



Projektabschlussbericht

Kommunale **Wärmeplanung** der Gemeinde Kürten.

Impressum

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Kürten

Auftraggeber: Gemeinde Kürten, Karlheinz-Stockhausen-Platz 1, 51515 Kürten

Durchgeführt durch die BMU Energy Consulting GmbH

Autoren:

Dr.-Ing Tobias Müller

Dr.-Ing Christian Möller

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:

Februar 2025

Titelbild-Bildnachweis:

Anita Weyer-Breidenbach

Logo Gemeinde Kürten:

Gemeinde Kürten

Gender-Hinweis:

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



Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	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.....	21
2.6 Detaillierte Analyse des Wärmebedarfes.....	22
2.7 Sanierung	28
2.8 EE-Technologien zur Wärmeerzeugung.....	36
2.9 Wärmenetze	47
3 Bestandsanalyse.....	50
3.1 Datengrundlage.....	50
3.2 Vorprüfung	50
3.3 Allgemeine Informationen.....	50
3.4 Wärmebedarf nach Energieträgern und Sektoren.....	56
3.5 Anzahl dezentraler Erzeuger	64
3.6 Wärmebedarfsdichte und Großverbraucher	69
3.7 Anteil der erneuerbaren Energien.....	72
3.8 Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Sektoren.....	72
4 Potenzialanalyse	76
4.1 Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung	76
4.2 Solare Potenziale	77
4.3 Gewässer.....	79
4.4 Abwasser (Kanäle und Kläranlagen).....	82
4.5 Biomasse.....	83
4.6 Geothermie.....	84
4.7 Industrielle Abwärme.....	85
5 Entwicklung der Zielszenarien.....	86



5.1	Allgemeines	86
5.2	Grundlagen zum Technologiewechsel	86
5.3	Auswirkungen der Sanierung	88
5.4	Eignung der Gebäude für Wärmeversorgungstechnologien	91
5.5	Zielszenarien	95
5.6	Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr 2045	109
6	Umsetzungsstrategie	112
6.1	Darstellung der empfohlenen Maßnahmen	112
6.2	Verstetigungsstrategie	116
6.3	Controllingkonzept	119
	Literaturverzeichnis	122
	Abbildungsverzeichnis	124
	Tabellenverzeichnis	127



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 gelangen, ist eine große Herausforderung. Für die Gemeinde Kürten bedeutet das insbesondere die gasbasierten Heizungen in den urbanen Teilen der Kommune bzw. ölbasierten Heizungen in den eher ländlich geprägten Regionen zu ersetzen. Andere Energieträger, wie beispielsweise Biomasse oder Strom, spielen in der heutigen Wärmeversorgung der Gemeinde noch eine untergeordnete Rolle.

Um eine klimaneutrale Wärmeversorgung aufzubauen, sind die Optionen grundsätzlich begrenzt. Insbesondere elektrische Wärmepumpen und klimaneutrale Wärmenetze sind zukünftig die vielversprechendsten Versorgungsarten in Deutschland. Feste oder gasförmige Biomasse als ergänzende Lösung und Wasserstoff bei entsprechender lokaler Verfügbarkeit werden ebenso als Teillösungen diskutiert, können aber beide in Deutschland, insbesondere aufgrund der Verfügbarkeit, keine grundlegenden Pfeiler der klimaneutralen Wärmeversorgung darstellen.

Aufgrund der eher losen Bebauung stellt die Platzverfügbarkeit für Außengeräte (insbesondere in Bezug auf potenzielle Schallimmissionen) bei Luft-Wasser-Wärmepumpen in Kürten keine nennenswerte Restriktion dar. Knapp 96 % der Gebäude sind aus Sicht der Schallimmissionen für Luft-Wasser-Wärmepumpen geeignet.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb eines zu bauenden Wärmenetzes ist eine entsprechend hohe Wärmebedarfsdichte notwendig. Da die Gemeinde Kürten ländlich geprägt ist, sind nur die Gebäude in der Kernbebauung der Gemeindeteilzentren von Kürten, Bechen, Dürscheid und Biesfeld bezogen auf die Wärmebedarfsdichte grundsätzlich für den Bau eines Wärmenetzes geeignet. Dies macht 39 % des Gebäudebestandes von Kürten aus. Als lokale Wärmequellen für potenzielle Wärmenetze wären hier insbesondere oberflächennahe Geothermie und die Kürtener Sülz als Fließgewässer interessant.

