstoffaspekte berücksichtigt werden, um die landwirtschaftlichen Böden nicht zu belasten.

Ein wesentliches Kriterium bei der Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse ist jedoch die Flächenkonkurrenz. Die in Kempen vorherrschenden Lössböden zählen zu den ertragreichsten Standorten für die landwirtschaftliche Produktion und werden vorrangig für die Erzeugung von Lebensmitteln genutzt. Vor diesem Hintergrund ist der großflächige Anbau von Energiepflanzen, insbesondere von Silomais für die Biogaserzeugung, kritisch zu bewerten, da er potenziell in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion tritt. Daher erscheint eine verstärkte Nutzung von Rest- und Koppelprodukten aus der Landwirtschaft als sinnvoller Ansatz, um bestehende Ressourcen effizient zu nutzen, ohne die Flächenverfügbarkeit für die Lebensmittelproduktion erheblich einzuschränken.

In der Kommunalen Wärmeplanung kann das Biomassepotenzial nicht weiter räumlich differenziert oder detaillierter spezifiziert werden. Daher dient der von der Wärmestudie NRW ermittelte Wert als grober Richtwert. Eine genauere Bestimmung der tatsächlich nutzbaren Biomassemengen wäre nur durch weiterführende Untersuchungen möglich, insbesondere im Hinblick auf Verfügbarkeit, wirtschaftliche Umsetzbarkeit und ökologische Auswirkungen. Zusätzlich wäre für die Nutzung der Biomasse der Bau und Betrieb einer entsprechenden Anlage erforderlich, was eine weitere Hürde hinsichtlich Investitionskosten, technischer Umsetzung und Genehmigungsverfahren darstellt.



5 Entwicklung der Zielszenarien

5.1 Allgemeines

Im Anschluss an die Bestands- und Potenzialanalyse wird die Entwicklung des Zielszenarios (inkl. voraussichtlicher Wärmeversorgungsgebiete) nach § 17 WPG bis § 19 WPG für eine (möglichst) klimaneutrale Wärmeversorgung durchgeführt. Dazu wird die Ausnutzung der ermittelten Potenziale für Energieeinsparung und erneuerbare Energien in einer Energie- und Treibhausgasbilanz nach Sektoren und Energieträgern dargestellt. Außerdem erfolgt eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur. Insbesondere soll eine Einteilung in Eignungsgebiete für Wärmenetze, Wasserstoff und dezentrale Einzelversorgung erfolgen.

Die Analyse wird in Form von Wärmevollkostenvergleichen für eine Anzahl typischer Versorgungsfälle durchgeführt. Dabei werden sowohl Einzelheizungen als auch eine Versorgung mit Wasserstoff oder über Wärmenetze untersucht unter Berücksichtigung von potenzieller Sanierung.

Biomasse und nicht-lokale Ressourcen sind effizient und ressourcenschonend sowie nach Maßgabe der Wirtschaftlichkeit nur dort in der Wärmeversorgung einzuplanen und einzusetzen, wo vertretbare Alternativen fehlen. Für die Nutzung von nicht-lokalen Ressourcen wird dargelegt, welche Umwelt- und Klimaauswirkungen dies zur Folge hat und welche ökonomischen Vorteile und Risiken sich für die Verbraucher im Vergleich zu Alternativen auf Basis lokaler erneuerbarer Energien (Wärmevollkosten inkl. Infrastrukturbeitrag) ergeben und wie die Versorgung infrastrukturell sichergestellt werden kann (z. B. Anbindung an Wasserstofftransport- und -verteilnetz).

5.2 Grundlagen zum Technologiewechsel

Der Technologiewechsel der Heizung ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Ein wesentlicher Aspekt ist die Machbarkeit im Gebäude sowie der Aufwand einer Umrüstung, insbesondere im Hinblick auf ggf. notwendige Sanierungsmaßnahmen, Vorlauftemperaturen und den benötigten Platz. Weiterhin spielen die Investitions- und Betriebskosten der neuen Technologie eine entscheidende Rolle, wobei auch mögliche Förderungen berücksichtigt werden müssen. Das Alter und der Zustand der bestehenden Heizungsanlagen beeinflussen ebenfalls den Zeitpunkt des Wechsels, da ältere oder defekte Anlagen eher ausgetauscht werden müssen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Verfügbarkeit von Netzinfrastruktur, die notwendig ist, um die neue Technologie effizient betreiben zu können. Die Verfügbarkeit und Lieferzeit von Anlagen sowie die Verfügbarkeit von Fachkräften sind ebenfalls von Bedeutung, da sie den zeitlichen Rahmen und die Durchführbarkeit der Umrüstung bestimmen. Schließlich müssen auch gesetzliche Vorgaben beachtet werden, wie etwa Restriktionen zur Nutzung fossiler Energieträger, die den Wechsel auf andere Heiztechnologien erzwingen können.

Zusammengefasst sind Technologiewechsel der Heizung abhängig von folgenden Faktoren:

- Machbarkeit im Gebäude bzw. Aufwand einer Umrüstung (insbesondere durch Sanierung, Vorlauftemperaturen, Platzbedarf)
- Investitions- und Betriebskosten (inkl. Förderungen) der neuen Technologie
- Alter bzw. Zustand der bestehenden Heizungsanlagen (Einfluss auf den Wechselzeitpunkt)

- Verfügbarkeit von Netzinfrastruktur
- Verfügbarkeit, Lieferzeit von Anlagen sowie Fachkräfteverfügbarkeit

Grundsätzlich gibt es mehrere denkbare Optionen, die für die Wärmeversorgung in der Stadt Kempen grundlegend infrage kommen. Das Venn-Diagramm in Abbildung 64 zeigt die Eignung von Gebäuden für verschiedene Wärmetechnologien und deren Verbreitung auf qualitativer Ebene. Es illustriert die Menge der Gebäude, die für jede Technologie geeignet sind, und zeigt Überschneidungen zwischen den Technologien.

Fossile Heizungen, wie Gas- oder Ölheizungen, sind in der Regel in jedem Bestandsgebäude möglich (Erdgasheizungen setzen die notwendige Netzinfrastruktur voraus). Das bedeutet, dass diese Technologie weit verbreitet und universell einsetzbar ist. Insofern diese Energieträger synthetisch aus erneuerbaren Energien gewonnen werden, sind diese als klimaneutrale Lösung vorstellbar. Wärmepumpen sind in vielen Gebäuden nutzbar, insbesondere nach einer Sanierung. Sie bieten eine flexible und umweltfreundliche Heizlösung. Wärmenetze sind in gewissen Gebieten möglich, insbesondere in dicht besiedelten oder zentralen Bereichen, wo eine zentrale Wärmequelle effizient genutzt werden kann. Hybrid-Heizungen, die sowohl Wärmepumpen als auch andere Wärmequellen kombinieren, wären in vielen Gebäuden möglich und bieten eine flexible Lösung für verschiedene Bedarfssituationen. Biomasseheizungen stellen eine dezentrale Alternative dar, die besonders im ländlichen Raum relevant ist. Sie nutzen organische Materialien zur Wärmeerzeugung. Die Rohstoffverfügbarkeit schränkt hierbei jedoch die flächendeckende Nutzung von Biomasseheizungen ein.

Das Diagramm zeigt auch die Überschneidungen zwischen den Technologien. Zum Beispiel können sowohl Wärmepumpen als auch Hybrid-Heizungen in vielen Fällen eine Option darstellen. Auch die Kombination von Wärmepumpen mit Wärmenetzen kann sinnvoll sein, wo die Infrastruktur dies zulässt. Insgesamt verdeutlicht das Diagramm die Vielfalt der verfügbaren Wärmetechnologien und die Notwendigkeit, je nach Gebäudetyp und Standort die passende Lösung zu wählen.

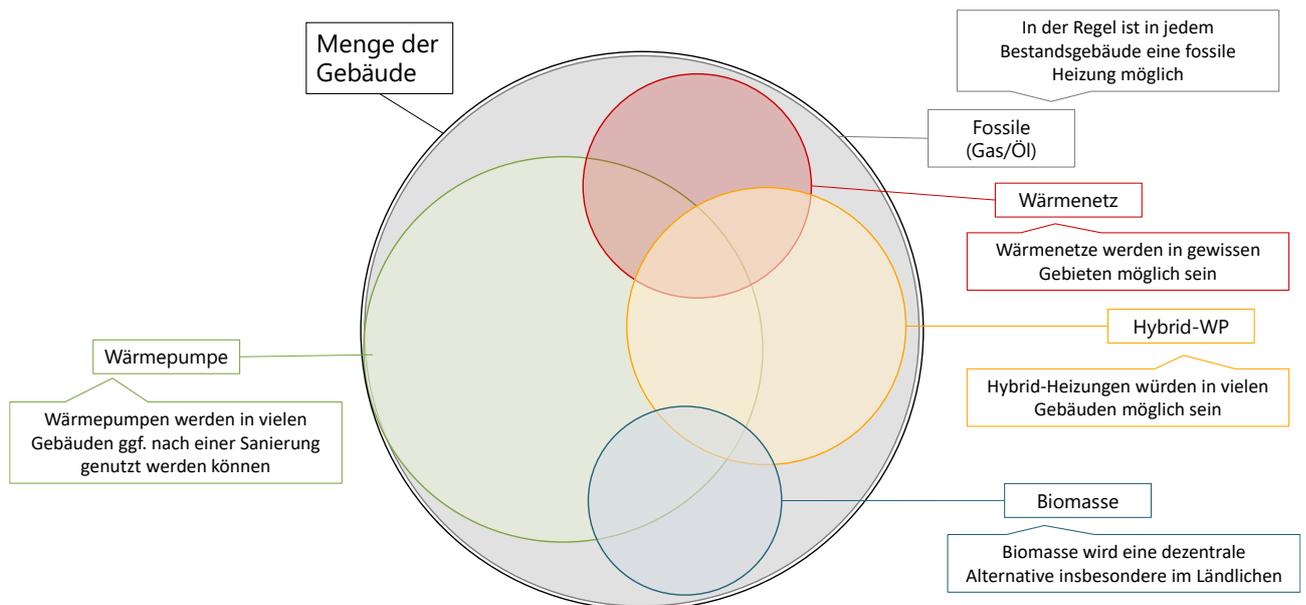


Abbildung 64: Lösungsraum der Wärmetechnologien

5.3 Auswirkungen der Sanierung

Um die Wärmewende in der Stadt Kempen erfolgreich voranzutreiben, ist sowohl die Umstellung auf erneuerbare Energien in der Wärmeversorgung als auch eine umfassende energetische Sanierung bestehender Gebäude unerlässlich. Um die Gebäude effizient und wirtschaftlich zu sanieren, werden drei Sanierungsklassen definiert. Jede Sanierungsklasse beschreibt verschiedene Maßnahmenpakete und deren wirtschaftliche Auswirkungen. Darüber hinaus wird die Notwendigkeit von Förderungen hervorgehoben, um die finanzielle Belastung für die Eigentümer zu minimieren und die Sanierung attraktiv zu machen.

5.3.1 Sanierungsklassen

Die energetische Sanierung bestehender Gebäude ist ein zentraler Baustein der kommunalen Wärmeplanung in der Stadt Kempen. In Tabelle 10 ist eine Übersicht der betrachteten Sanierungsklassen dargestellt. Durch die Definition und Umsetzung der drei Sanierungsklassen wird eine Struktur geschaffen, die es ermöglicht, Gebäude je nach Bedarf und finanziellen Möglichkeiten effizient zu sanieren. Förderprogramme sind dabei unerlässlich, um die finanziellen Hürden zu senken und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen zu erhöhen. So kann langfristig eine nachhaltige und klimafreundliche Wärmeversorgung sichergestellt werden.

Tabelle 10: Betrachtete Sanierungsklassen

Sanierungs-klasse	1: Geringintensive Sanierung	2: Mittlintensive Sanierung	3: Tiefgreifende Sanierung
Maßnah-men	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch alter Heizkörperventile gegen thermostatische Ventile - Durchführung kleinerer Abdichtungsarbeiten an Fenstern und Türen - Installation von Heizkörperreflektoren hinter alten Heizkörpern - Einbau von programmierbaren Heizungssteuerungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch der Heizungsanlage durch eine Wärmepumpe oder ein Biomasseheizsystem - Vollständige Dämmung der Außenwände und des Dachs - Austausch alter Fenster gegen moderne, dreifach verglaste Fenster 	<ul style="list-style-type: none"> - Komplettsanierung des Gebäudes auf Passivhaus-Standard - Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung - Installation von Photovoltaik-Anlagen zur Eigenstromversorgung - Nutzung von Solarthermie für die Warmwasserbereitung
Investitions-kosten	Sehr gering	Mittel bis hoch	Hoch bis sehr hoch
Energieein-sparung	Gering bis moderat, hauptsächlich durch verbesserte Wärmeverteilung und Vermeidung von Wärmeverlusten	Hoch, da umfassende Dämmmaßnahmen und effiziente Heizsysteme eingesetzt werden	Sehr hoch, Gebäude benötigen kaum noch externe Energiezufuhr
Amortisati-onszeit	Sehr kurz, in der Regel innerhalb weniger Jahre	Mittel bis lang, abhängig von den Energiekosten	Lang, aber sehr hohe Einsparungen bei den Energiekosten
Förderung	Förderungen für kleinere Maßnahmen sind begrenzt, aber lokale und regionale Programme bieten möglicherweise kleine Zuschüsse	Umfangreiche Förderprogramme können bis zu 50% der Kosten abdecken, insbesondere für Wärmepumpen und Dämmmaßnahmen	Umfangreiche Förderungen notwendig, die bis zu 60% der Kosten decken können, einschließlich spezieller Kredite zu günstigen Konditionen

5.3.2 Entwicklung des Wärmebedarfs

Im folgenden Abschnitt wird das Sanierungspotenzial für die Stadt Kempen dargelegt. In Abbildung 65 wird die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der Sanierungsklassen aufgezeigt, welcher gemäß Abschnitt 3.4 Raumwärme, Trinkwarmwasser und in Teilen Prozesswärme beinhaltet. Dabei wird der gesamte Wärmebedarf vor der Sanierung sowie nach der Umsetzung der Sanierungsklassen 1, 2 und 3 dargestellt. Als Datengrundlage für die Modellierung dienen die Angaben aus [34]. Die Sanierungsklassen variieren je Gebäude nach Baujahresklasse und Gebäudetyp.

Im aktuellen Bestand liegt der Wärmebedarf bei 398,4 GWh für das komplette Stadtgebiet. Während bei Sanierungsklasse 1 der Wärmebedarf nahezu unverändert bleibt (unter 1 % Wärmebedarfsreduktion) und nur eine minimale Einsparung erreicht wird, zeigt Sanierungsklasse 2 bereits eine Reduktion des Wärmebedarfs um etwa 3 %. Diese ist jedoch im Vergleich zu Sanierungsklasse 3 ebenso als marginal zu betrachten. Die umfangreichste Sanierung, die in Sanierungsklasse 3 definiert wurde, führt zu einer Reduktion des Wärmebedarfs um 22 %.

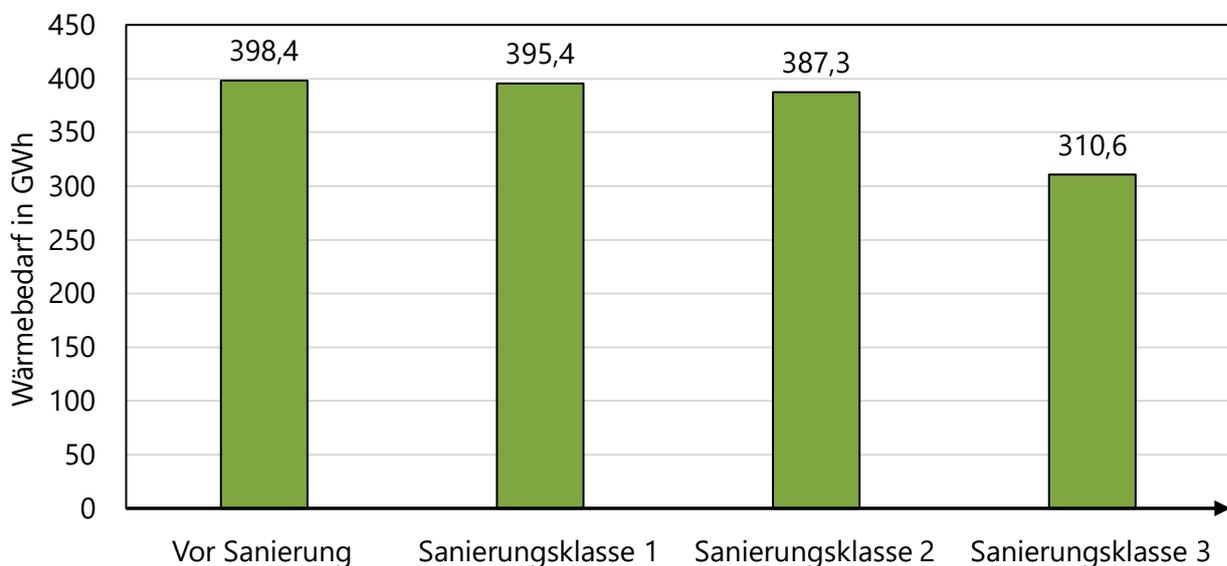


Abbildung 65: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs durch Sanierung

In Abbildung 66 ist das Sanierungspotenzial (Energetisches Einsparpotenzial) zwischen dem Status quo und Sanierungsklasse 3 auf Baublockebene dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass 47 % der Baublöcke ein mittleres Sanierungspotenzial von unter 20 % aufweisen. Knapp 28 % der Baublöcke liegen bei einem Sanierungspotenzial zwischen 20 % und 40 %. Wiederum weisen 23 % der Baublöcke ein Sanierungspotenzial zwischen 40 % und 60 % auf. Insgesamt 7 Baublöcke (1 % der Baublöcke) liegen zwischen 60 % und 71 %. Die Baublöcke mit dem höchsten Potenzial (>60 % Sanierungspotenzial) liegen einerseits im Norden des Stadtteils in Kempen als auch jeweils in St. Hubert und Tönisberg (Wartsbergsiedlung). Wenn man die Baublöcke mit einem Potenzial größer 40 % betrachtet, liegen diese insbesondere in St. Hubert sowie dem Süden und Norden des Stadtteils Kempen.