Wasserstoff soll in Deutschland aus volkswirtschaftlicher Sicht insbesondere im Industrie- und Mobilitätssektor eingesetzt werden, weshalb die Nutzung im Wärmesektor nur bei begünstigten lokalen Faktoren vorgesehen ist. Dadurch, dass Kürten geographisch nah am geplanten Wasserstoff-Kernnetz liegt und das Erdgasnetz zur Deckung der lokalen Wasserstoffbedarfe in der Industrie vermutlich in Teilen umgewidmet werden müsste, ist der Einsatz von Wasserstoff in Teilen in der Kürtener Wärmeversorgung vorstellbar. 13 % der Gebäude liegen in potenziellen Eignungsgebieten für Wasserstoffnetze.

Im Rahmen der Szenarienbetrachtung werden drei Szenarien untersucht. Insgesamt lässt sich aus den Szenarien der Schluss ziehen, dass die Wärmeversorgung der Gemeinde Kürten zukünftig vor allem von dezentralen Lösungen, wie Wärmepumpen und Pellet-Heizungen geprägt sein wird. Wasserstoff und kleinere Wärmenetze könnten auch einen Teil der Wärmeversorgung übernehmen, jedoch wird trotzdem der Großteil des Gemeindegebiets von dezentralen Lösungen versorgt werden.

Um den weiteren Transformationsprozess der Wärmeversorgung transparent zu gestalten, sollte die Kommune weiterhin einen engen Austausch mit den Bürgerinnen und Bürgern halten. Dies könnte



durch regelmäßige Informationsveranstaltungen sowie die Einbettung von Inhalten auf der kommunalen Website passieren. Die potenzielle Umstellung der Wärmeversorgung von Erdgas auf Strom hat große Auswirkungen auf die Gas- und Stromnetzinfrastuktur. Dementsprechend ist es empfehlenswert, dass die jeweiligen Netzbetreiber in weiteren Studien die detaillierten Rückwirkungen auf die Netzinfrastrukturen aus strategischer Sicht näher betrachten.



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
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
NRW	Nordrhein-Westfalen
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 In Nordrhein-Westfalen (NRW) wurde dies mit dem LWPG Ende 2024 umgesetzt.²

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.

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) lediglich ca. 19 % [1]. Von diesen 19 % (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.³ Neben der flächendeckenden Umstellung der dezentralen Wärmeversorgung von Gebäuden auf erneuerbare Energien, die insbesondere durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) geregelt wird, gilt es, die leistungsgebundene Wärmeversorgung über Wärmenetze weiter auszubauen und zu beschleunigen.⁴ 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.

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.

¹ Im Rahmen dieses Berichts beziehen wir uns auf das Wärmeplanungsgesetz mit dem Stand 27.11.2024

² Im Rahmen dieses Berichts beziehen wir uns auf das Landeswärmeplanungsgesetz mit dem Stand 20.01.2025

³ Im Rahmen dieses Berichts beziehen wir uns auf das Bundes-Klimaschutzgesetz mit dem Stand 27.11.2024

⁴ Im Rahmen dieses Berichts beziehen wir uns auf das Gebäudeenergiegesetz mit dem Stand 27.11.2024



Gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen sowie 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 % der leitungsgebundenen Wärme klimaneutral erzeugt werden.
- Bestehende Wärmenetze müssen ab dem Jahr 2030 zu einem Anteil von mindestens 30 % und bis 2040 von mindestens 80 % mit Wärme aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination daraus gespeist werden.
- Für neue Wärmenetze wird mit den neuen Vorgaben des GEG ein erneuerbare Energien-/unvermeidbare Abwärme-Anteil von 65 % verlangt.

2 Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung

2.1 Projektablauf

Der inhaltliche Projektablauf der kommunalen Wärmeplanung gliedert sich in vier Hauptphasen: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Szenario-Entwicklung (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 Potenzialanalyse, werden die Potenziale zur Effizienzsteigerung identifiziert und bewertet sowie die Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen und Abwärme analysiert. In der dritten Phase, der Szenario-Entwicklung, 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

Da die Wärmewende und die Gesetzgebung in den letzten Monaten und Jahren an einigen Stellen zu Verwirrung geführt haben, wird im Folgenden kurz auf die Verbindlichkeit, die zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie gilt, eingegangen. Diese ergibt sich aus dem Wärmeplanungsgesetz. Nachfolgend sind wesentlichen 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 Wasserstoffnetzausbaubereich

- (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 Wasserstoffnetzausbaug Gebiet 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 Wasserstoffnetzausbaug Gebiet 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. Hier sind vorweg zum Bericht die wichtigsten Punkte festgehalten, welche insbesondere aus Sicht der Bürgerinnen und Bürger zu erwarten sind:

- 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 unter zusätzlichem Einbezug der Bereitschaft der anzuschließenden Kunden eine Entscheidung über den Bau des Wärmenetzes 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. Dahingehend ist zu empfehlen, Kontakt zu zertifizierten Energieberaterinnen und 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 mehr als 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

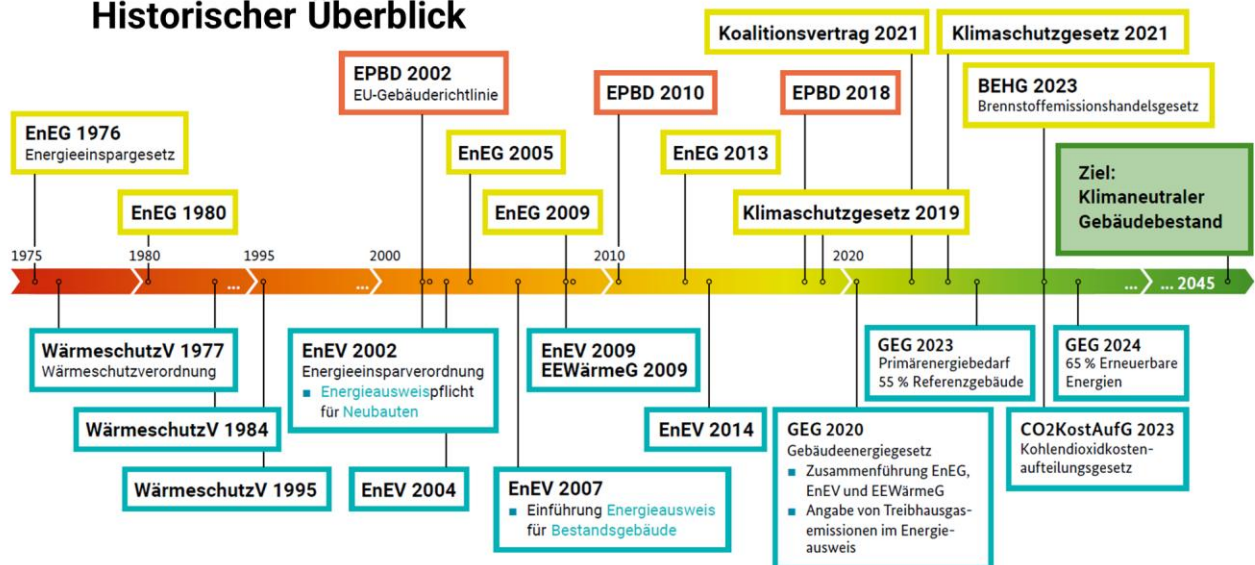


Abbildung 1: Energiesparrecht in Deutschland – Historischer Überblick [2]

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. In Kombination mit dem zuvor genannten Biogas kann auch die Methanisierung von Wasserstoff eine Rolle spielen.

- 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 % 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 Zeitrahmen 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 geplante 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 der betroffene 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. 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 ortsüblich 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.

Die Eignungsprüfung untersucht die Eignung des Gebiets für Wärme- oder Wasserstoffnetze. Gebiete, die sich nicht für solche Netze eignen, unterliegen einer verkürzten Wärmeplanung. Die Fortschreibung des Wärmeplans erfolgt alle fünf Jahre für ungeeignete Gebiete, um Änderungen in der Eignung zu berücksichtigen bzw. erneut zu überprüfen. Die Bestandsanalyse ermittelt den aktuellen Wärmebedarf, die genutzten Energieträger und die vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen im Gebiet. Die Potenzialanalyse quantifiziert Potenziale zur Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien und zur Energieeinsparung.

Das Zielszenario beschreibt die langfristige Entwicklung der Wärmeversorgung basierend auf den Ergebnissen der Analysen und unter Beteiligung der betroffenen Akteure. Die Einteilung des Gebiets in Wärmeversorgungsgebiete und die Darstellung der Wärmeversorgungsarten werden ebenfalls berücksichtigt. Die planungsverantwortliche Stelle kann Maßnahmen zur Umsetzung identifizieren und realisieren.