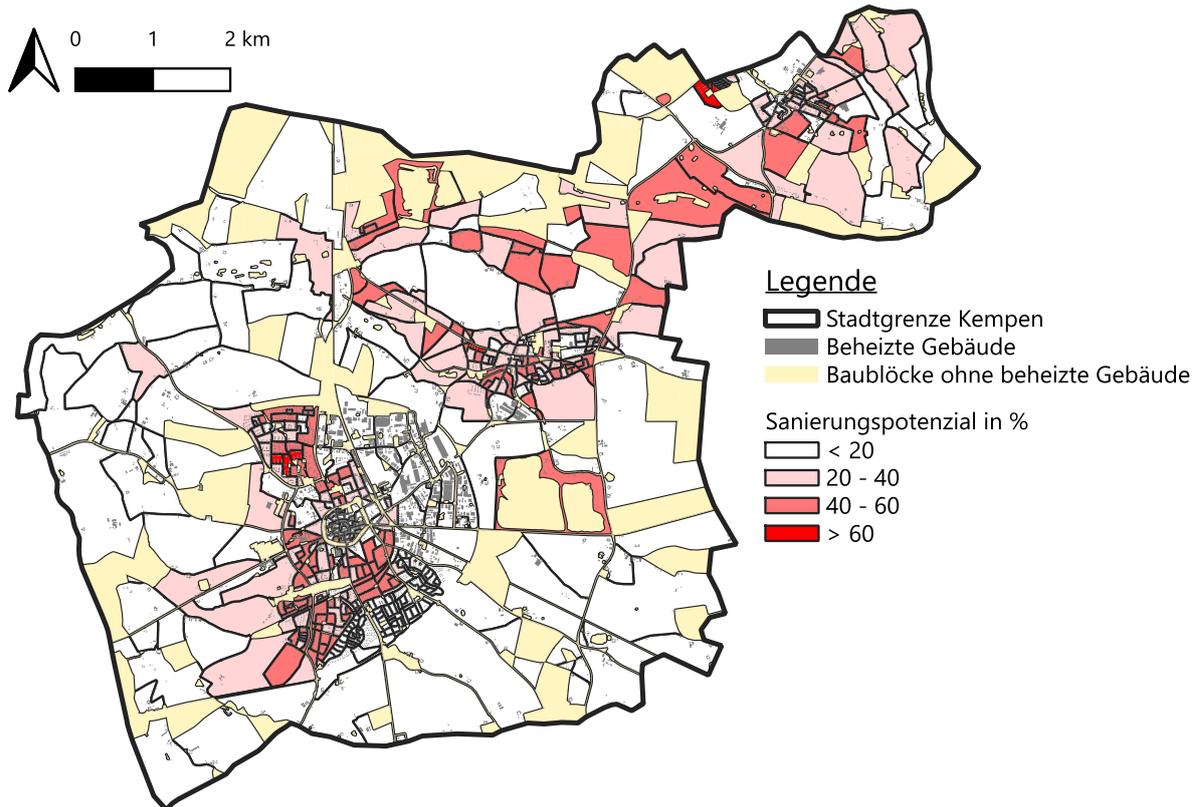


Abbildung 66: Sanierungspotenzial auf Baublockebene

In den Szenarien, welche in Abschnitt 5.5 thematisiert werden, wird die Wärmebedarfsreduktion in Verbindung mit der Erneuerung der Heizungsanlage betrachtet. Es wird angenommen, dass jedes Gebäude im Stadtgebiet bis zum Zieljahr 2045 eine Erneuerung der Heizung mit potenziellem Technologiewechsel vornimmt. Im Zuge dieses Heizungstausches wird eine Sanierung auf Sanierungs-klasse 3 vorgenommen, insofern Sanierungs-klasse 3 nicht bereits dem Status quo des Gebäudes entspricht. Bei Nichtwohngebäuden und denkmalgeschützten Gebäuden wird in der gewählten Modellierung keine Wärmebedarfsreduktion vorgenommen. Für die Stadt Kempen ergibt sich so eine mittlere Sanierungsquote von 2,4 % in betrachteten Szenarien. Diese ist zwar im Abgleich zur Literaturwerten und den aktuellen Sanierungsquoten als optimistisch zu bezeichnen, jedoch ist im Gegensatz das angesetzte Sanierungspotenzial nach [34] als konservativ zu betrachten, sodass sich eine moderate Wärmebedarfsreduktion in den Szenarien ergibt. Die Heizungserneuerungen und damit auch die Sanierungszeitpunkte werden linear zwischen dem Status quo und dem Zieljahr 2045 verteilt. Als Ausnahme sind neue Wärmenetzanschlüsse zu nennen, welche in Abhängigkeit der Inbetriebnahme des neuen Wärmenetzabschnittes festgelegt werden.

5.4 Eignung der Gebäude für Wärmeversorgungstechnologien

5.4.1 Eignungsprüfung für Wärmepumpen sowie Wasserstoff- und Wärmenetze

Bezogen auf die Gebäudeebene sind einige Restriktionen zu beachten, wenn eine Wärmepumpe oder der Anschluss an ein Wärme- oder Wasserstoffnetz als Lösungsoption berücksichtigt werden soll. In den folgenden Abschnitten wird die Prüfung dieser Restriktionen im Rahmen dieser kommunalen Wärmeplanung beschrieben.



Dezentrale Wärmepumpen gelten als vielversprechende Option der zukünftigen Wärmeversorgung. Im Vergleich zu aktuellen fossilen Lösungen (zum Beispiel Ölheizungen) sind hierbei jedoch weitere Restriktionen zu beachten. Zum Beispiel arbeiten Wärmepumpen in der Regel mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Für einen effizienten Betrieb sind dementsprechend bessere Dämmstandards und größere Heizflächen nötig. Dies kann dazu führen, dass beim Technologiewechsel auf eine Wärmepumpe Sanierungsschritte notwendig sind. Da die Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen primär eine wirtschaftliche Hürde darstellen, ist dies kein Teil der Eignungsprüfung, sondern wird im Rahmen der Szenarienerstellung (siehe Abschnitt 5.5) berücksichtigt. Luft-Wasser-Wärmepumpen, welche aus Gründen der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit zukünftig die primäre Wärmepumpenoption auf dezentraler Ebene darstellen werden, nutzen Außengeräte, die wiederum Schallemissionen verursachen. Wärmepumpen müssen dementsprechend konform mit der TA Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) sein, welche Grenzwerte für Schallimmissionen vorgibt. Im Rahmen der Eignungsprüfung für Wärmepumpen wird geprüft, ob in Abhängigkeit der Dimensionierung der Wärmepumpen die Schallimmissionen konform mit der TA Lärm sind. Wenn die Schallimmissionen bei Nutzung einer Wärmepumpe zu hoch wären, wird keine Eignung für dieses Gebäude ausgesprochen.

Der wirtschaftliche Betrieb von Wärmenetzen wird sowohl von der Erzeugungsseite als auch der Bedarfsseite beeinflusst. Auf der Erzeugungsseite beeinflussen die nutzbaren Wärmequellen die Wärmegestehungskosten. Hierbei können lokale Wärmequellen (z.B. Geothermie und Solarthermie) als auch externe Energieträger (z.B. erneuerbare Gase) genutzt werden. Die Verfügbarkeit von lokalen Wärmequellen, welche in der Potenzialanalyse geprüft wurde, wird in die Eignungsprüfung nicht miteinbezogen. Die Berücksichtigung der verfügbaren Wärmequellen erfolgt in der Festlegung der Szenarien (siehe Abschnitt 5.5). Die Eignungsprüfung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung bezieht sich auf die Bedarfsseite. Für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes muss ein bestimmter Wärmeabsatz und eine entsprechende Wärmebedarfsdichte vorliegen (siehe Abschnitt 3.6). Ländliche Gebiete beispielsweise eignen sich nicht, weil die Wärmebedarfsdichte niedrig ist, sodass die Verluste im Netz steigen. Zur Festlegung, welche Gebäude in einem Eignungsgebiet für Wärmenetze liegen, sind die Metriken Wärmelinien-dichte (Straßenzugebene) und Wärmeflächendichte (Baublockebene) in Bezug auf den aktuellen Wärmebedarf genutzt worden. Eine grundlegende Eignung für Wärmenetze wird ab einer Wärmelinien-dichte von $1500 \text{ kWh}/(\text{m} \cdot \text{a})$ bzw. einer Wärmeflächendichte von $300 \text{ MWh}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ unterstellt. Zuletzt wird ebenso zur Bestimmung der Eignung berücksichtigt, ob bereits Wärmenetzleitungen in den Straßenabschnitten der jeweiligen Gebäude liegen, dann wird unabhängig der Wärmedichte eine Eignung ausgesprochen.

Die Transformation des Erdgasnetzes in Richtung von Wasserstoff ist ein komplexer Prozess. Es muss auf lokaler Ebene entschieden werden, welche Teile des Netzes komplett stillgelegt werden und welche Teile auf Wasserstoff umgewidmet werden. Dieser Entscheidungsprozess wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Ein wichtiger Faktor ist die Verfügbarkeit von bezahlbarem Wasserstoff. Ein weiterer Faktor ist, ob lokaler Wasserstoffbedarf in der Industrie besteht. Des Weiteren ist die zeitliche Komponente zur Umsetzung notwendiger Maßnahmen heute sehr schwer abschätzbar, da auch auf politischer Ebene dieser Prozess noch in den Anfängen steht. Auf Basis der aktuellen Informationsslage ist mit dem lokalen Gasnetzbetreiber (Stadtwerke Kempen GmbH) das Industriegebiet Kempen Ost als Gebiet festgesetzt worden, welches zukünftig auf Wasserstoff umgestellt werden könnte. Die Stadt Kempen hat den Vorteil, dass das geplante Kernnetz für Wasserstoff durch das östliche

Stadtgebiet läuft. Dieses Teilstück soll bis 2030 in Betrieb genommen werden. Dementsprechend hat die Stadt Kempen im Vergleich zu anderen Kommunen eine erhöhte Chance, dass Wasserstoff lokal verfügbar sein wird.

5.4.2 Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgungsoptionen sowie Wasserstoff- und Wärmenetze

In Abbildung 67 ist die Anzahl an Gebäuden, welche für Luft-Wasser-Wärmepumpen, Wasserstoff oder Wärmenetze geeignet sind, dargestellt. Aus den Ergebnissen der Eignungsprüfung geht hervor, dass mit 9.168 Gebäuden knapp 94 % aller Gebäude in der Stadt Kempen für Luft-Wasser-Wärmepumpen geeignet sind. Dementsprechend sind Luft-Wasser-Wärmepumpen im Stadtgebiet eine flächendeckende Lösungsoption. Für den Anschluss an ein potenzielles Wasserstoffnetz im Industriegebiet Kempen Ost sind nur 350 Gebäude (entspricht 4 % des Gesamtgebäudebestands) geeignet, da das Eignungsgebiet nur in diesem definierten Gebiet liegt. Durch die enge Bebauung der Stadtteile Kempen, St. Hubert und Tönisberg sind dort viele Bereiche für Wärmenetze geeignet. Dies sorgt dafür, dass 69 % der Gebäude in der Stadt Kempen als geeignet für Wärmenetze definiert werden.

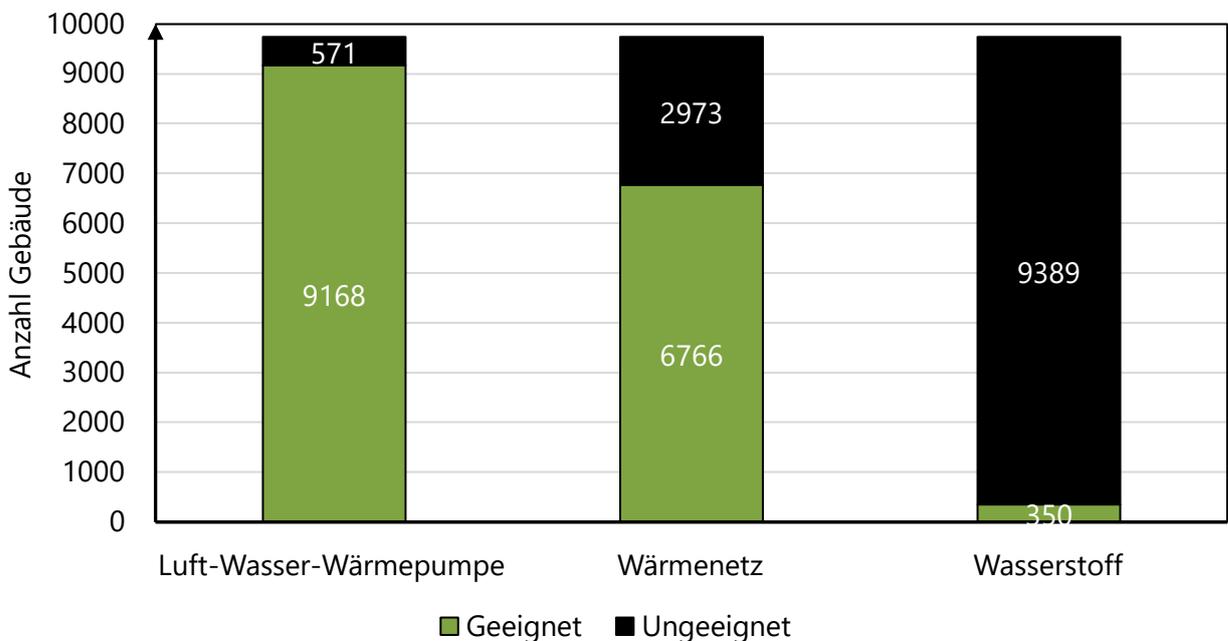


Abbildung 67: Eignung der Gebäude in Abhängigkeit der Technologien

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Eignungsprüfungen für das Zieljahr 2045 kartographisch auf Baublockebene dargestellt. Hierbei werden die Baublöcke in die Kategorien „sehr wahrscheinlich ungeeignet“, „wahrscheinlich ungeeignet“, „wahrscheinlich geeignet“ und „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ eingeteilt. Dies erfolgt anhand der Prozentzahl an Gebäuden, welche eine Eignung aufweisen:

- Sehr wahrscheinlich ungeeignet: ≤ 25 % der Gebäude eignen sich für diese Technologie
- wahrscheinlich ungeeignet: ≤ 50 % der Gebäude eignen sich für diese Technologie
- wahrscheinlich geeignet: ≤ 75 % der Gebäude eignen sich für diese Technologie
- sehr wahrscheinlich geeignet: > 75 % der Gebäude eignen sich für diese Technologie

Die Eignung für Luft-Wasser-Wärmepumpen auf Baublockebene ist in Abbildung 68 dargestellt. Wie bereits im Kontext von Abbildung 67 beschrieben, stellen Luft-Wasser-Wärmepumpen im

Stadtgebiet eine flächendeckende Option dar. 519 der 578 Baublöcke sind gemäß der oben beschriebenen Definition als „sehr wahrscheinlich“ geeignet“ ausgewiesen. Dies entspricht einem Anteil von 90 % der Baublöcke. 24 der Baublöcke weisen einen Anteil von maximal 50 % geeigneter Gebäude auf und sind dementsprechend als „wahrscheinlich ungeeignet“ bzw. „sehr wahrscheinlich ungeeignet“. Diese Baublöcke liegen insbesondere im historischen Stadtkern von Kempen sowie in den von Mehrfamilienhäusern dominierten Baublöcken des Nordwestens des Stadtteils Kempen.

In Abbildung 69 ist die Eignung der Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ dargestellt. In Abgrenzung zur Eignung für Luft-Wasser-Wärmepumpen ist hier auch die Eignung für Pellet-Heizungen mit eingeflossen, welche wiederum eine wichtige dezentrale Alternative zur Luft-Wasser-Wärmepumpen darstellt, insbesondere wenn ein Gebäude nicht für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet ist oder diese unwirtschaftlich ist. Als Eignungskriterium für Pellet-Heizungen wird im Rahmen der Erarbeitung angenommen, dass eine Bestandsheizung des Energieträgers Heizöl für die Eignung vorausgesetzt wird. Beide Technologien benötigen Tanks/Speicher, um den Energieträger im Gebäude zu lagern. Über diese Eignungsprüfung ergibt sich eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass ein Gebäude den notwendigen Platz für den Pellet-Speicher aufweist.

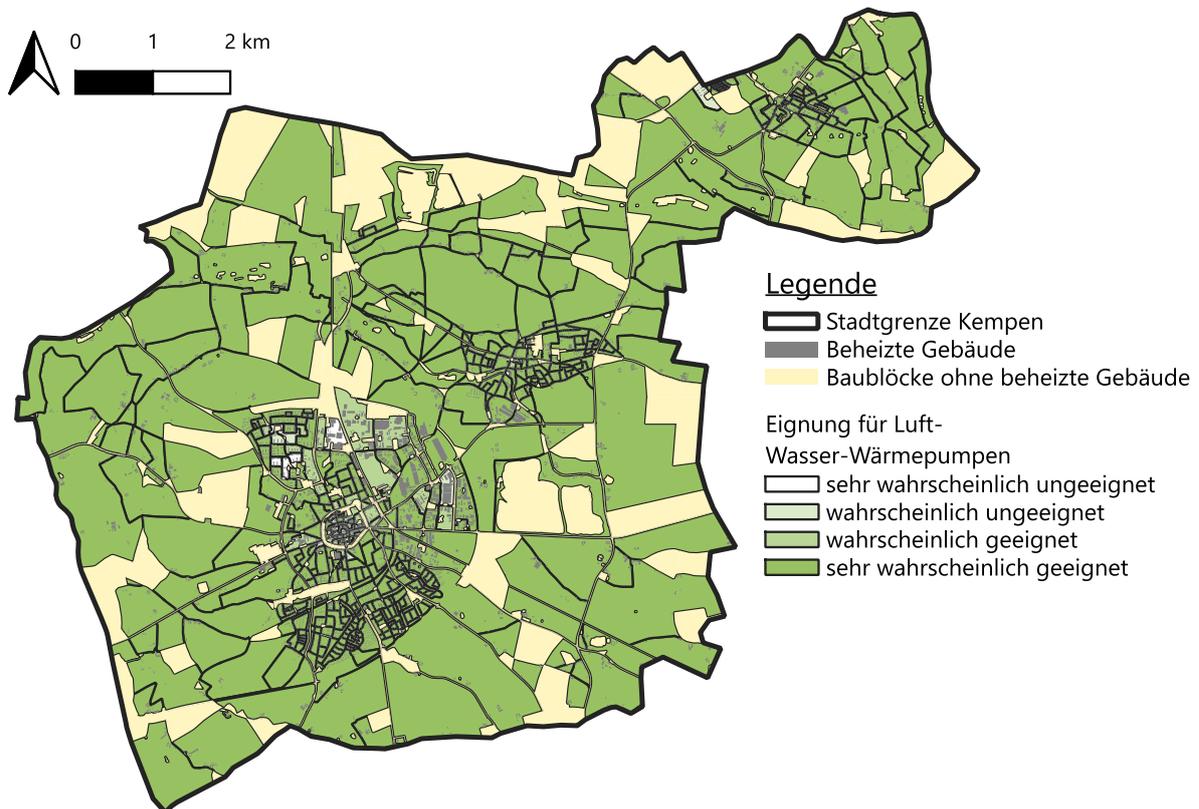


Abbildung 68: Eignung der Wärmeversorgungsart Luft-Wasser-Wärmepumpe für das Zieljahr 2045