Für Gemeindegebiete mit mehr als 45.000 Einwohnern müssen Wärmepläne zusätzliche Anforderungen erfüllen, wie die Einhaltung des Grundsatzes der Energieeffizienz und die Analyse von Finanzierungsmöglichkeiten. Ein vereinfachtes Verfahren für die Wärmeplanung reduziert den Beteiligtenkreis und ermöglicht den Ausschluss eines Wasserstoffnetzes für Teilgebiete unter bestimmten Bedingungen.

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 beplante 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 zu 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 Gas betreiben oder betreiben wollen. Die Eignung für eine Versorgung mit grünem Gas im Zieljahr wird für jedes beplante 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 Gas 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. Das 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.

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.

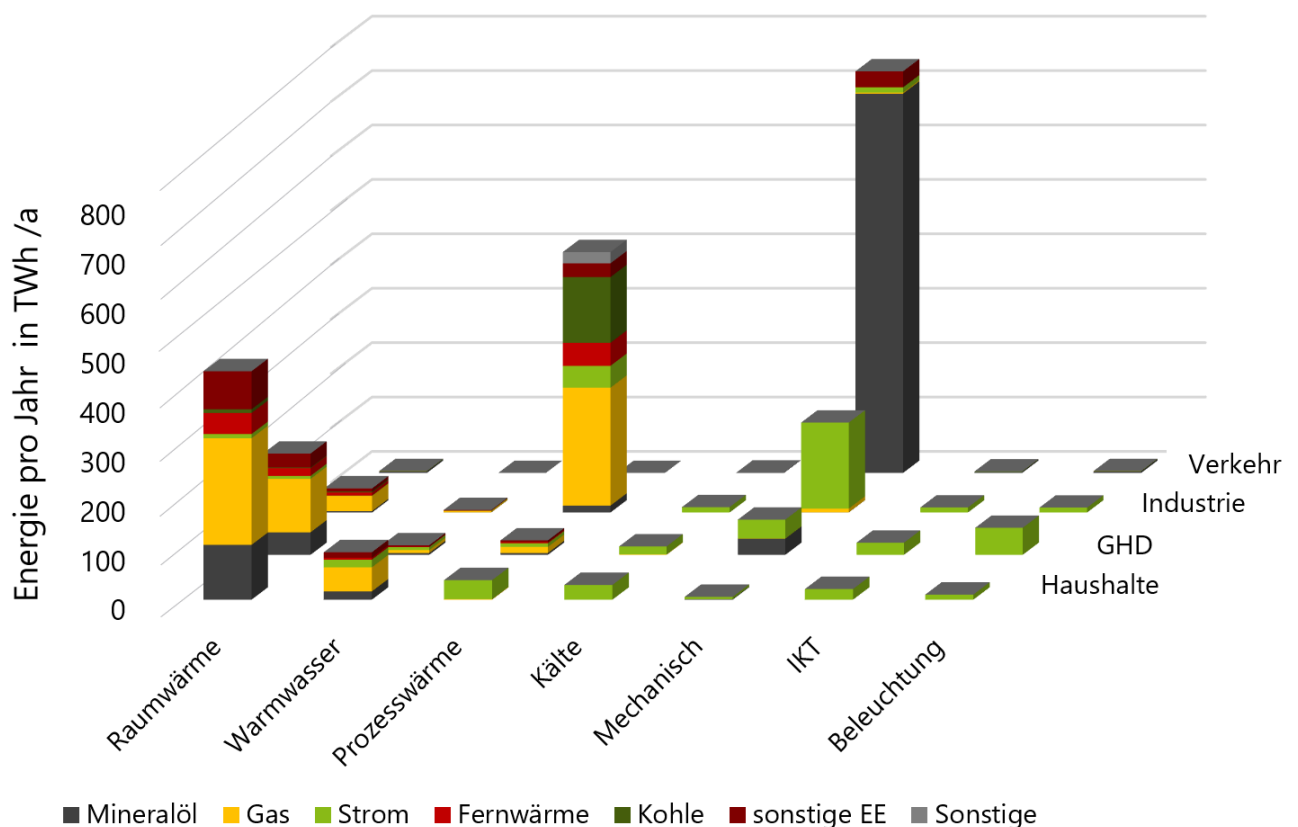


Abbildung 2: Energiebedarf in Deutschland in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Verkehr und Industrie aufgeteilt nach Energieträgern und Verwendung [3]

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 Grüngasnetze (Wasserstoff und gasförmige Biomasse) werden Erdgasnetze teilweise ablösen.

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, $\Delta t = 50$ K, $k = 8$ W/m² K (U-Wert), bei 2000 Heizstunden pro Jahr. $Q = k \times F \times \Delta t$ (Mittelwerte).

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

Die Entwicklung der Heizlastdichte (in Watt pro Quadratmeter) für verschiedene Gebäudetypen, abhängig vom Baujahr, ist in Tabelle 3 dargestellt. 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/m^2 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
Reihenendhaus	160	150	130	110	160	90	55
Reihenmittelhaus	140	130	120	100	140	85	50
Mehrfamilienhaus - bis acht WE	130	120	110	75	65	60	45
Mehrfamilienhaus - über acht 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 (BJ) steigt dieser Anteil auf 90 %. Daher wird davon ausgegangen, dass der Trend zur integrierten Warmwasseraufbereitung in modernen Gebäuden weiterhin zunehmen wird.

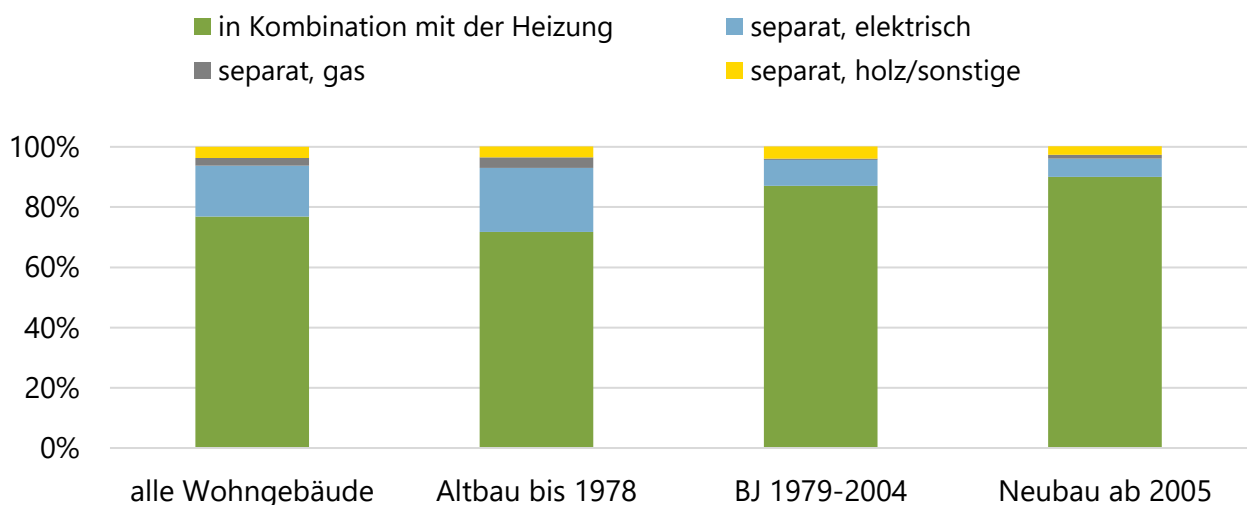


Abbildung 3: Trinkwassererhitzung nach Gebäudetyp nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]

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.