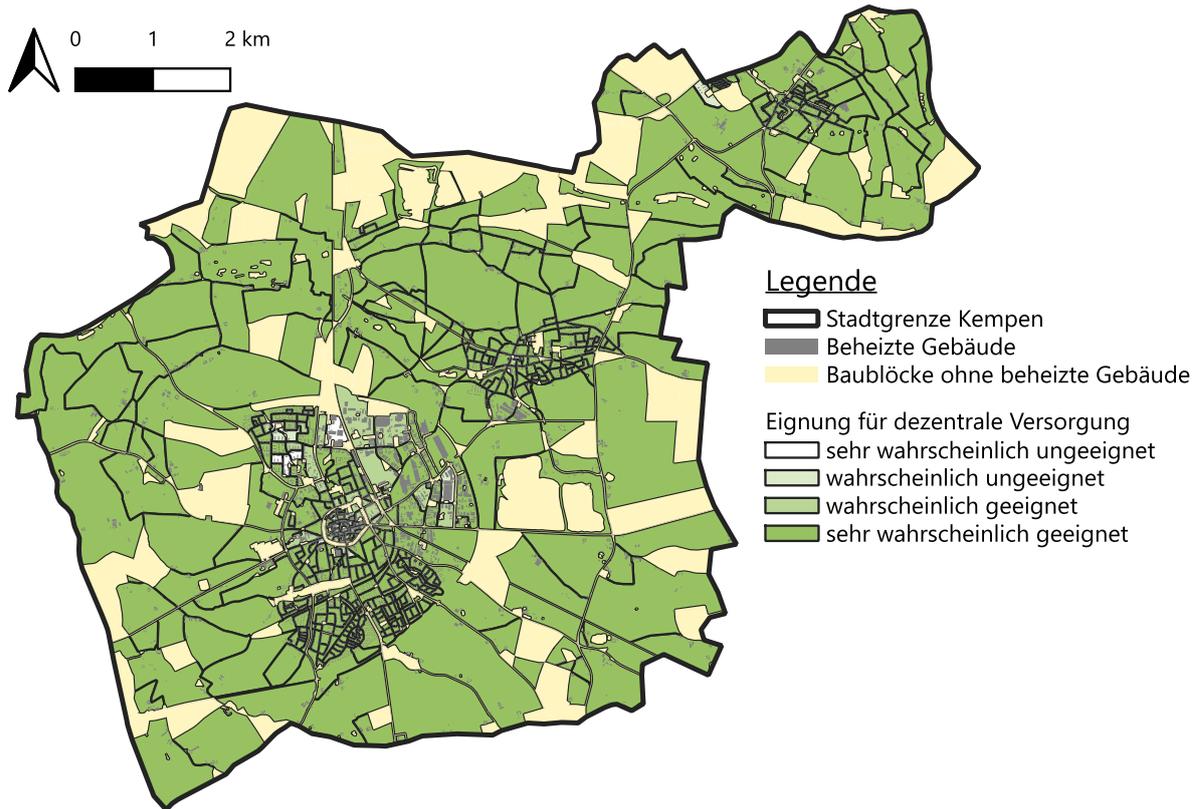


Abbildung 69: Eignung der Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ für das Zieljahr 2045

Es ist in Abbildung 69 in Vergleich zu Abbildung 68 zu erkennen, dass sich die Abbildungen nicht unterscheiden, da durch die Betrachtung der Pellet-Lösungen keine Veränderung der Kategorisierung auf Baublockebene stattfindet. Dies ist dadurch begründet, dass bereits 90 % der Baublöcke für Luft-Wasser-Wärmepumpen, und damit auch für eine dezentrale Versorgung, geeignet sind. Zusätzlich ist der Anteil an Ölheizungen im Bestand mit 8 % der Gebäude im Vergleich zu anderen Kommunen vergleichbarer Größe eher gering. Dementsprechend ist der Einfluss der Pellet-Heizungen auf die Ergebnisse nur gering und auf Baublockebene nahezu vernachlässigbar.

Die Eignung für Wärmenetze auf Baublockebene ist in Abbildung 70 dargestellt. Wie bereits in Bezug auf Abbildung 67 diskutiert, sind die ländlichen Bereiche des Stadtgebiets ungeeignet für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen. Nach den getroffenen Eignungsdefinitionen der Baublöcke sind 33 % der Baublöcke „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ und 3 % „wahrscheinlich ungeeignet“. Im Gegenzug sorgt die relativ hohe Wärmebedarfsdichte in den Stadtteilen Kempen, St. Hubert und Tönisberg dafür, dass ebenso ein nennenswerter Anteil an Baublöcken eine bedarfsseitige Eignung für Wärmenetze aufweist. Insgesamt wird 59 % der Baublöcken eine „sehr wahrscheinliche Eignung“ und 4 % eine „wahrscheinliche Eignung“ bescheinigt nach dem Wärmebedarf im Status quo. Neben der grundsätzlichen Betrachtung der Wärmebedarfsdichte spielen die vorhandenen Leitungsinfrastrukturen der fünf Wärmenetze ebenso eine Rolle, welche zum hohen Anteil geeigneter Gebäude beiträgt.

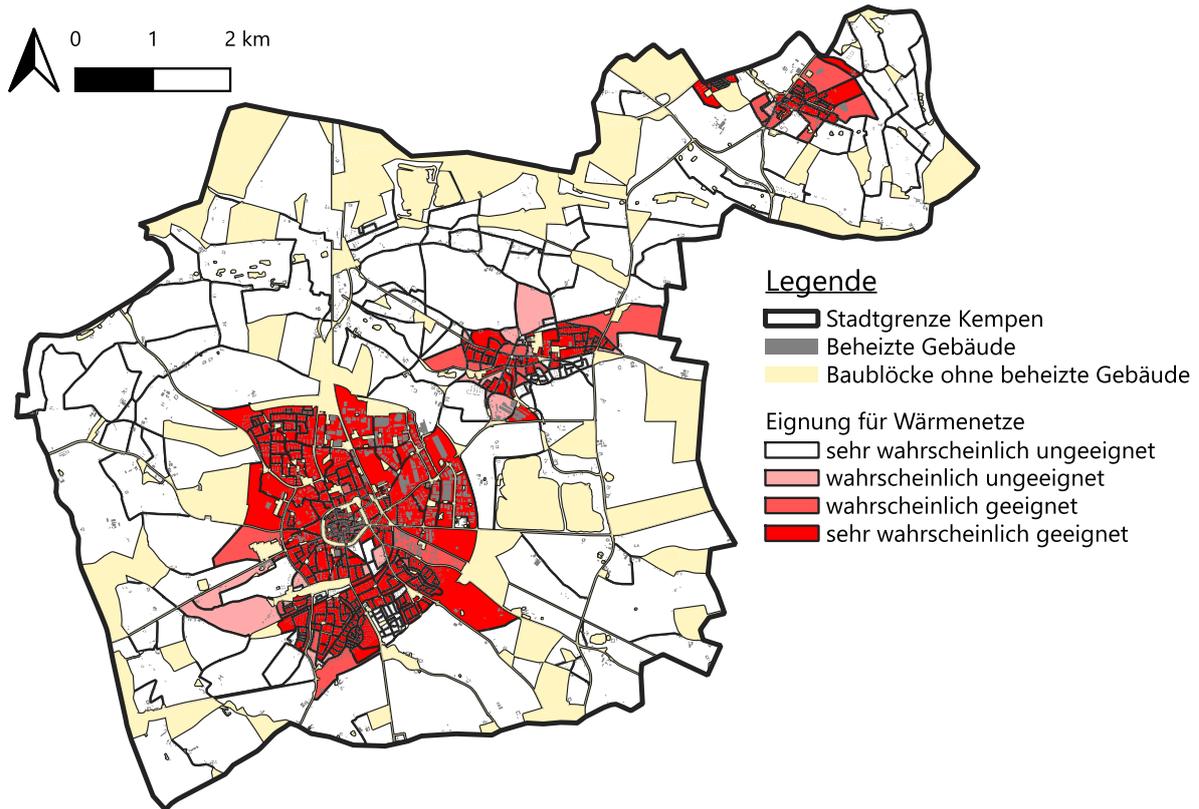


Abbildung 70: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wärmenetz“ für das Zieljahr 2045

In Abbildung 71 ist die Eignung der Wärmeversorgungsart „Wasserstoff“ auf Baublockebene dargestellt. Gemäß den Beschreibungen aus Abschnitt 5.4.1 ist nur das Industriegebiet Kempen Ost als Eignungsgebiet für Wasserstoff festgelegt worden, weswegen sich die Baublöcke, welchen eine „sehr wahrscheinliche Eignung“ oder „wahrscheinliche Eignung“ attestiert wird, auf dieses Gebiet beschränken. Hierbei handelt es sich um 17 Baublöcke mit einer „sehr wahrscheinlichen Eignung“ und einem Baublock mit einer „wahrscheinlichen Eignung“. Diese machen dementsprechend kumuliert nur 3 % aller Baublöcke im Stadtgebiet Kempen aus, was wiederum bedeutet, dass 97 % der Baublöcke als „sehr wahrscheinlich“ ungeeignet deklariert sind.

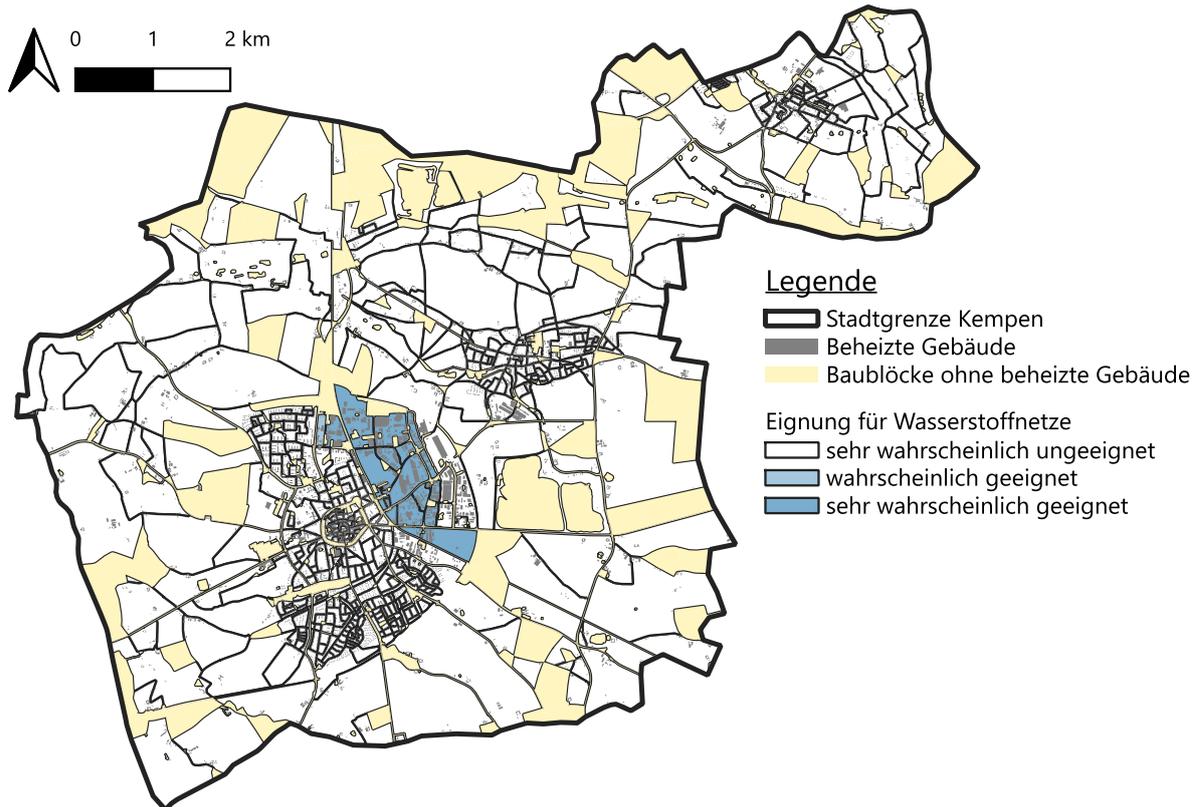


Abbildung 71: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wasserstoff“ für das Zieljahr 2045

5.5 Zielszenarien

In diesem Abschnitt werden die Szenarien zur Transformation des Wärmesektors für die Stadt Kempen vorgestellt. In Abschnitt 5.5.1 wird das Hauptszenario vorgestellt, welches vollständig nach den Anforderungen des WPG ausgewertet wird. Dieses Szenario stellt die Entwicklung dar, welche nach aktuellem Wissensstand am wahrscheinlichsten erscheint und gleichzeitig die Klimaneutralität erreicht. Ergänzend wird in Abschnitt 5.5.2 ein ergänzendes Nebenszenario dargestellt, welches aufbauend auf dem Hauptszenario einen intensiven Ausbau des Fernwärmenetzes in Kempen vorsieht.

Die Stadt Kempen hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2040 Klimaneutralität zu erreichen. Da das Bundesziel 2045 beträgt und die Transformationspläne der Stadtwerke Kempen, auf welchen im Bereich der Wärmenetze aufgesetzt wird, ebenso auf das Zieljahr 2045 ausgerichtet sind, wird im Rahmen dieser kommunalen Wärmeplanung ebenso das Zieljahr 2045 ausgewertet. Im Zuge der Untersuchungen wird jedoch ein besonderes Augenmerk auf das Stützjahr 2040 gelegt, um die Klimaziele der Stadt Kempen zu würdigen.

5.5.1 Hauptszenario

Die genutzten Heizungstechnologien für das Zieljahr 2045 im Hauptszenario sind in Abbildung 72 dargestellt. Wie in Abschnitt 5.2 dargelegt, erfolgt die Festlegung der geeigneten Zieltechnologie primär auf wirtschaftlicher Basis unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher, rechtlicher und technischer Restriktionen. Es ist in Abbildung 72 zu erkennen, dass das Hauptszenario im Zieljahr 2045 die Mischung aus zentraler und dezentraler Versorgung vorsieht. Mit 71 % werden strombasierte Lösungen den Großteil der Heizungen im Zieljahr 2045 ausmachen. Hierbei entfallen 6.694 der 9.739

Gebäude (dies entspricht 69 %) auf dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen.¹⁰ In diesem Hauptszenario wird ein moderater Ausbau des Fernwärmenetzes in Kempen vorgesehen. Dies deckt sich mit den mittelfristigen Planungen der Stadtwerke Kempen, welche die Wärmenetze in der Stadt Kempen betreiben. Eine zusätzliche Erweiterung der bestehenden Wärmenetze oder der Neubau von Wärmenetzen ist grundsätzlich vorstellbar, da die entsprechenden Eignungsgebiete durchaus vorliegen (siehe Abbildung 70), ist jedoch nicht Teil dieses Szenarios. Im Zieljahr 2045 sind 2.637 Gebäude (entspricht 27 %) an Wärmenetzen angeschlossen. Neben den strombasierten Heizungen sowie den bestehenden und zu bauenden Wärmenetzanschlüssen werden auch Pellet-Heizungen eine Teillösung der zukünftigen Wärmeversorgung in Kempen darstellen. Jedoch spielen diese mit knapp 2% nur eine untergeordnete Rolle.

Wie in Abbildung 71 dargestellt, kann auch Wasserstoff in der Wärmeversorgung von Kempen eine Teillösung darstellen (insbesondere im Industriesektor). Jedoch ist eine realistische Einschätzung, ob zum Zieljahr 2045 Wasserstoff in Kempen vorliegt, zum Zeitpunkt der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung nur bedingt möglich. Aus diesem Grund wurde Wasserstoff in diesem Szenario nicht berücksichtigt.

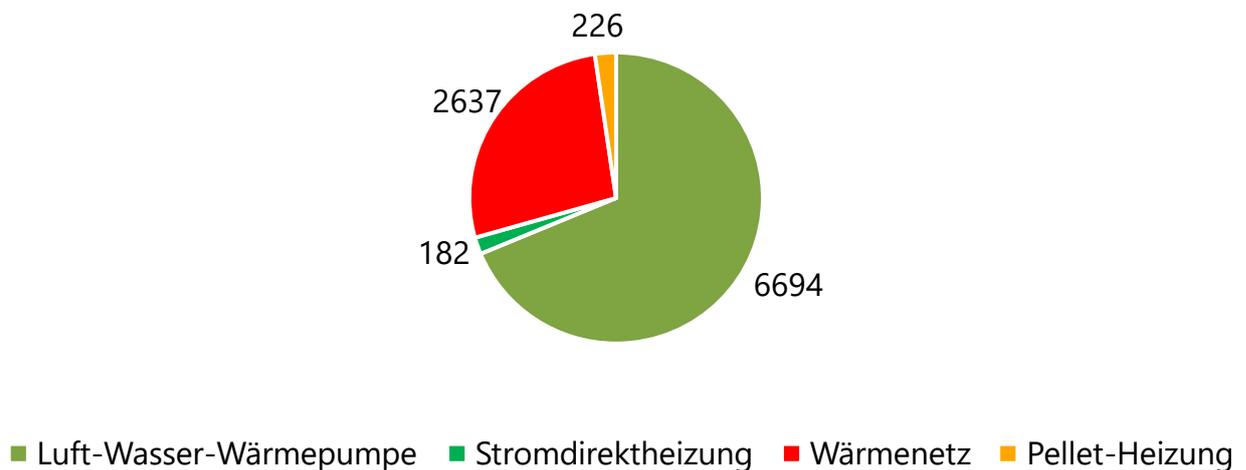


Abbildung 72: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

In Abbildung 73 sind die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete im Zuge der Transformation des Wärmesektors auf Baublockebene dargestellt.¹¹ Wie bereits im Kontext von Abbildung 72 beschrieben wird ein moderater Ausbau des Fernwärmenetzes vorgesehen. Hier gibt es mehrere Ausbaugebiete im Gebiet des Stadtteils von Kempen, welche bis zum Stützjahr 2030 umgesetzt werden sollen. Zusätzlich soll die Innenstadt weiter mit Wärmenetzanschlüssen verdichtet werden. Diese

¹⁰ Sole-Wasser-Wärmepumpen können in der Zukunft ebenfalls eine sinnvolle Lösung zur klimaneutralen Wärmeversorgung darstellen. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen sind diese jedoch in Kempen als unwirtschaftlich im Vergleich zu anderen dezentralen Lösungen eingeschätzt wurden. Eine konkrete Beurteilung auf Gebäudeebene müssen jedoch Energieberater erbringen.

¹¹ Da die Ausbaugebiete auf Straßenzugenebene festgelegt wurden, kann es zu Ungenauigkeiten durch die Darstellung auf Baublockebene kommen. Ebenso sind in Baublöcken, welche als Ausbaugebiet deklariert wurden, in Teilen bereits Gebäude am Wärmenetz angeschlossen.

Maßnahmen sind bis zum Stützjahr 2035 vorgesehen. Da kein Anschluss an ein Wasserstoffnetz im Rahmen dieses Szenarios vorgesehen ist, sind alle weiteren Gebiete, welche noch nicht an ein Wärmenetz angeschlossen sind, als Gebiete für eine dezentrale Versorgung vorgesehen.