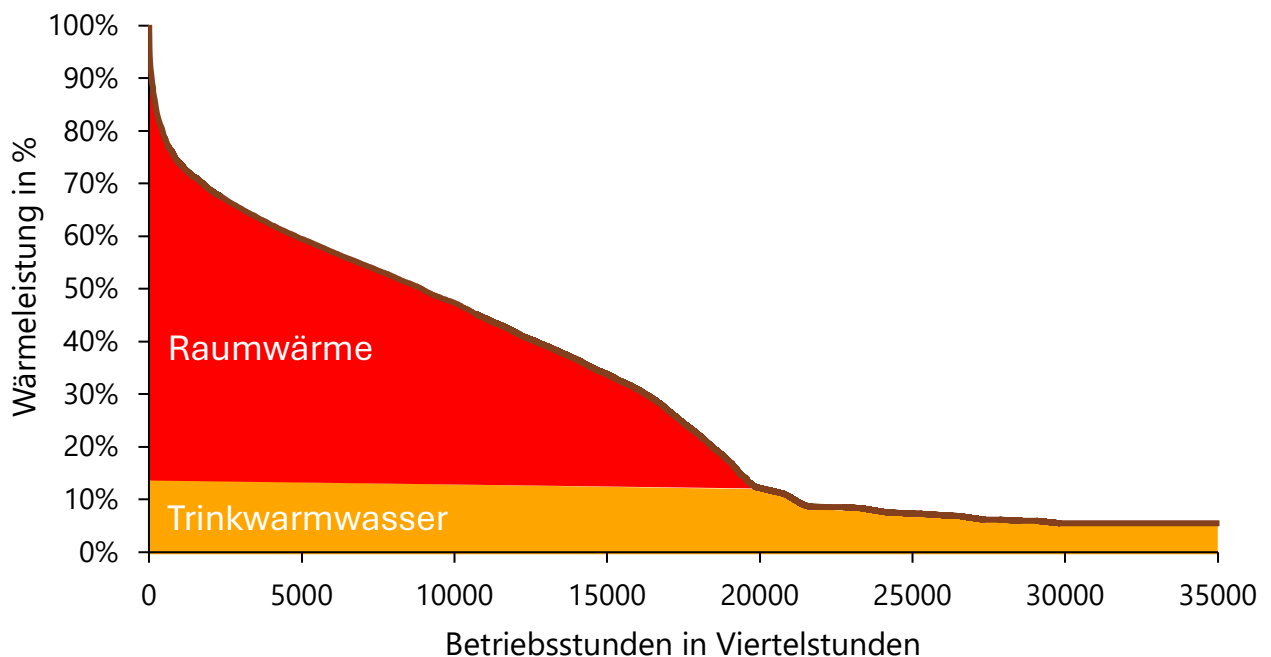


Abbildung 4: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Raumwärme und Trinkwarmwasser [7]

Daraus lassen sich unter anderem zwei wichtige Kenngrößen erkennen: die Spitzenleistung und der 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 5 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].

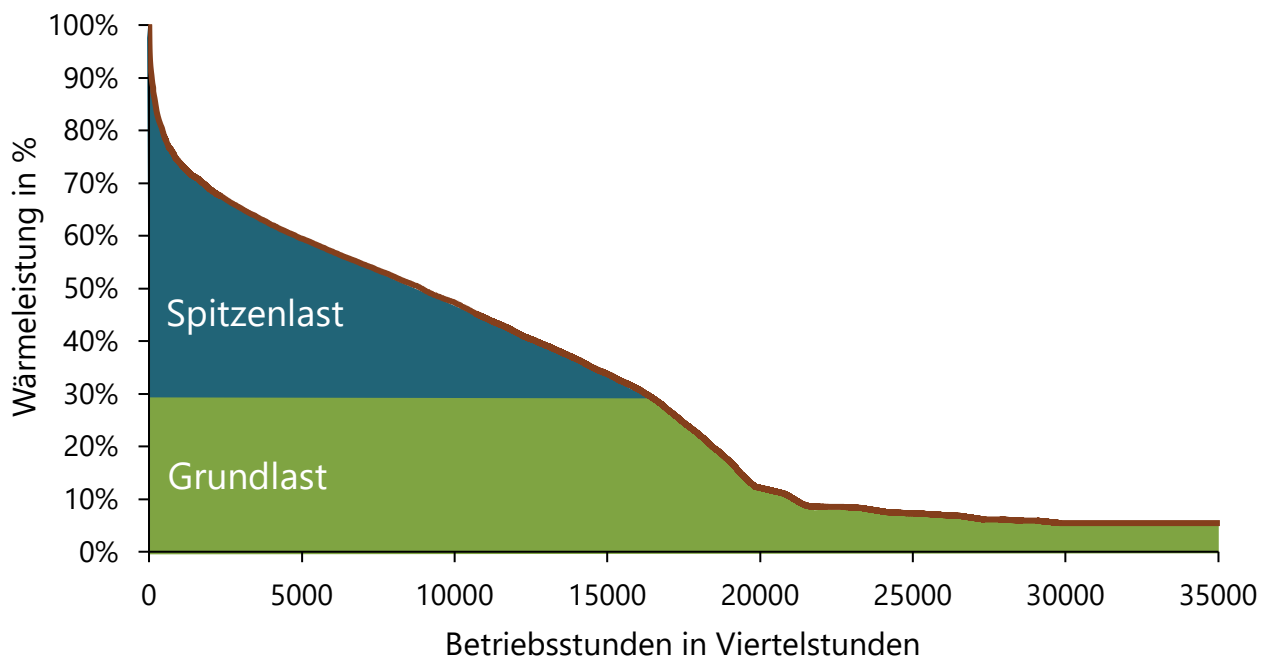


Abbildung 5: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Grundlast und Spitzenlast[7]

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 Umweltauswirkungen 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 traten erste Regelungen zur Verbesserung der Wärmedämmung von Neubauten in Kraft. 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.