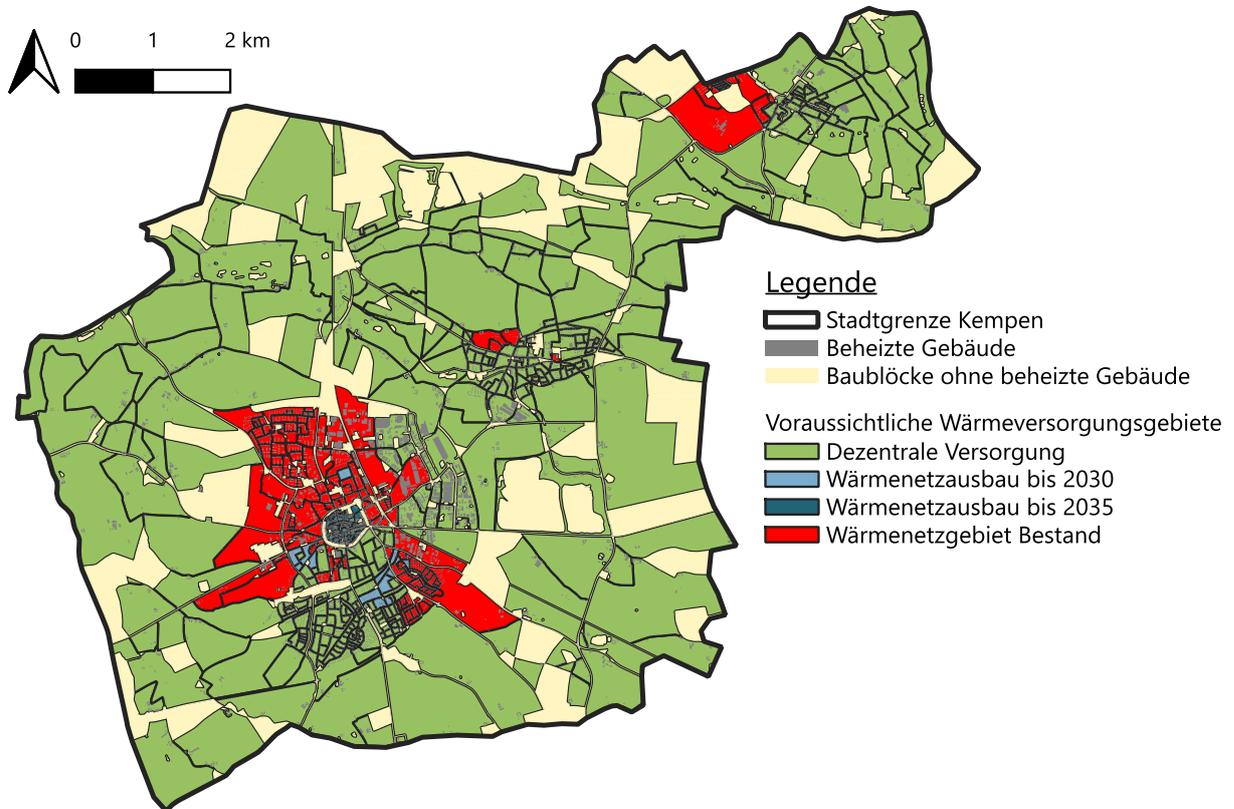


Abbildung 73: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren zwischen 2030 und 2040 (Hauptszenario)

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der verwendeten Energieträger vom heutigen Status quo bis zum Zieljahr 2045 ist in Abbildung 74 dargestellt.¹² Wie in Kapitel 3 beschrieben, macht im Jahr 2024 Erdgas gefolgt von Wärmenetzanschlüssen den größten Anteil aus, während beispielsweise Heizöl, Strom und Biomasse nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Der Wechsel auf Wärmepumpen, welche im Zieljahr die primäre Technologie in Kempen darstellen werden, sorgt bereits im Stützjahr 2030 dafür, dass 16 % (56,9 GWh) der Wärme auf strombasierten Heizungen aufbaut. Dies macht elektrische Energie nach Erdgas und Wärmenetzen zum dritt wichtigsten Energieträger der Wärmeversorgung in Kempen. Erdgas macht mit 154,3 GWh dann 42 % des Wärmebedarfs aus, während die Wärmenetze mit 102,2 GWh knapp 28 % ausmachen. Heizöl macht im Stützjahr 2030 bereits weniger als 7 % (25,3 GWh) aus. Der Entwicklungstrend geht weiter, sodass im Stützjahr 2035 bereits knapp 31 % der Wärme über strombasierte Heizungen (108,4 GWh) bereitgestellt wird und elektrische Energie den primären Energieträger in der Kempener Wärmeversorgung darstellen wird. Erdgas mit 28 % (96,2 GWh) und Heizöl mit 5 % (18,5 GWh) verlieren immer mehr an Bedeutung. Durch den Zubau von Pellet-Heizungen steigt der Anteil von Biomasse als

¹² Bei der Modellierung der Heizungserneuerung im Rahmen aller Szenarien wird aus Komplexitätsgründen eine geringere Detailtiefe in Bezug auf die Unterteilung von Einzelraumheizungen und Trinkwarmwasserheizungen im Vergleich zur Bestandsanalyse genutzt. Dies führt zu geringen Abweichungen bei der Verteilung der Energieträger bei Wärmebedarf und Treibhausgasemissionen für das Stützjahr 2024 in Abgrenzung zu den Ergebnissen aus der Bestandsanalyse.

Energieträger über die Jahre leicht an. Durch den Zubau von neuen Wärmenetzanschlüssen (insbesondere in der Innenstadt) steigt der Anteil auf 29 % (100 GWh).

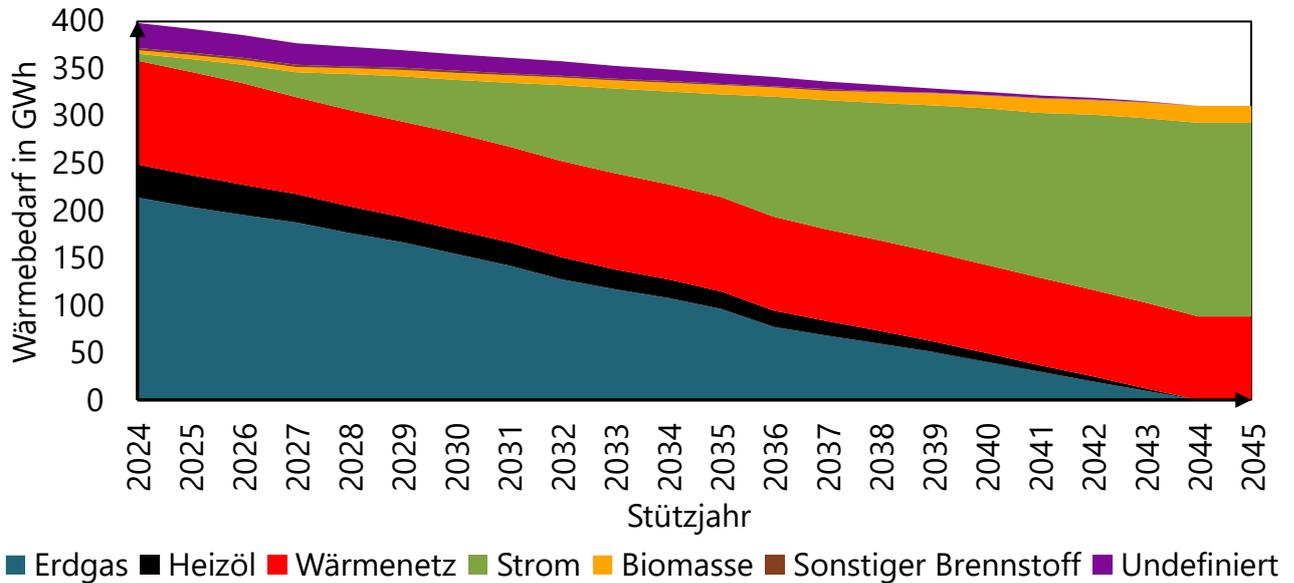


Abbildung 74: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

Für das Stützjahr 2040 liegt der Anteil von Erdgas nur noch bei 12 % mit 40,3 GWh. Während Heizöl nur noch bei 3 % (9,3 GWh) liegt, macht Biomasse 4 % (13,8 GWh) aus. Der Anteil der Wärmenetze bleibt bei 29 % (93,4 GWh). Strom macht mit 165,1 GWh nun bereits 51 % des gesamten Wärmebedarfs aus. Dieser Wert steigt auf 66 % (204,6 GWh) für das Zieljahr 2045. Biomasse macht dann mit 17,7 GWh 6 % aus. Zuletzt sind noch die Wärmenetze zu nennen, welche über 28 % ausmachen (88,4 GWh). Erdgas und Heizöl werden im Zieljahr 2045 dann keinen Anteil mehr am Wärmebedarf in Kempen haben.

Durch die Berücksichtigung von Sanierungsmaßnahmen im Rahmen der Technologiewechsel sinkt der Gesamtwärmebedarf vom Status quo im Vergleich zum Zieljahr (siehe Abschnitt 5.3.2). Von knapp 398 GWh sinkt dieser auf 365 GWh in 2030, 345 GWh in 2035, 325 GWh in 2040 und dann schließlich auf 311 GWh im Zieljahr 2045. Dies entspricht einer Reduktion des Wärmebedarfs von 22 % von Status quo zum Zieljahr 2045.

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der Verbrauchssektoren ist in Abbildung 75 dargestellt. Wie bereits in der Bestandsanalyse erarbeitet, entfallen große Teile des Wärmebedarfs auf den Haushaltssektor (67,8 %). Der GHD-Sektor (11 %) und der Industriesektor (11,3 %) folgen danach. Der kommunale Sektor weist knapp 6,5 % auf. Diese Aufteilung ändert sich nur bedingt während der Transformation der Wärmeversorgung. Im Zieljahr 2045 macht der Haushaltssektor 63 % (195,6 GWh) aus, während der Industriesektor 14,5 % (45 GWh) und der GHD-Sektor 12,7 % (39,5 GWh) aufweisen. Die Veränderungen resultieren durch die getroffenen Annahmen zum Thema Wärmebedarfsreduktion in Abschnitt 5.3.2.

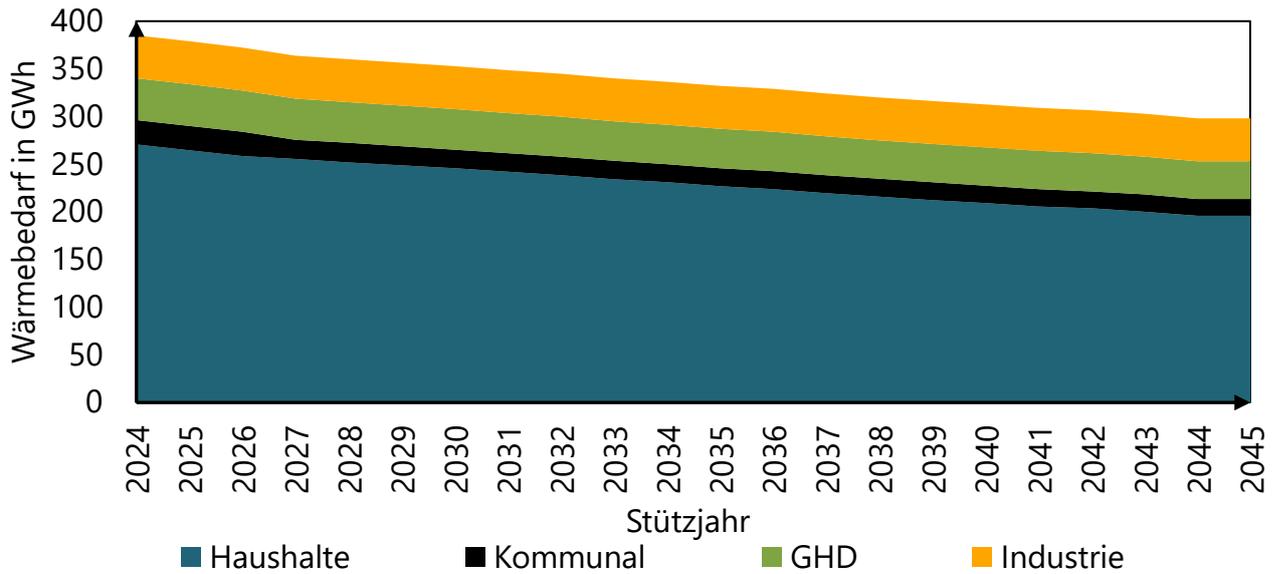


Abbildung 75: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Verbrauchssektoren bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

Durch die Transformation des Wärmesektors werden die THG-Emissionen signifikant reduziert. In Abbildung 76 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 2024 bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Energieträger dargestellt. Im kompletten Verlauf bis zum Zieljahr machen Erdgas, die Wärmenetze und Heizöl weiterhin große Teile der jährlichen Treibhausgasemissionen aus. Biomasse spielt durch die geringen Emissionsfaktoren hier nur eine geringe Rolle und die Emissionen durch strombasierte Heizungen sinken durch den erhöhten Anteil erneuerbarer Energien im Strommix trotz des intensiven Zubaus dieser Heizungen. Während die absoluten Emissionen durch Erdgas und Heizöl im Zuge der Heizungswechsel sinken, wird die Reduktion der THG-Emissionen der Wärmenetze durch Dekarbonisierung der Erzeugung erreicht. Die gesamten Treibhausgasemissionen in der Kempener Wärmeversorgung sinken auf 79,2 Tsd. t in 2030, 46,7 Tsd. t in 2035 und 23,2 Tsd. t in 2040. Dementsprechend kann bis zum Jahr 2040 bereits eine Reduktion der THG-Emissionen um 80 % erreicht werden. Im Zieljahr 2045 verbleiben Restemissionen von 2,5 Tsd. t. durch Biomasse, Strom und die Wärmenetze. Dies entspricht dann einer Reduktion von 98 %. Die verbleibenden THG-Emissionen sind dadurch begründet, dass die Emissionsfaktoren, welche für die Untersuchungen zugrunde gelegt werden, auch im Zieljahr 2045 je nach Energieträger nicht null entsprechen muss. Dies ist auf die Betrachtung der Vorketten zurückzuführen. Deren Emissionsreduktion liegt außerhalb des Wärmesektors und ist dementsprechend nicht Teil einer kommunalen Wärmeplanung. Da die verbleibenden Energieträger als vollständig erneuerbar gelten, werden die Ziele nach WPG trotz der verbleibenden Restemissionen mit diesem Szenario erreicht.

Wie bereits im Kontext von Abbildung 74 beschrieben, entwickelt sich die Wärmeversorgung von Kempen im Hauptszenario von einer Wärmeversorgung, welche stark von Erdgas abhängig ist, hin zu einer Wärmeversorgung ohne erdgasbasierte Heizungen. Der Wärmebedarf, welcher über Erdgasheizungen gedeckt wird, als auch der Anteil von Erdgas am Wärmebedarf aus Gasnetzen ist in Abbildung 77 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass der Wärmebedarf, welcher über Erdgas gedeckt wird, näherungsweise linear sinkt. Dieser sinkt auf 154,3 GWh im Jahr 2030, 96,2 GWh im Jahr 2035 und 40,3 GWh im Jahr 2040. Im Zieljahr 2045 wird in keinem Gebäude in Kempen mehr Erdgas als Energieträger zur Bereitstellung von Wärme genutzt. Da das Hauptszenario keine Umstellung des

Erdgasnetzes auf Wasserstoff vorsieht, macht Erdgas immer 100 % des über das Gasnetz gedeckten Wärmebedarfs aus.

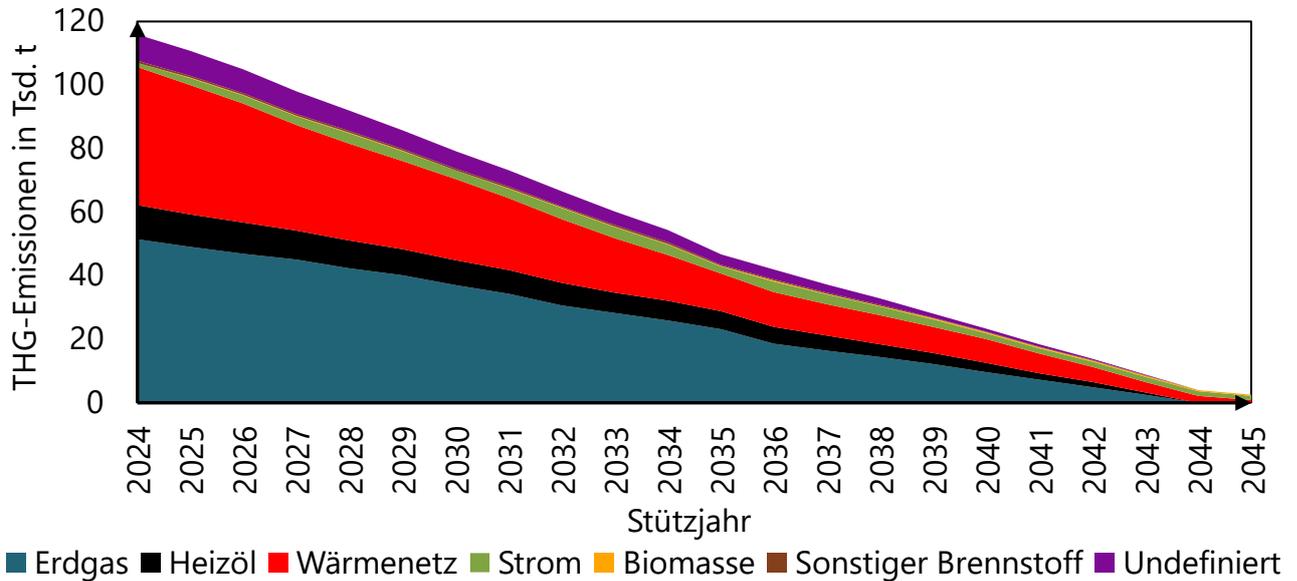


Abbildung 76: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

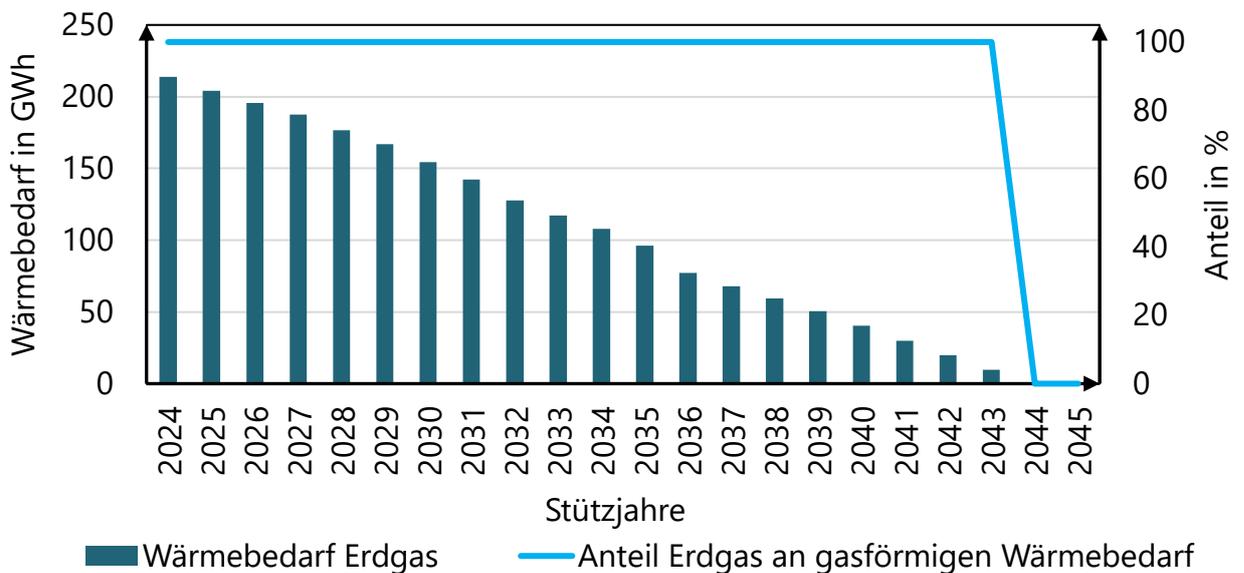


Abbildung 77: Jährlicher Wärmebedarf der gasnetzversorgten Gebäude (Hauptszenario)

Ergänzend ist in Abbildung 78 die Anzahl an Gebäuden (sowohl absolut als auch relativ) dargestellt, welche am Erdgasnetz angeschlossen sind. Auch hier ist eine nahezu lineare Reduktion erkennbar. Von 5.731 Gebäuden in 2024 (entspricht 59 % aller Gebäude) sinkt die Anzahl auf 3.982 (41 %) im Jahr 2030, 2.480 (24 %) im Jahr 2035 und 1.152 (12 %) im Jahr 2040. Ab dem Jahr 2044 sind keine Gebäude mehr am Gasnetz angeschlossen.

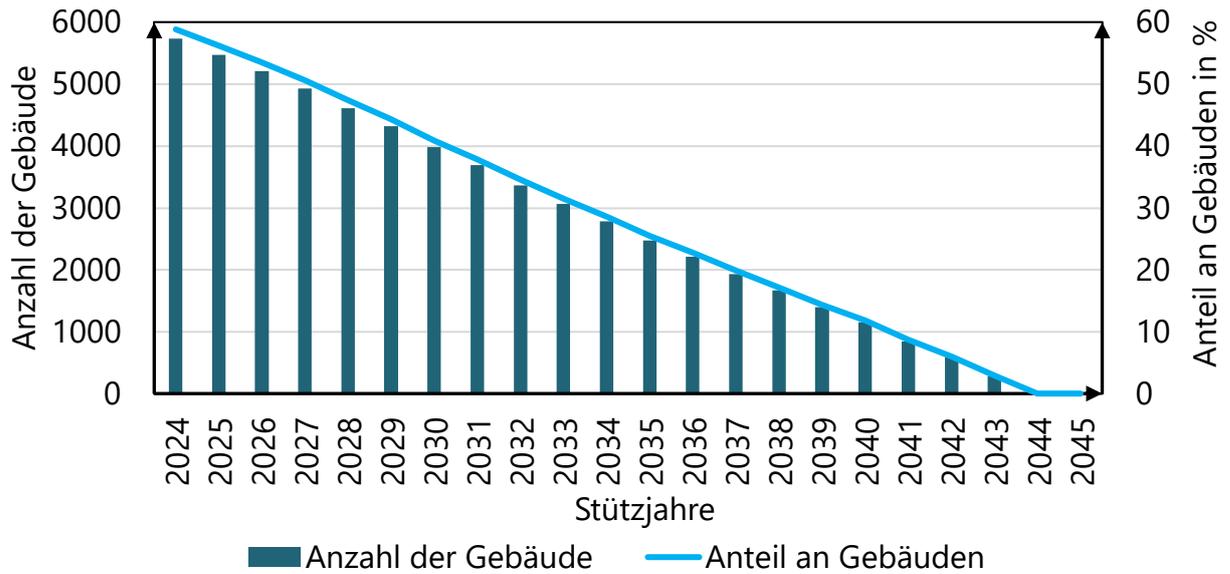


Abbildung 78: Anzahl der Gebäude am Gasnetz (Hauptszenario)

In Abbildung 79 ist die absolute und relative Anzahl an Gebäuden dargestellt, welche an Wärmenetzen angeschlossen sind. Im Bestand im Jahr 2024 sind 2.335 Gebäude an Wärmenetzen angeschlossen, was wiederum einem Anteil von 24 % entspricht. Durch den Ausbau des Fernwärmenetzes im Stadtteil Kempen (siehe Abbildung 73) steigt die Anzahl bis zum Stützjahr 2030 auf 2.470 Gebäude (entspricht 25 % aller Gebäude). Durch die Verdichtung im Bereich der Innenstadt sind im Stützjahr 2035 2.637 Gebäude (entspricht 27 %) an Wärmenetze angeschlossen. Ein weiterer Anschluss von Gebäuden ist in diesem Szenario nicht vorgesehen, sodass im Stützjahr 2040 und im Zieljahr 2045 die Werte im Vergleich zu 2035 unverändert bleiben.

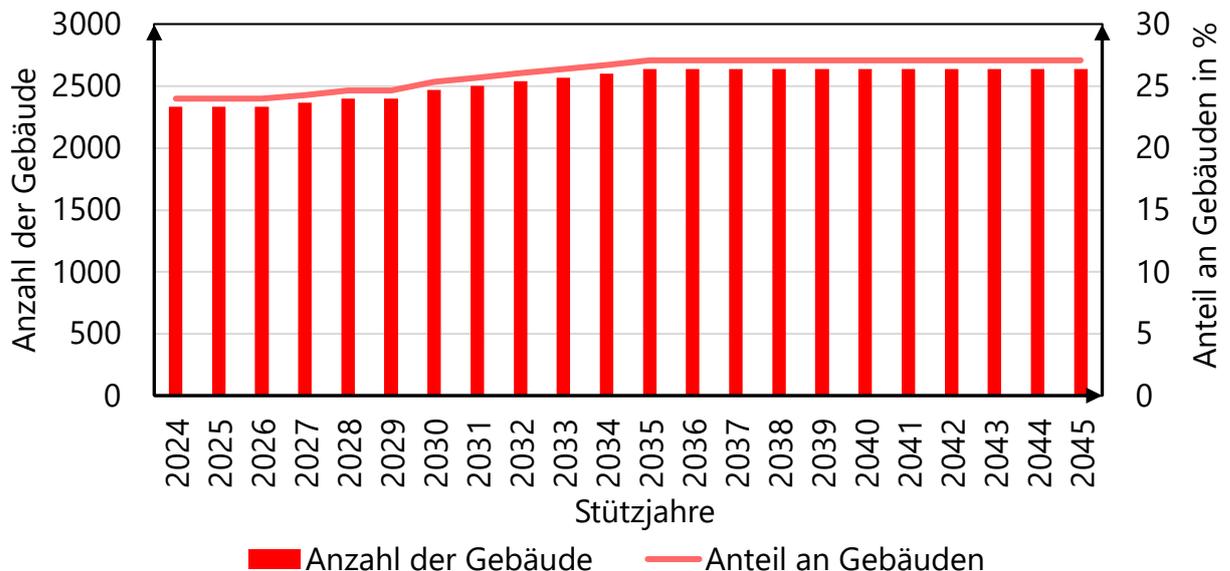


Abbildung 79: Anzahl der Gebäude am Wärmenetzen (Hauptszenario)

In Abbildung 80 wird der Wärmebedarf der Wärmenetze genauer auf die Energieträger aufgeschlüsselt, welche wiederum absolut und relativ ausgewiesen sind.¹³ Die Transformation der bestehenden Wärmenetze setzt auf den bereits abgeschlossenen oder sich in Erarbeitung befindlichen Transformationsplänen dieser Wärmenetze auf. Es ist zu erkennen, dass der hohe Anteil an Erdgas bis zum Zieljahr 2045 kontinuierlich abnehmen wird, sodass Erdgas im Zieljahr nicht mehr zur Erzeugung in den Wärmenetzen genutzt wird. Die wichtigste Alternative im Rahmen der Wärmenetztransformation werden zentrale Wärmepumpen sein. In den Transformationsplänen werden sowohl Außenluft, Seewasser und Erdwärme als Wärmequellen für diese Wärmenetze vorgesehen. Der Anteil von Strom (unter Berücksichtigung von genutzter Umweltwärme) steigt von näherungsweise 0 % im Bestand auf 28 % im Stützjahr 2030. Im Zieljahr 2045 machen Wärmepumpen 77 % der bereitgestellten Wärme für die Wärmenetze aus. Auch Biomasse bleibt in allen Zieljahren eine wichtige klimaneutrale Teillösung. Ihr Anteil schwankt je nach Zieljahr zwischen 6 % und 13 %. Solarthermie und Abwärme (in Abbildung 80 aus redaktionellen Gründen zusammengefasst) sind bezogen auf die Solarthermie bereits heute in Kempen eine Teillösung und werden zukünftig knapp 1 % bis 2 % des Wärmebedarfs der Wärmenetze decken. Die Transformationspläne des Fernwärmenetzes sowie der Wärmenetze „Auf dem Zanger“ und „Wartsberg“ sehen Wasserstoff im Zieljahr 2045 als Lösungsoption dar, welche knapp 8 % des Wärmebedarfs ausmacht.

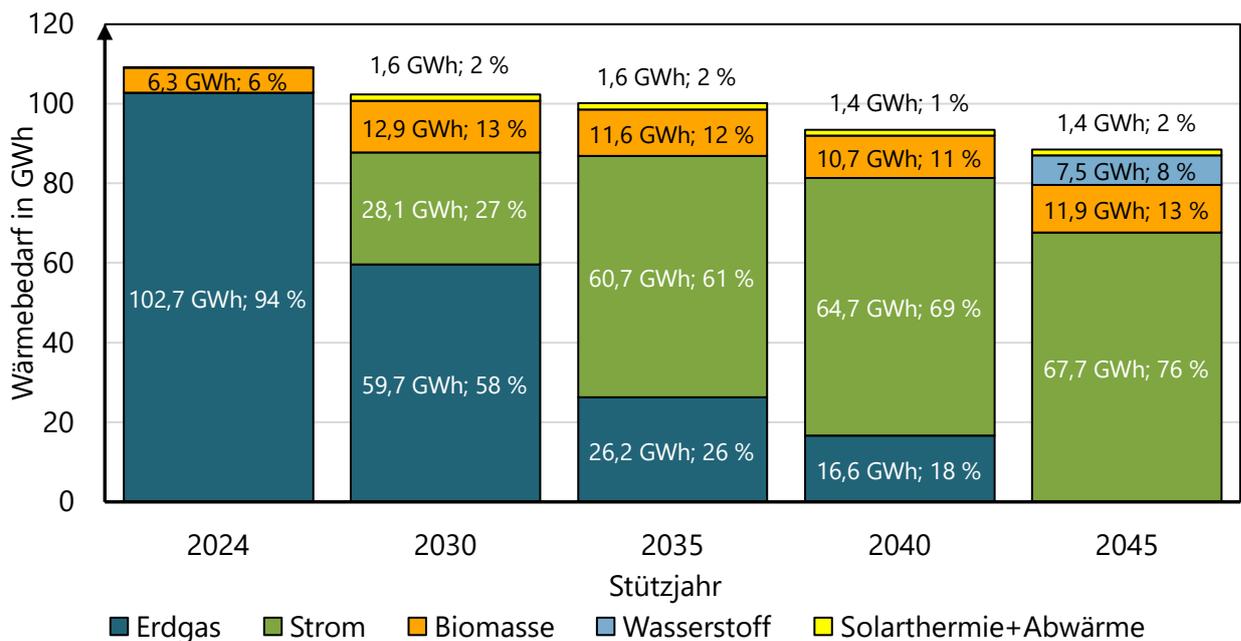


Abbildung 80: Wärmebedarf der Wärmenetze nach Energieträgern

Die Transformation zu einer Wärmeversorgung basierend auf dezentralen Wärmepumpen wird eine nennenswerte Zusatzbelastung auf die Stromnetze im Lastfall haben. Dies ist insbesondere dadurch begründet, dass strombasierte Heizungen (sowohl Wärmepumpen als auch Stromdirektheizungen) einen hohen Gleichzeitigkeitsfaktor aufweisen. Die installierte elektrische Leistung, durch die im

¹³ Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind „Solarthermie + Abwärme“ und „Strom“ im Status quo nicht mit Datenbeschriftung versehen, da diese näherungsweise 0 % ausmachen.

Hauptszenario verteilten Heizungen, unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeitskurve aus [35] für das Zieljahr 2045 ist auf Baublöckebeine in Abbildung 81 dargestellt.¹⁴

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere in den Baublöcken des Industriegebiets Kempen Ost hohe elektrische Leistungen auftreten. Viele dieser Baublöcke weisen eine elektrische Leistung zwischen 200 kW und 1 MW auf. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass in diesem Gebiet vermutlich viele Gebäude direkt über Kundenstationen versorgt werden und die Rückwirkung auf die Niederspannungsnetze nicht so hoch ist. Aber auch in St. Hubert, den Wohngebieten des Stadtteils Kempen und den ländlichen Teilen des Stadtgebiets weisen viele Baublöcke eine elektrische Leistung von über 100 kW auf, in welchen dann viele Heizungen direkt im Niederspannungsnetz angeschlossen werden. Insgesamt sind dies 15 % der Baublöcke. In den Bereichen des Stadtgebiets, in welchem Wärmenetze betrieben werden, ist durch die verringerte Durchdringung von dezentralen Wärmepumpen die Rückwirkung auf das Stromnetz eher gering.

Auf das komplette Stadtgebiet bezogen liegt die elektrische Belastung unter Annahme eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,78 bei 26,8 MW [35]. Vereinfacht entspricht dies der Kapazität von 67 Ortsnetzstationen der Bemessungsscheinleistung 400 kVA. Die Auswertungen zeigen, dass die Transformation des Wärmesektors eine zusätzliche Belastung für die Stromnetze darstellen. Eine konkrete Zielnetzplanung und Ertüchtigung der Stromnetze ist dementsprechend für einen erfolgreichen Transformationsprozess unerlässlich.

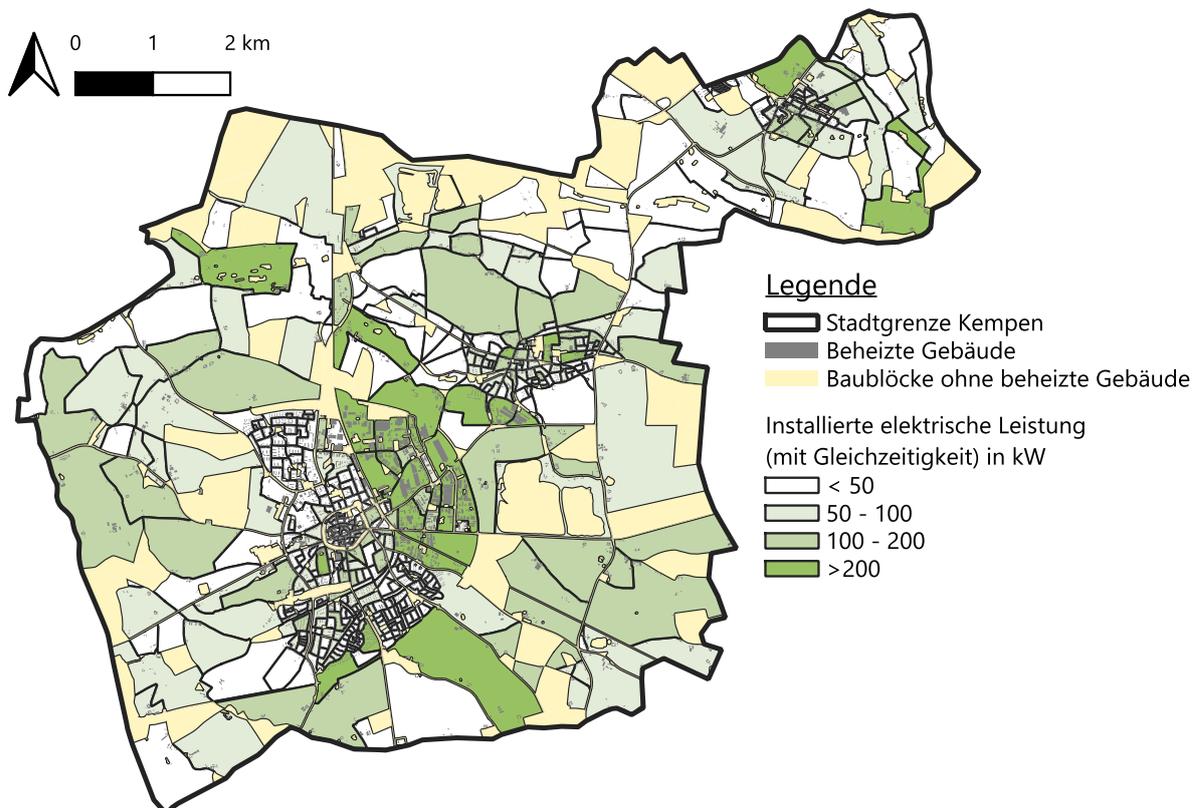


Abbildung 81: Elektrische Leistung der strombasierten Heizungen im Stützjahr 2045 auf Baublöckebeine (Hauptszenario)

¹⁴ Bei der Darstellung sind nur dezentrale Heizungen betrachtet worden und keine Wärmeerzeuger der Wärmenetze.

5.5.2 Nebenszenario „Wärmenetzausbau“

Die genutzten Heizungstechnologien für das Zieljahr 2045 im Nebenszenario „Wärmenetzausbau“ sind in Abbildung 82 dargestellt. Dieses Szenario unterscheidet sich zum Hauptszenario durch einen verstärkten Ausbau des Fernwärmenetzes in Kempen im Süden des Stadtteils Kempen (siehe Abbildung 83). Auch in diesem Szenario machen strombasierte Heizungen den größten Anteil der eingesetzten Heizungen aus. Strombasierte Heizungen machen 54 % der Heizungen aus. Hierbei entfallen 5.044 der 9.739 Gebäude (dies entspricht 52 %) auf dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen. Durch den starken Ausbau des Fernwärmenetzes sind im Zieljahr 2045 4.310 Gebäude an Wärmenetzen angeschlossen, was wiederum knapp 44 % der Gebäudeanzahl ausmacht. Pellet-Heizungen machen in diesem Szenario knapp 2 % der Gebäude aus.