Bauteil	Mögliche Ausführungen	U-Wert in $W/(m^2K)$
Außenwand	Eichenfachwerk mit Lehmausfachung, Vollziegelmauerwerk, zweischaliges Ziegelmauerwerk, Bimsvollsteine, Gitterziegel, Kalksandlochsteine, Holzständerwand, Wärmedämmverbundsystem	1,90 bis 0,21
Kellerdecke	Holzbalkendecke mit Strohlehmwickel, schiefelechte 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 nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [9]

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

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 Rücklauftemperatur	Effizienz
Hochtemperatur	Guss-, Rippen- Flach-, Kompakt- heizkörper	90/70 °C	Niedrig
Mitteltemperatur	Niedertemperatur-Konvektoren, Flach-, Kompakt-heizkörper	70/50 °C	Mittel
Niedrigtemperatur	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 Vorlauf-temperatur je nach Außentemperatur für Hoch-, Mittel- und Niedrigtemperatur-Heizsysteme ändert.

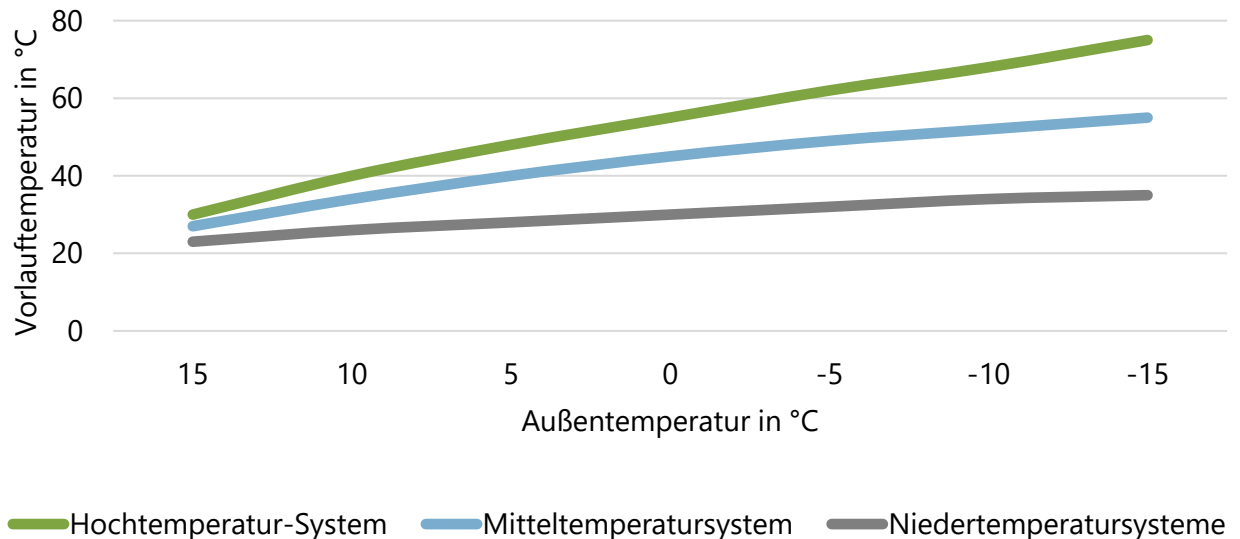


Abbildung 8: Beispielhafte Heizkurven verschiedener Heizsysteme [10]

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.