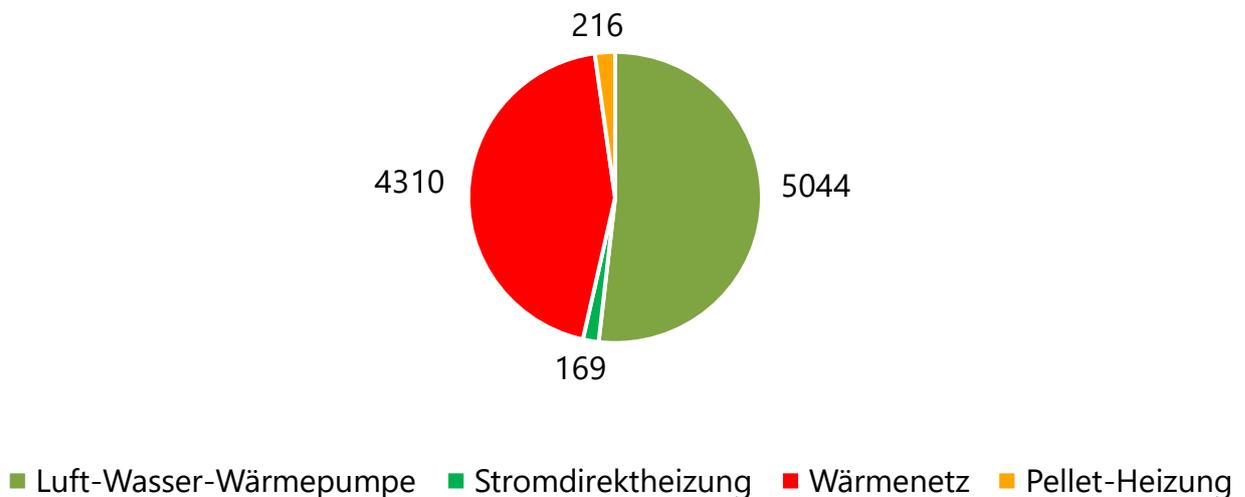


Abbildung 82: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Nebenszenario)

In Abbildung 83 sind die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete auf Baublockebene dargestellt. In Abgrenzung zum Hauptszenario wird ein verstärkter Ausbau der Fernwärmenetz im Süden des Stadtteils Kempen vorgesehen. Im betrachteten Szenario werden die ersten Gebäude zum Stützjahr 2035 angeschlossen und die vollständige Erweiterung erfolgt bis zum Zieljahr 2045.

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der verwendeten Energieträger vom heutigen Status quo bis zum Zieljahr 2045 ist in Abbildung 84 dargestellt. Da der zusätzliche Ausbau des Fernwärmenetzes in diesem Szenario erst ab dem Stützjahr 2035 vorgesehen wird, unterscheidet sich das Nebenszenario in den Stützjahren 2030 und 2035 im Vergleich zum Hauptszenario nur marginal. Kleine Unterschiede sind nur bei den Energieträgern Strom und Erdgas zu erkennen. Erdgas ist im Nebenszenario in diesen Stützjahren etwas stärker vertreten, da der Wechsel vieler Erdgasheizungen im Kempener Süden erst nach Ausbau des Wärmenetzes ab 2035 erfolgt. Im Gegenzug sind strombasierte Heizungen im Kempener Süden weniger vertreten, da die Gebäude in diesem Szenario Wärmenetze als Versorgungsoption wählen.

Erste nennenswerte Unterschiede sind ab dem Stützjahr 2040 zu sehen. Während im Hauptszenario Strom als Energieträger 51 % des Wärmebedarfs ausmacht (165,1 GWh), sind es im Nebenszenario nur 45 % mit 146 GWh. Im Gegenzug steigt der Anteil der Wärmenetze von 29 % (93,4 GWh) im Hauptszenario auf 33 % (108,1 GWh) im Nebenszenario. Diese Tendenz ist dann im Zieljahr 2045

noch stärker zu sehen. Hier machen die Wärmenetze dann 36 % des Wärmebedarfs (122,5 GWh) im Nebenszenario aus, während es im Hauptszenario nur 28 % (88,4 GWh) waren. Dadurch reduziert sich der Anteil von Strom von 66 % (204,6 GWh) im Hauptszenario auf 58 % (180,7 GWh).

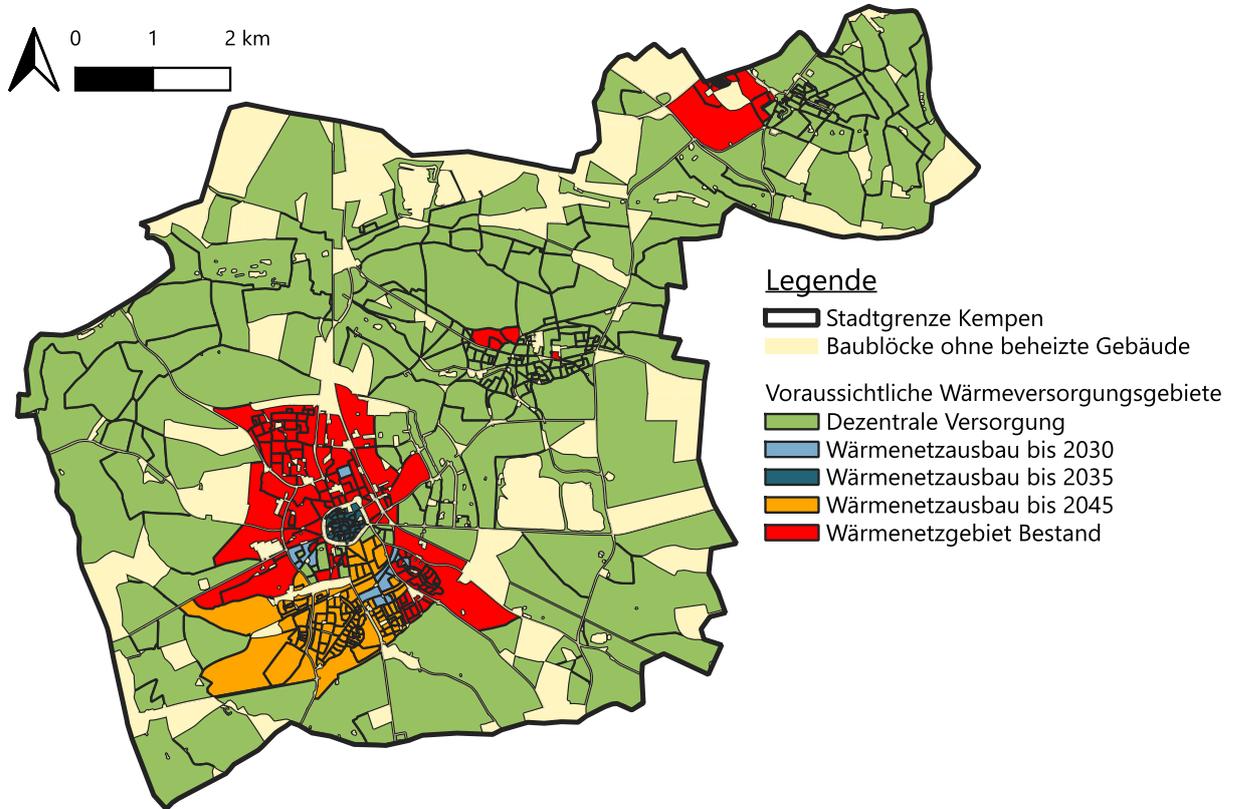


Abbildung 83: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (Nebenszenario)

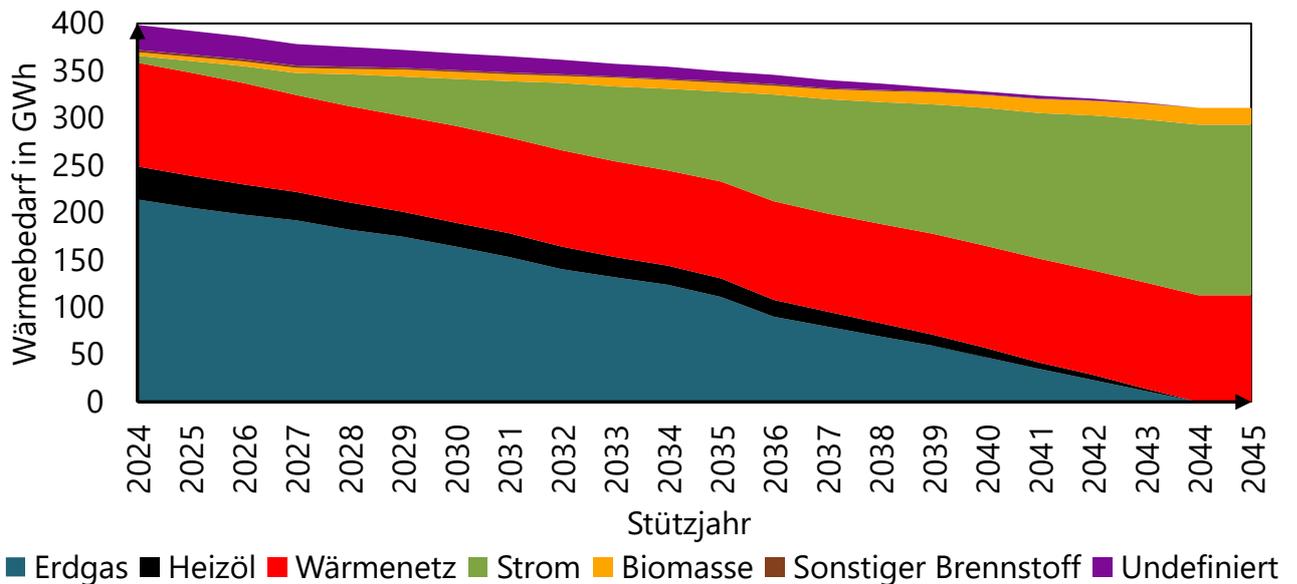


Abbildung 84: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario)

In Abbildung 85 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 2024 bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Energieträger dargestellt. Auch bei Fokus auf eine zentralere Wärmeversorgung im Vergleich zum Hauptszenario, kann eine Reduktion der THG-Emissionen erreicht werden. Die

gesamten Treibhausgasemissionen in der Kempener Wärmeversorgung sinken auf 81,4 Tsd. t in 2030, 50,6 Tsd. t in 2035 und 26 Tsd. in 2040. Dementsprechend kann bis zum Jahr 2040 bereits eine Reduktion der THG-Emissionen um 78 % erreicht werden. Im Zieljahr 2045 verbleiben Restemissionen von 2,6 Tsd. t. durch Biomasse, Strom und die Wärmenetze. Dies entspricht dann einer Reduktion von 98 % im Vergleich zum Status quo. Auch in diesem Szenario basiert die Wärmeversorgung im Zieljahr 2045 vollständig auf erneuerbaren Energien und die Restemissionen sind auf die Betrachtung von Vorketten zurückzuführen (siehe Abschnitt 5.5.1)

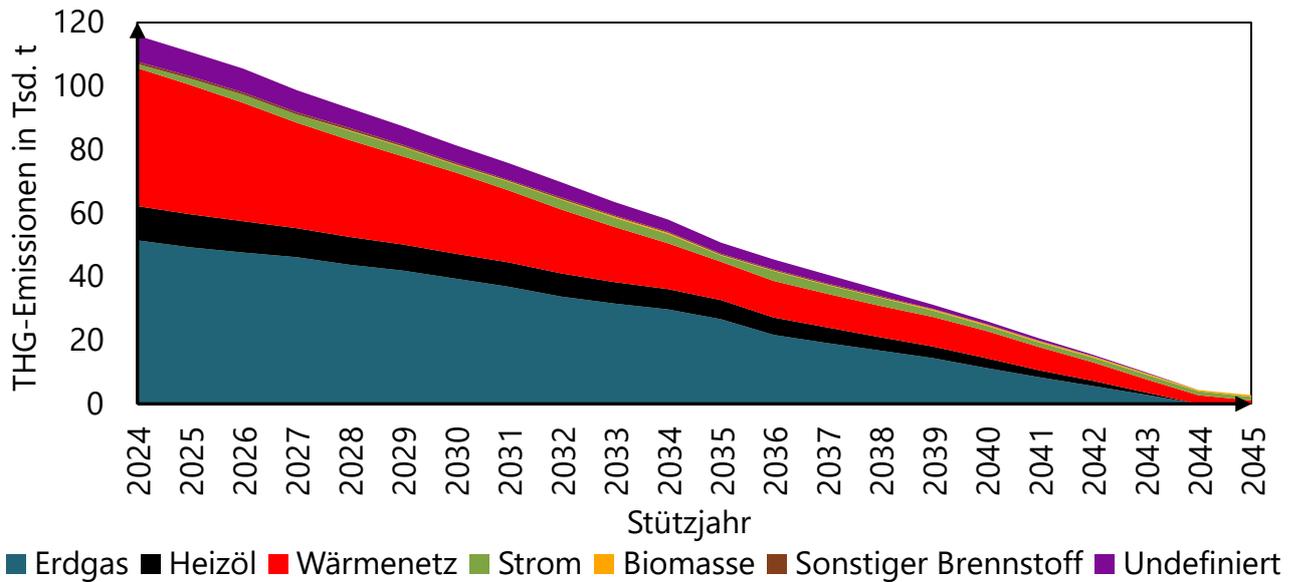


Abbildung 85: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario)

In Abbildung 86 ist die absolute und relative Anzahl an Gebäuden dargestellt, welche an Wärmenetzen angeschlossen sind.

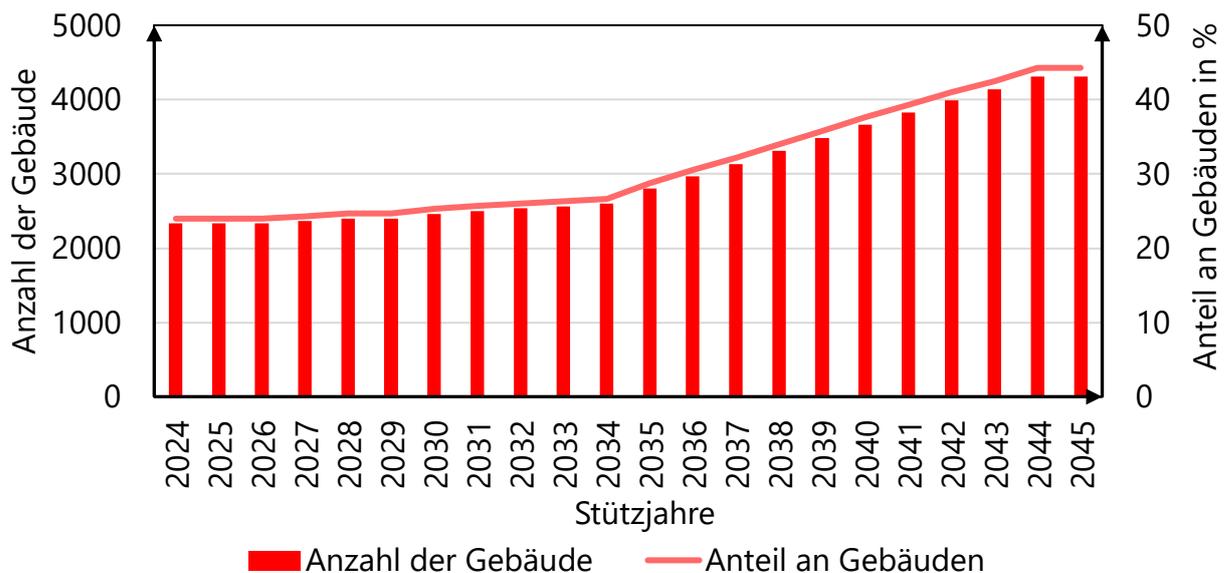


Abbildung 86: Anzahl der Gebäude am Wärmenetzen (Nebenszenario)



Da der Ausbau des Kempener Südens in der Untersuchung erst ab dem Jahr 2035 vorgesehen ist, unterscheiden sich die Ergebnisse bis zum Jahr 2034 nur minimal. Im Stützjahr 2035 sind in diesem Szenario dann 2.803 Gebäude an Wärmenetze angeschlossen, was wiederum knapp unter 29 % der Gebäude angeschlossen sind. Dieser Anteil steigt auf 38 % (3.664 Gebäude) im Stützjahr 2040 sowie 44 % (4.310 Gebäude) im Zieljahr.



6 Umsetzungsstrategie

In diesem Kapitel werden die Maßnahmen beschrieben, welche auf Basis der Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung empfohlen werden, um eine bestmögliche Umsetzung der Transformation des Wärmesektors zu ermöglichen. Darüber hinaus werden das Controlling-Konzept und die Verstärkungsstrategie beschrieben, welche der Kommune eine Strategie an die Hand geben sollen, um den Fortschritt der Transformation zu überwachen und bei ausbleibendem Erfolg entsprechende Handlungsschritte vollziehen zu können.

6.1 Darstellung der empfohlenen Maßnahmen

In den folgenden Abschnitten sind drei Maßnahmen beschrieben, welche eine erfolgreiche Transformation des Wärmesektors begünstigen können. Insgesamt lässt sich jedoch zusammenfassen, dass bereits vor der Durchführung der kommunalen Wärmeplanung in Kempen verschiedene Maßnahmen initiiert wurden, die im Kontext der Wärmewende wichtig sind. Hierbei sind insbesondere der Bau der fünf Wärmenetze, die Planung der Transformation dieser Wärmenetze sowie die Aufstellung einer Stromnetzplanung zu nennen.

6.1.1 Maßnahme 1: Durchführung weiterer Informationsveranstaltungen zur Wärmewende

Infoveranstaltungen mit den Bürgern stellen einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung dar. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in der Stadt Kempen wurden zwei Bürgerinformationsveranstaltungen durchgeführt. Insbesondere die zweite Veranstaltung am 04.02 im Forum St. Hubert kann mit einer Teilnehmerzahl von über 100 Bürgerinnen und Bürgern als erfolgreiches Beteiligungsformat bewertet werden.

Ziel dieser Maßnahme ist es, auch nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung, Bürgerinnen und Bürger regelmäßig über aktuelle Entwicklungen, Möglichkeiten und Maßnahmen im Bereich der Wärmewende zu informieren und gleichzeitig den Austausch mit relevanten Akteuren wie Energieversorgern, Handwerksbetrieben und dem Verbraucherschutz zu fördern. Da gemäß den Ergebnissen aus Kapitel 5 für Kempen vermutet werden kann, dass dezentrale Wärmelösungen auf dem Weg zur Klimaneutralität den größten Anteil in der Stadt ausmachen werden, kann diese Maßnahme dabei helfen, Hürden und Vorurteile gegenüber gewissen Technologien abzubauen und die Transformation des Wärmesektors zu beschleunigen.

Die erste Veranstaltung sollte zeitnah nach Projektabschluss der kommunalen Wärmeplanung stattfinden. Ein festgelegtes Ende gibt es nicht, ggf. frühestens nach Erreichen der Klimaneutralität im Jahr 2045, jedoch kann auch dann noch ein potenziell fortgesetzter Mehrwert entstehen. Die Veranstaltungen sollten ein- bis zweimal jährlich organisiert werden und sind somit ein wiederkehrendes Element. Diese Regelmäßigkeit sorgt für eine kontinuierliche Kommunikation und schafft Verlässlichkeit im Dialog mit den Bürgern.

Um die Veranstaltungen erfolgreich umzusetzen, sind folgende Schritte erforderlich: Zunächst müssen der Rhythmus und der allgemeine thematische Fokus festgelegt werden. Danach folgt die Organisation konkreter Termine und Veranstaltungsorte sowie die Abstimmung mit potenziellen Partnern wie der Stadtwerke Kempen GmbH, dem Handwerk und unabhängigen Beratungsdienstleistern. Eine



gezielte Bewerbung der Veranstaltung und die Einladung der Bürger und der weiteren Akteure ist essenziell, um eine hohe Beteiligung sicherzustellen. Schließlich erfolgt die eigentliche Durchführung der Veranstaltung, die durch informative Inhalte und interaktive Elemente geprägt sein sollte.

Die finanziellen Aufwendungen für solche Veranstaltungen dürften sich in einem überschaubaren Rahmen halten. Pro Veranstaltung ist mit Kosten im oberen drei- bis niedrigen vierstelligen Bereich zu rechnen, was bis 2045 (bei einem jährlichen Workshop) Gesamtkosten von unter 20.000 € erwarten lässt. Förderungsmöglichkeiten für diese Maßnahme sind zwar nicht bekannt, jedoch gilt die Finanzierung angesichts der geringen Kosten als unproblematisch, insbesondere unter Beachtung der Konnexitätszahlungen für die kommunale Wärmeplanung.

Insgesamt bietet die regelmäßige Durchführung von Infoveranstaltungen eine kosteneffiziente und effektive Möglichkeit, die Bürger aktiv in die Wärmetransformation einzubinden, die Akzeptanz für Maßnahmen zu erhöhen und den Wissensaustausch zwischen den relevanten Akteuren zu fördern.

6.1.2 Maßnahme 2: Fortlaufende Bürgerinformation über Website der Stadt Kempen oder andere interaktive Kanäle

Die Bürgerinformation durch die Kommune zur Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist ein zentraler Bestandteil, um die Öffentlichkeit für die Ziele und Maßnahmen der lokalen Klimaschutz- und Energiewendestrategie zu sensibilisieren und einzubinden.

Die Maßnahme kann je nach Priorisierung im Zusammenhang mit anderen Projekten oder aber unmittelbar nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung gestartet werden. Ein fester Abschlusszeitpunkt ist nicht vorgesehen, da die Bürgerinformation eine fortlaufende Aufgabe darstellt. Insbesondere durch die dynamische Entwicklung im Bereich erneuerbarer Energien und effizienter Heiztechnologien bleibt das Thema langfristig relevant und ist potenziell auch nach Erreichen der Klimaziele noch von Bedeutung.

Um die Bürger effektiv zu informieren, ist eine umfassende Sammlung von Themen und Formaten notwendig. Zu den relevanten Themen zählen u. a. der Heizungswechsel und der Einsatz von Wärmepumpen, der Ausbau von Photovoltaik-Anlagen und anderen erneuerbaren Energien sowie die Nutzung dynamischer Stromtarife. Diese Inhalte können über verschiedene Formate vermittelt werden, wie z. B. durch eine ansprechende und gut strukturierte Webseite, begleitende Beiträge in sozialen Medien, lokale Veröffentlichungen unter dem Titel „Kommunale Informationen“, interaktive Elemente wie digitale Marktstände oder Informationsveranstaltungen vor Ort (s. Kapitel 6.1.1).

Die Kosten hängen stark vom Umfang und der Qualität der Informationsmaßnahmen ab. Demnach sollte ein Budgetrahmen gesetzt werden, sodass beispielsweise Summen von 20.000, 50.000 oder 100.000 Euro über einen bestimmten Zeitraum eingeplant werden könnten. Die Kommune könnte diese Mittel selbst tragen oder gemeinsam mit der Stadtwerke Kempen GmbH als potenzielle Kostenträger bereitstellen. Fördermöglichkeiten sind derzeit nicht umfassend bekannt, jedoch könnte eine Prüfung von Programmen wie der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) zusätzliche finanzielle Unterstützung erschließen.

Mit einer klaren Zielsetzung und einer strategischen Umsetzung bietet die Bürgerinformation eine wertvolle Grundlage, um das Bewusstsein der Bevölkerung für die kommunale Wärmeplanung zu stärken und sie weiterhin aktiv in den Transformationsprozess einzubinden.



6.1.3 Maßnahme 3: Gasnetzstrategie für die Stadtwerke Kempen GmbH

Die Gasnetzstrategie stellt ein zentrales Instrument dar, um die zukünftige Ausrichtung und Nutzung bestehender Gasnetze in Einklang mit den Zielen der Energiewende zu bringen. Eine wesentliche Grundlage der Gasnetzstrategie ist die Erkenntnis, dass nicht alle bestehenden Gasnetzgebiete für eine zukünftige Nutzung als Wasserstoff- oder Biogasnetz geeignet sind. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung konnte erarbeitet werden, dass Teile des Kempener Gasnetzes zur Versorgung der lokalen Industrie potenziell umgewidmet werden könnten. Dementsprechend sind für die identifizierten Gebiete Gasnetzstellungsmaßnahmen zu planen. Für die nicht als zukünftige Wasserstoffnetze identifizierten Gebiete sind Gasnetzstilllegungsmaßnahmen zu planen. Die Kempener Wärmeversorgung basiert im Status quo aus Sicht des Wärmebedarfs zu 51 % auf Erdgas. Im Gegenzug sind große Teile des Gebiets nicht als Wasserstoffeignungsgebiete definiert worden, sodass die Erarbeitung einer Strategie für die Stilllegungsmaßnahmen einen komplexen Prozess darstellen.

Bezüglich des zeitlichen Horizonts sollte zeitnah nach Projektende der kommunalen Wärmeplanung mit dieser Maßnahme gestartet werden. Ausgehend von einer abgeschätzten Dauer der Planungsmaßnahmen zwischen neun und zwölf Monaten, sollte die Maßnahme in zwei bis drei Jahren abgeschlossen sein (ebenfalls nur die Planungsmaßnahmen betreffend). Die jeweiligen Netzumstellungs- und Netzstilllegungsmaßnahmen an sich sind dann ein kontinuierlicher Prozess nach der Planung.

Der erste Schritt der kommunalen Verwaltung ist eine Abstimmung mit der Stadtwerken Kempen GmbH, dem zuständigen Gasnetzbetreiber, um den Stand der Gasnetzstrategie und die Vorstellungen für die Zukunft zu klären. Außerdem muss ein Zeithorizont für die Strategieentwicklung abgesteckt werden. Daraufhin kann die Erstellung der Gasnetzstrategie erfolgen. Als Resultat soll die Identifikation von Netzumstellungs- sowie Netzstilllegungsmaßnahmen erzielt werden. Dies beinhaltet neben der Frage, welche der Maßnahmen wo umzusetzen ist, insbesondere auch eine Aussage dazu, wann das Netz umgestellt bzw. wann welcher Teil des Netzes stillgelegt werden soll. Diese Untersuchungen umfassen hierbei z.B. das Alter des jeweiligen Assets und die zukünftigen Wasserstoff- sowie Erdgasbedarfe.

Die erwarteten Kosten für die Gasnetzstrategie (Planungsmaßnahmen), belaufen sich auf schätzungsweise 40.000 € bis 70.000 €, je nach Stand der bisherigen Strategie und dem davon abhängigen Aufwand der weiteren Planungen. Die Kosten für die Netzumstellungs- und Netzstilllegungsmaßnahmen können erst mit vorliegender Gasnetzstrategie verlässlich abgeschätzt werden. Der Kostenträger der Gasnetzstrategie sind die Stadtwerke Kempen. Was mögliche Finanzierungsmechanismen betrifft, so sind keinerlei Förderungsmöglichkeiten bekannt.

Die Gasnetzstrategie ist ein essenzieller Bestandteil der strategischen Energieinfrastrukturplanung. Sie ermöglicht es, die vorhandenen Gasnetze effizient und zielgerichtet auf die Anforderungen der Energiewende auszurichten. Durch die frühzeitige Planung und enge Abstimmung mit dem Gasnetzbetreiber können die notwendigen Schritte zeitnah und im Einklang mit den Klimazielen umgesetzt werden. Da auch in Bezug auf Stromnetze und Wärmenetze zukünftig viele Herausforderungen in Bezug auf Zu- und Ausbau vorliegen, könnte die Gasnetzstrategie auch in Kombination mit den anderen Sparten als Energieleitplanung umgesetzt werden.



6.2 Verstetigungsstrategie

Die Umsetzung einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Wärmeversorgung in der Stadt Kempen erfordert eine Verstetigungsstrategie. Diese Strategie stellt sicher, dass die einmal angestoßenen Projekte langfristig wirken und kontinuierlich weiterentwickelt werden. Dabei spielen verschiedene Akteure eine zentrale Rolle, die mit klar definierten Aufgaben zur erfolgreichen Umsetzung der Wärmewende beitragen.

6.2.1 Aufgaben der Akteure

In Tabelle 11 ist eine Übersicht der verschiedenen Akteure und ihrer Aufgaben zur Umsetzung der Wärmewende dargestellt. Die Kommunalverwaltung übernimmt die zentrale Rolle in der Koordination und Steuerung der Wärmeplanung. Sie fungiert als Schnittstelle zwischen den verschiedenen Akteuren und stellt sicher, dass alle Aktivitäten im Einklang mit den übergeordneten Zielen stehen. Zudem ist sie für das Fördermittelmanagement verantwortlich, indem sie Fördermittel auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene identifiziert und beantragt.

Die Stadtwerke Kempen GmbH stellen als Strom-, Gas- und Wärmenetzbetreiber einen sehr wichtigen Akteur in der Wärmewende der Stadt Kempen dar. Alle drei Netzinfrastrukturen weisen verschiedene Herausforderungen im Rahmen der Wärme- und Energiewende auf. Auf die Stromnetze werden durch den Zubau von strombasierten Heizungen, Ladeinfrastrukturen für Elektromobilität und dezentrale Erzeuger zusätzliche Belastungen zukommen, was wiederum einen Ausbau dieser zur Folge haben kann. Das Gasnetz erwartet eine enorme Umstrukturierung durch potenzielle Umwidmung und Stilllegung, weshalb eine Gasnetzstrategie als Maßnahme empfohlen wird. Zuletzt müssen vier der fünf Wärmenetze in Kempen noch auf Klimaneutralität umgestellt werden. Für alle drei Netzsparten ergibt sich ein nennenswerter Planungs- und Umsetzungsaufwand, welche die Stadtwerke Kempen GmbH realisieren muss.

Es wäre der Wärmewende zuträglich, wenn die Bürger sich aktiv an Planungsprozessen und Informationsveranstaltungen beteiligen, denn diese stehen im Mittelpunkt der Transformation des Wärmesektors. Sie müssen nämlich in erneuerbare Heizsysteme wie Wärmepumpen oder Pellet-Heizungen im privaten Bereich investieren, um diese Transformation zu ermöglichen. Eine Teilnahme an Informationsveranstaltungen ermöglicht einen besseren Wissenstransfer und entsprechend Entscheidungen, welche Heizungstechnologien, aber auch Gebäudesanierungsmaßnahmen, sowohl bezüglich Wirtschaftlichkeit und Klimaneutralität als geeignet erscheinen. Ebenso erfordert der potenzielle Ausbau der bestehenden Wärmenetzinfrastruktur einen engen Austausch zwischen der Stadtwerke Kempen GmbH und den Bürgern, um eine potenzielle Wirtschaftlichkeit prüfen zu können.

Wohnungsbaugesellschaften, Erschließungsträger und Immobilienentwickler sollten die Wärmeplanung bei der Errichtung neuer Wohn- und Gewerbegebäude sowie bei Sanierung/Heizungswechsel im Bestand ebenfalls berücksichtigen, um von Anfang an eine nachhaltige Wärmeversorgung zu gewährleisten.

Handwerksbetriebe, Fachfirmen und Energieberater sind als erste Anlaufstelle für die Bürger ebenfalls in der Verantwortung. Diese sind zuständig für die Installation, Wartung und Reparatur von Wärmeversorgungssystemen, sowie die Durchführung von Gebäudesanierungen und bieten fachkundige Beratung für Haushalte und Unternehmen zur Auswahl und Implementierung der besten



Heiz- und Sanierungslösungen. Finanzinstitute stellen maßgeschneiderte Finanzierungslösungen und Kredite für Investitionen in erneuerbare Wärmetechnologien bereit und beraten zu verfügbaren Förderprogrammen und unterstützen bei der Beantragung.

Tabelle 11: Aufgaben der Akteure

Akteur	Aufgaben	
Kommunalverwaltung	Koordination und Steuerung: Die Kommunalverwaltung übernimmt die zentrale Rolle in der Koordination und Steuerung der Wärmeplanung. Sie fungiert als Schnittstelle zwischen den verschiedenen Akteuren und stellt sicher, dass alle Aktivitäten im Einklang mit den übergeordneten Zielen stehen.	Fördermittelmanagement: Identifikation und Beantragung von Fördermitteln auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene zur Finanzierung der Projekte.
Stadtwerke Kempen GmbH	Planung zur Dekarbonisierung der Wärmenetze in die Klimaneutralität. Anschluss der strombasierten Heizungen an das Stromnetz und Überplanung der notwendigen Strominfrastrukturen.	Strategische Planung der Maßnahmen für das Gasnetz (z.B. Umwidmung oder Stilllegung). Investition in alle 3 Netzsparten für das Gelingen der Wärme- und Energiewende
Bürgerinnen und Bürger	Aktive Beteiligung an Planungsprozessen und Informationsveranstaltungen.	Eigene Investitionen: Investitionen in erneuerbare Heizsysteme wie Wärmepumpen oder Pellet-Heizungen im privaten Bereich.
Wohnungsbaugesellschaften, Erschließungsträger und Immobilienentwickler	Integration in Neubauten: Berücksichtigung der Wärmeplanung bei der Errichtung neuer Wohn- und Gewerbegebäude, um von Anfang an eine nachhaltige Wärmeversorgung zu gewährleisten.	Sanierung und Nachrüstung: Durchführung von energetischen Sanierungen bestehender Gebäude und Nachrüstung mit modernen, erneuerbaren Heizsystemen.
Handwerksbetriebe, Energieberater und Fachfirmen	Installation, Wartung und Reparatur von Wärmeversorgungssystemen sowie Durchführung von Gebäudesanierungen. Hierbei spielen die Weiterbildung und Spezialisierung der Mitarbeiter eine wichtige Rolle.	Beratung: Fachkundige Beratung von Haushalten und Unternehmen zur Auswahl und Implementierung der besten Heiz- und Sanierungslösungen.
Finanzinstitute	Finanzierungslösungen: Bereitstellung von maßgeschneiderten Finanzierungslösungen und Krediten für Investitionen in erneuerbare Wärmetechnologien.	Fördermittelberatung: Beratung zu verfügbaren Förderprogrammen und Unterstützung bei der Beantragung.

6.2.2 Maßnahmen zur Verstetigung

Die Verstetigungsstrategie für die kommunale Wärmeplanung in der Stadt Kempen setzt auf die Zusammenarbeit aller relevanten Akteure. Durch klar definierte Aufgaben und kontinuierliche Anpassungen kann die Wärmewende erfolgreich und nachhaltig gestaltet werden.

1. Langfristige Planung und Monitoring: Entwicklung eines langfristigen Wärmeplans mit klar definierten Meilensteinen und einer regelmäßigen Überprüfung des Fortschritts spätestens alle fünf Jahre gemäß § 25 des WPG.
2. Bildung und Aufklärung: Kontinuierliche Bildungs- und Aufklärungskampagnen für die Bevölkerung und beteiligte Akteure.
3. Netzwerke und Kooperationen: Aufbau und Pflege von Netzwerken zwischen den Akteuren, um den Austausch von Wissen und Erfahrungen zu fördern.

4. **Transparenz und Kommunikation:** Offene und transparente Kommunikation über Fortschritte, Herausforderungen und Erfolge der Wärmeplanung.
5. **Anpassungsfähigkeit:** Flexibilität und Bereitschaft zur Anpassung der Strategien basierend auf neuen Erkenntnissen und technologischen Entwicklungen.

6.3 Controllingkonzept

Ein Teil des Verstetigungsprozesses ist die Erstellung eines Controllingkonzeptes zur Zielerreichung inklusive Indikatoren und Rahmenbedingungen für Datenerfassung und -auswertung.

Ziele und Kennzahlen definieren	▪ Klare Ziele und Leistungskennzahlen werden zu Beginn festgelegt. Zum Beispiel der EE-Anteil in der Wärmeversorgung.
Verantwortlichkeiten festlegen	▪ Klare Verantwortlichkeiten für die Umsetzung werden festgelegt. Sowohl intern (Kommunalverwaltung) als auch mit externen Partnern.
Budgetierung und Finanzierung	▪ Ohne ausreichende finanzielle Mittel ist eine Umsetzung nicht möglich. Insbesondere Fördermöglichkeiten werden dargelegt.
Kommunikation und Akteure	▪ Bürger und Interessengruppen werden kontinuierlich über den Wärmeplan informiert und beteiligen sich an der Umsetzung.
Monitoring und Reporting	▪ Mit einem Monitoring wird regelmäßig der Fortschritt der Umsetzung verfolgt. Insbesondere anhand der Leistungskennzahlen.
Anpassung und Optimierung	▪ Pläne ändern sich, wenn sich Rahmenbedingungen ändern. Die kontinuierliche Optimierung ist ein wichtiger Bestandteil des Prozesses.
Langfristige Perspektive	▪ Neben der kurzfristigen Betrachtung dürfen die Langfristziele dabei nicht aus den Augen verloren werden.

Ein effektives Controlling-Konzept ist unerlässlich, um die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung zu überwachen und sicherzustellen, dass die gesetzten Ziele erreicht werden. Dieses Konzept umfasst regelmäßige Überprüfungen, die Analyse von Kennzahlen sowie die Identifikation von Abweichungen und entsprechenden Korrekturmaßnahmen. Es stellt sicher, dass die Projekte zur Wärmewende kontinuierlich optimiert und an veränderte Bedingungen angepasst werden.

6.3.1 Akteursübergreifende Aufgaben

1. **Zieldefinition und Kennzahlen**
 - **Festlegung der Ziele:** Definition klarer, messbarer Ziele für die Wärmeplanung (z.B. Reduktion von CO₂-Emissionen, Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung, Anzahl der neu installierten Wärmepumpen).
 - **Kennzahlen (KPIs):** Entwicklung von Kennzahlen zur Messung des Fortschritts (z.B. Energieverbrauch pro Haushalt, Kosten pro erzeugter Wärmeeinheit, Anzahl der angeschlossenen Haushalte an Wärmenetze).
2. **Datenerhebung und -analyse**
 - **Datenerhebung:** Systematische Erhebung relevanter Daten durch die Kommunalverwaltung, Energieversorger und andere Akteure.
 - **Datenanalyse:** Regelmäßige Analyse der erhobenen Daten zur Überprüfung der Zielerreichung und Identifikation von Abweichungen.
3. **Reporting und Kommunikation**
 - **Regelmäßiges Reporting:** Erstellung regelmäßiger Berichte (z.B. jährlich) zur Darstellung des Fortschritts gegenüber den definierten Zielen und Kennzahlen.



- Transparente Kommunikation: Offene Kommunikation der Ergebnisse an alle beteiligten Akteure und die Öffentlichkeit zur Förderung von Transparenz und Akzeptanz.
4. Abweichungsanalyse und Korrekturmaßnahmen
- Abweichungsanalyse: Identifikation und Analyse von Abweichungen zwischen den Soll- und Ist-Werten der Kennzahlen.
 - Korrekturmaßnahmen: Entwicklung und Implementierung von Maßnahmen zur Korrektur identifizierter Abweichungen und zur Optimierung der Prozesse.
5. Regelmäßige Überprüfung und Anpassung
- Kontinuierliche Verbesserung: Regelmäßige Überprüfung und Anpassung der Controlling-Prozesse und -Instrumente basierend auf neuen Erkenntnissen und technologischen Entwicklungen.
 - Feedback-Schleifen: Einrichtung von Feedback-Schleifen zwischen den Akteuren zur kontinuierlichen Verbesserung und Anpassung der Maßnahmen.

6.3.2 Akteurspezifische Aufgaben im Controlling-Prozess

Nachfolgend werden akteurspezifische Aufgaben im Controlling-Prozess aufgezeigt:

Kommunalverwaltung

- Leitung: Koordination der Datenerhebung und -analyse, Sicherstellung der Einhaltung der Berichtszyklen.
- Berichterstattung: Erstellung und Verteilung der regelmäßigen Berichte.
- Prüfung der Maßnahmen anderer Akteure

Stadtwerke Kempen GmbH und Schornsteinfeger

- Datenbereitstellung: Bereitstellung von Daten zur Energieerzeugung und -verbrauch, Betriebskosten und Effizienz der Systeme.

Bürgerinnen und Bürger

- Rückmeldung: Bereitstellung von Rückmeldungen zu den installierten Systemen und deren Performance.
- Teilnahme an Umfragen: Teilnahme an regelmäßigen Umfragen zur Erhebung zusätzlicher Daten.

Wohnungsbaugesellschaften und Immobilienentwickler

- Berichtspflichten: Regelmäßige Berichterstattung über Fortschritte bei Neubauten und Sanierungsprojekten.
- Kooperation: Zusammenarbeit bei der Erhebung und Analyse von Daten.

Handwerksbetriebe und Fachfirmen

- Qualitätssicherung: Sicherstellung der Qualität der installierten Systeme durch regelmäßige Wartungsberichte und Rückmeldungen.
- Mängel-Reporting: Meldung von Installations- und Wartungsmängeln zur schnellen Behebung.



6.3.3 Maßnahmen zur Implementierung des Controlling-Konzepts

6.3.3.1 Allgemeines

1. Zuweisung der Zuständigkeit: Einrichtung einer dauerhaften Aufgabe innerhalb der Kommunalverwaltung zur Steuerung und Überwachung des Controlling-Prozesses.
2. Schulung und Weiterbildung: Schulung der beteiligten Akteure in den Bereichen Datenerhebung, -analyse und Berichterstellung.
3. Technologische Unterstützung: Einsatz moderner Technologien und Softwarelösungen zur Erhebung, Analyse und Visualisierung der Daten.
4. Feedback-Mechanismen: Einrichtung von Feedback-Mechanismen zur kontinuierlichen Verbesserung und Anpassung der Maßnahmen.

Durch die Implementierung dieses Controlling-Konzepts kann die Stadt Kempen sicherstellen, dass die Wärmewende nachhaltig und effizient voranschreitet. Regelmäßige Überprüfungen und Anpassungen gewährleisten die kontinuierliche Optimierung der Prozesse und die erfolgreiche Umsetzung der Wärmeplanung.

6.3.3.2 Fortlaufende Nutzung eines digitalen Zwillings (GIS-Modell)

Eine weitere mögliche Maßnahme zur Implementierung des Controlling-Konzepts in der kommunalen Wärmeplanung ist die fortlaufende Nutzung des digitalen Zwillings (GIS-Modell). Das GIS-Modell ermöglicht es, kontinuierlich aktuelle Daten über die Entwicklung und Nutzung der Wärmeversorgung im gesamten Versorgungsgebiet zu sammeln, zu beobachten und auszuwerten. Der digitale Zwilling der Wärmeversorgung dient dazu, in Echtzeit die Wärmebedarfsentwicklung, Effizienz, Netzbelastung und CO₂-Emissionen zu überwachen und zu analysieren. Er soll die Transparenz verbessern und datenbasierte Entscheidungen unterstützen, um die Wärmeversorgung nachhaltig und wirtschaftlich zu optimieren.



Literaturverzeichnis

- [1] Agentur für Erneuerbare Energien e.V., „Wärme und Kälte aus Erneuerbaren Energien 2023 in Deutschland“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.unendlich-viel-energie.de/media-thek/grafiken/waerme-und-kaelte-aus-erneuerbaren-energien-in-deutschland-2023>
- [2] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), „GEG 2024“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gebaeudeforum.de/ordnungsrecht/geg/geg-2024/>
- [3] AG Energiebilanzen e.V., „Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland - Daten für die Jahre von 1990 bis 2023“. 30. November 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2023/11/awt_2023_d.pdf
- [4] Institut Wohnen und Umwelt (IWU), „Deutsche Wohngebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden“. 10. Februar 2015. [Online]. Verfügbar unter: https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episcopo/2015_IWU_LogeEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf
- [5] IBS Ingenieurbüro für Haustechnik Schreiner, „Energetische, thermodynamische und bauphysikalische Begriffe und Zusammenhänge“. [Online]. Verfügbar unter: http://energieberatung.ibs-hlk.de/eb_begr.htm
- [6] Institut Wohnen und Umwelt (IWU), „Datenbasis Gebäudebestand“, Dez. 2010. [Online]. Verfügbar unter: https://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht_Datenbasis.pdf
- [7] „BHKW – vier Buchstaben für mehr Effizienz - SHK Profi“. Zugegriffen: 29. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.shk-profi.de/artikel/shk_BHKW_vier_Buchstaben_fuer_mehr_Effizienz-3530375.html
- [8] Guidhouse, „Ausblick auf potenziell die MEPS erfüllende Maßnahmen für Einfamilienhäuser in Deutschland“. 24. August 2023. [Online]. Verfügbar unter: https://deneff.org/wp-content/uploads/2023/09/20230829_Abschlusspraesentation_Guidehouse_MEPS_EFH.pdf
- [9] Institut Wohnen und Umwelt (IWU), „Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie“. 22. Januar 2003. [Online]. Verfügbar unter: https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2003_IWU_BornEtAl_Energieeinsparung-für-31-Musterhäuser-der-Gebäudetypologie.pdf
- [10] Vaillant, „Vorlauftemperatur: Fußbodenheizung & Heizanlage richtig einstellen“. Zugegriffen: 24. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.vaillant.de/heizung/heizung-verstehen/tipps-rund-um-ihre-heizung/vorlauf-rucklauftemperatur/>
- [11] Umweltbundesamtes, „Wohnen und Sanieren“, 2019. [Online]. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-05-23_cc_22-2019_wohnenundsaniieren_hintergrundbericht.pdf
- [12] Geofabrik, „OpenStreetMap Data Extracts“. [Online]. Verfügbar unter: <https://download.geofabrik.de/>
- [13] Statistisches Bundesamt, „Zensus 2022“. 15. Mai 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.zensus2022.de/DE/Ergebnisse-des-Zensus/_inhalt.html
- [14] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Daten kommunale Wärmeplanung“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.opengeo-data.nrw.de/produkte/umwelt_klima/klima/kwp/



- [15] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, „ALKIS Flurstücke - Flächen“. [Online]. Verfügbar unter: <https://open.nrw/dataset/alkis-flurstuecke-flachen-bi>
- [16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, „Wärmestudie NRW“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/waermestudienrw_ergebnisse
- [17] „Transformationsplan für das Fernwärmenetz in Kempen“, ZIES Zentrum für Innovative Energiesysteme, Hochschule Düsseldorf, Jan. 2024.
- [18] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Solarkataster NRW: Solarthermie-Potenziale auf Dachflächen für die Warmwasseraufbereitung für NRW, Regierungsbezirke, Planungsregionen, Kreise und Städte und Gemeinden“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/Media/Default/Dokumente/Potenziale_ST.pdf
- [19] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Solarkataster NRW: Freiflächenphotovoltaik - Suchflächen für Freiflächen-PV“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/energie/solarkataster/suchflaechen/
- [20] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Solarkataster NRW: Photovoltaik-Solarpotenziale auf Dachflächen für NRW, Regierungsbezirke, Planungsregionen, Kreise und Städte und Gemeinden“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/Media/Default/Dokumente/Potenziale_PV.pdf
- [21] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, „Geothermie in NRW – Standortcheck“.
- [22] WBG GmbH, „Auswertung von Bodenmechanik auf Basis des vom GD zur Verfügung gestellten Probenmaterials“, Bochum, Feb. 2022.
- [23] WBG GmbH, „Auswertung der Geologie und Hydrogeologie des Arbeitsfeldes (Kempen)“, Bochum, Feb. 2022.
- [24] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen, „INSPIRE-WFS NW Denkmäler“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wms.nrw.de/rss-feeds/content/geoportal/html/1067.html>
- [25] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., „Spezifischer Wärmebedarf von Gebäuden nach Baujahr“. [Online]. Verfügbar unter: https://asue.de/enev/grafiken/spezifischer_waermebedarf_von_gebaeuden_nach_baujahr
- [26] M. Peters, S. Steidle, und H. Böhnsich, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden“, Stuttgart, Dez. 2020.
- [27] Behörde für Umwelt und Energie, „Wärmekataster Handbuch“, Hamburg, 2019.
- [28] Statistisches Bundesamt, „Stromerzeugung 2023: 56 % aus erneuerbaren Energieträgern“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/03/PD24_087_43312.html
- [29] LANUV, „Solarkataster NRW Methodik der Karte ‚Suchflächen für Freiflächen-PV‘“, Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/Media/Default/Dokumente/Methodik_Suchflaechen_Juli%202024.pdf
- [30] LANUV, „Solarkataster NRW Freiflächen-PV: Methodik der Karte ‚LEP-Flächen für raumbedeutsame Anlagen‘“, Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/Media/Default/Dokumente/Methodik_LEP_Juli%202024.pdf
- [31] LANUV, „Solarkataster NRW“. Zugegriffen: 1. September 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster
- [32] N. van Eck und M. Adam, „Künstliche Baggerseen als Wärmequelle für Groß-Wärmepumpen zur dekarbonisierten Wärmelieferung für Wärmenetze“.



- [33] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Plattform für Abwärme“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html
- [34] Stadtverwaltung WUppertal und Verbraucherzentrale WUppertal, „Gebäudetypologie der Stadt Wuppertal“, Gebäudetypologie der Stadt Wuppertal, Feb. 2016.
- [35] S. Kippelt, „Dezentrale Flexibilitätsoptionen und ihr Beitrag zum Ausgleich der fluktuierenden Stromerzeugung Erneuerbarer Energien“, TU Dortmund.



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energiesparrecht in Deutschland – Historischer Überblick [2].....	15
Abbildung 2: Energiebedarf in Deutschland in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Verkehr und Industrie aufgeteilt nach Energieträgern und Verwendung [3].....	21
Abbildung 3: Trinkwassererhitzung nach Gebäudetyp [6].....	24
Abbildung 4: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Raumwärme und Trinkwarmwasser [7].....	25
Abbildung 5: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Grundlast und Spitzenlast[7].....	25
Abbildung 6: Mögliche Ausführungen der wesentlichen Bauteile von Gebäuden hinsichtlich der Dämmung [9].....	28
Abbildung 7: Temperaturklassen und Heizkörper [10].....	28
Abbildung 8: Beispielhafte Heizkurven verschiedener Heizsysteme [10].....	29
Abbildung 9: Art der Wärmedämmung im Überblick und nach Wandtypen [6].....	30
Abbildung 10: Verglasungsarten nach Fensterbaujahr in Deutschland [6].....	31
Abbildung 11: Sanierungsrate und -zyklus [11].....	32
Abbildung 12: Prozentualer Anteil der gedämmten Flächen von Außenwänden, Fußböden, Kellerdecken und Dächern in verschiedenen Wohngebäudetypen, unterteilt nach Baujahren (Stand 2010) [6].....	33
Abbildung 13: Nachträglich gedämmte Bauteilfläche von Außenwänden, Fußböden/Kellerdecken und Dächern (Stand 2010) [6].....	34
Abbildung 14: EE-Technologien zur Wärmeerzeugung.....	35
Abbildung 15: Typische Wärme-Jahresdauerlinie von Haushalten für ein Hybridsystem [7].....	43
Abbildung 16: Flächennutzung der Stadt Kempen [12].....	48
Abbildung 17: Dominierender Gebäudetyp auf Baublockebene.....	49
Abbildung 18: Anzahl der Gebäude je Baujahresklasse.....	50
Abbildung 19: Dominierende Baujahresklasse auf Gebäudeebene.....	51
Abbildung 20: Anzahl der Gebäude nach spezifischem Wärmebedarf.....	51
Abbildung 21: Lage des Erdgasnetzes auf Baublockebene.....	52
Abbildung 22: Lage der Wärmenetze.....	53
Abbildung 23: Jährlicher Wärmebedarf (alle Sektoren) in GWh.....	57
Abbildung 24: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Haushalte) in GWh.....	57
Abbildung 25: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Kommune) in GWh.....	58
Abbildung 26: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor GHD) in GWh.....	58
Abbildung 27: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Industrie) in GWh.....	59
Abbildung 28: Jährlicher Wärmebedarf der Wärmenetzanschlüsse in GWh.....	59
Abbildung 29: Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene.....	60
Abbildung 30: Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene.....	61
Abbildung 31: Anteil von Wärmenetzen am Wärmebedarf auf Baublockebene.....	62
Abbildung 32: Anteil von Strom am Wärmebedarf auf Baublockebene.....	62
Abbildung 33: Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene.....	63
Abbildung 34: Anteil von sonstigen Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene.....	64
Abbildung 35: Anteil von undefinierten Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene.....	65
Abbildung 36: Dominierender Energieträger (bezogen auf Wärmebedarf) auf Baublockebene.....	65
Abbildung 37: Anzahl Gebäude nach Energieträger.....	66



Abbildung 38: Anzahl der Gebäude mit Erdgas zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	67
Abbildung 39: Altersstruktur der Erdgasheizungen	67
Abbildung 40: Anzahl der Gebäude mit Heizöl zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	68
Abbildung 41: Altersstruktur der Ölheizungen	69
Abbildung 42: Anzahl der Gebäude mit Wärmenetzanschluss zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	70
Abbildung 43: Anzahl der Gebäude mit Strom zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	70
Abbildung 44: Anzahl der Gebäude mit Biomasse zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	71
Abbildung 45: Anzahl der Gebäude mit sonstigem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	72
Abbildung 46: Anzahl der Gebäude mit undefiniertem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	72
Abbildung 47: Wärmeflächendichte auf Baublockebene	73
Abbildung 48: Wärmeliniedichte auf Straßenzugebene	74
Abbildung 49: Lokalisation von Großverbrauchern auf Baublockebene	75
Abbildung 50: Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers	76
Abbildung 51: Anteil Erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers (nur Wärmenetze).....	76
Abbildung 52: Jährliche Treibhausgasemissionen (alle Sektoren) in Tsd. t.....	77
Abbildung 53: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Haushalte) in Tsd. t.....	78
Abbildung 54: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Kommune) in Tsd. t.....	78
Abbildung 55: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor GHD) in Tsd. t.....	79
Abbildung 56: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Industrie) in Tsd. t.....	79
Abbildung 57: Potenziale erneuerbarer Wärmeerzeugung Kempen aus der Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung in NRW [16].....	81
Abbildung 58: Übersicht der ermittelten Potenziale aus dem Transformationsplan für das bestehende Wärmenetz Kempen [17].....	82
Abbildung 59: Potenziale für Freiflächensolaranlagen – nach LANUK und LEP [31]	84
Abbildung 60: Spezifisches PV-Dachflächen-Potenzial auf Baublockebene in Kempen in kWp/m ² ..	85
Abbildung 61: Oberflächennahe Geothermie: Gebiete mit Nutzungseinschränkungen.....	87
Abbildung 62: Oberflächennahe Geothermie: Wärmeleitfähigkeit des Bodens [21].....	88
Abbildung 63: Standorte industrieller Abwärme	91
Abbildung 64: Lösungsraum der Wärmetechnologien	94
Abbildung 65: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs durch Sanierung.....	96
Abbildung 66: Sanierungspotenzial auf Baublockebene.....	97
Abbildung 67: Eignung der Gebäude in Abhängigkeit der Technologien	99
Abbildung 68: Eignung der Wärmeversorgungsart Luft-Wasser-Wärmepumpe für das Zieljahr 2045	100



Abbildung 69: Eignung der Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ für das Zieljahr 2045	101
Abbildung 70: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wärmenetz“ für das Zieljahr 2045	102
Abbildung 71: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wasserstoff“ für das Zieljahr 2045	103
Abbildung 72: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Hauptszenario).....	104
Abbildung 73: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren zwischen 2030 und 2040 (Hauptszenario).....	105
Abbildung 74: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario).....	106
Abbildung 75: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Verbrauchssektoren bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario).....	107
Abbildung 76: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario).....	108
Abbildung 77: Jährlicher Wärmebedarf der gasnetzversorgten Gebäude (Hauptszenario)	108
Abbildung 78: Anzahl der Gebäude am Gasnetz (Hauptszenario)	109
Abbildung 79: Anzahl der Gebäude am Wärmenetzen (Hauptszenario)	109
Abbildung 80: Wärmebedarf der Wärmenetze nach Energieträgern.....	110
Abbildung 81: Elektrische Leistung der strombasierten Heizungen im Stützjahr 2045 auf Baublockebene (Hauptszenario).....	111
Abbildung 82: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Nebenszenario).....	112
Abbildung 83: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (Nebenszenario)	113
Abbildung 84: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario).....	113
Abbildung 85: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario).....	114
Abbildung 86: Anzahl der Gebäude am Wärmenetzen (Nebenszenario).....	114



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakterisierung der Wohngebäude nach Baujahresklassen nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [4]	22
Tabelle 2: Typische Heizwärmebedarfe von Wohngebäuden [5].....	23
Tabelle 3: Heizlastdichte in W/m^2 für unterschiedliche Baujahre und Gebäudetypen [5].....	23
Tabelle 4: Datengrundlage für die Bestands- und Potenzialanalyse	47
Tabelle 5: Erzeugungsanlagen des Fernwärmenetzes Kempen	54
Tabelle 6: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Auf dem Zanger“	54
Tabelle 7: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Am Dixhof“	55
Tabelle 8: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Haus Padenberg“	55
Tabelle 9: Erzeugungsanlagen des Wärmenetzes „Wartsberg“	55
Tabelle 10: Betrachtete Sanierungsklassen.....	95
Tabelle 11: Aufgaben der Akteure	120