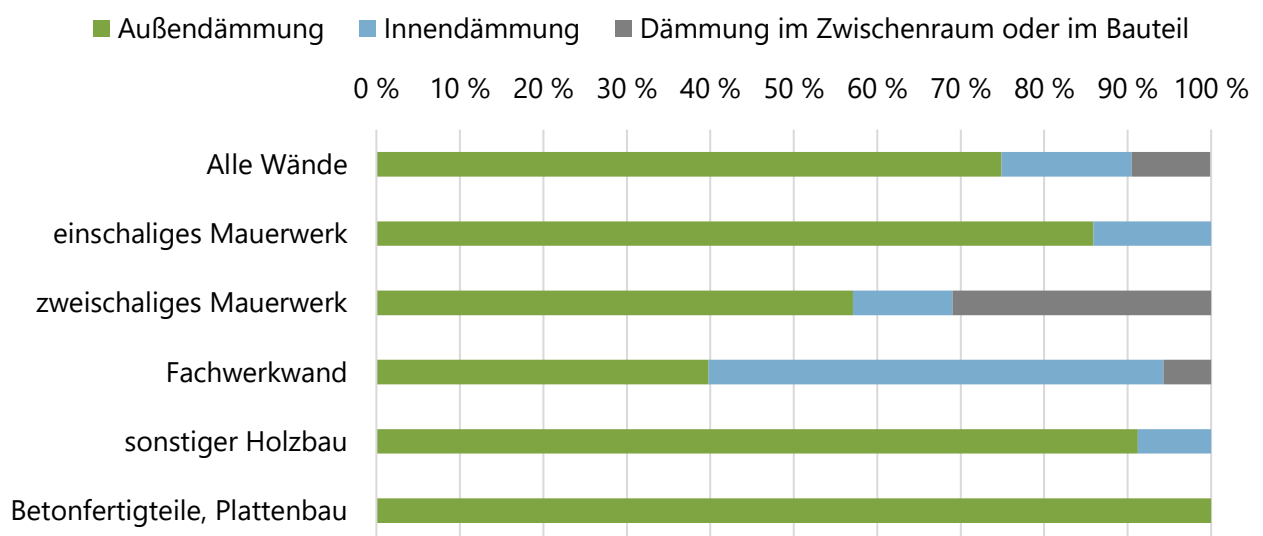


Abbildung 9: Art der Wärmedämmung im Überblick und nach Wandtypen nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]

Die Innendämmung kommt am meisten bei Fachwerkhäusern vor, was darauf zurückzuführen ist, dass das Aussehen dort oft denkmalgeschützt ist und sie eine komplexe Konstruktion aufweisen. Die Dämmung im Zwischenraum ist mit 9 % ebenfalls weniger relevant, was daran liegt, dass diese nur bei zweischaligen Mauerwerken mit Hohlraum möglich ist.

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 Lichteinstrahlung 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 - z.B. 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.

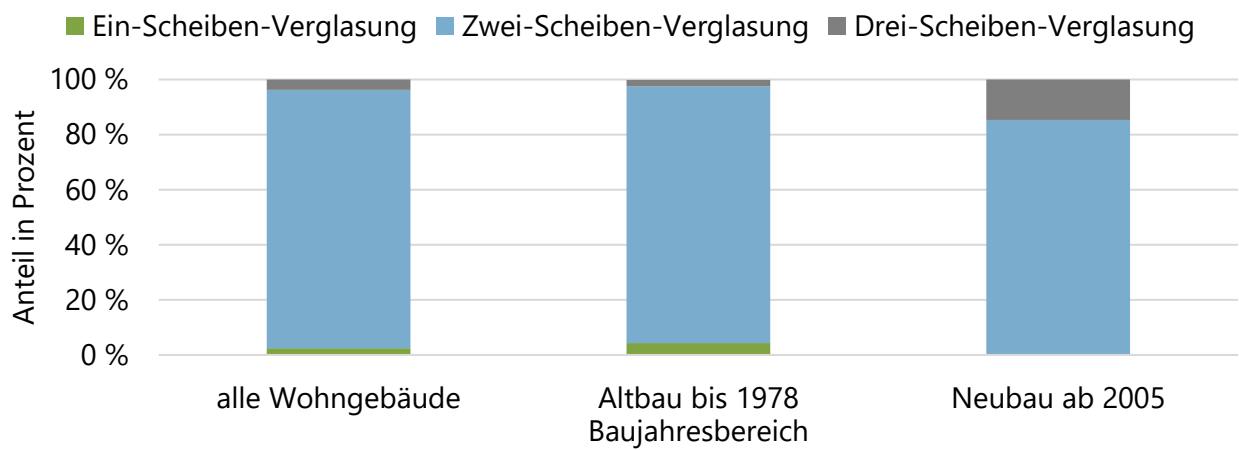


Abbildung 10: Verglasungsarten nach Fensterbaujahr in Deutschland nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]

2.7.8 Historische Sanierungsraten

Unter Sanierungsrate versteht man eine Kennzahl, welche Aufschluss über die durchschnittlich durchgeführte Anzahl an Sanierungen gibt. 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, das heißt 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.

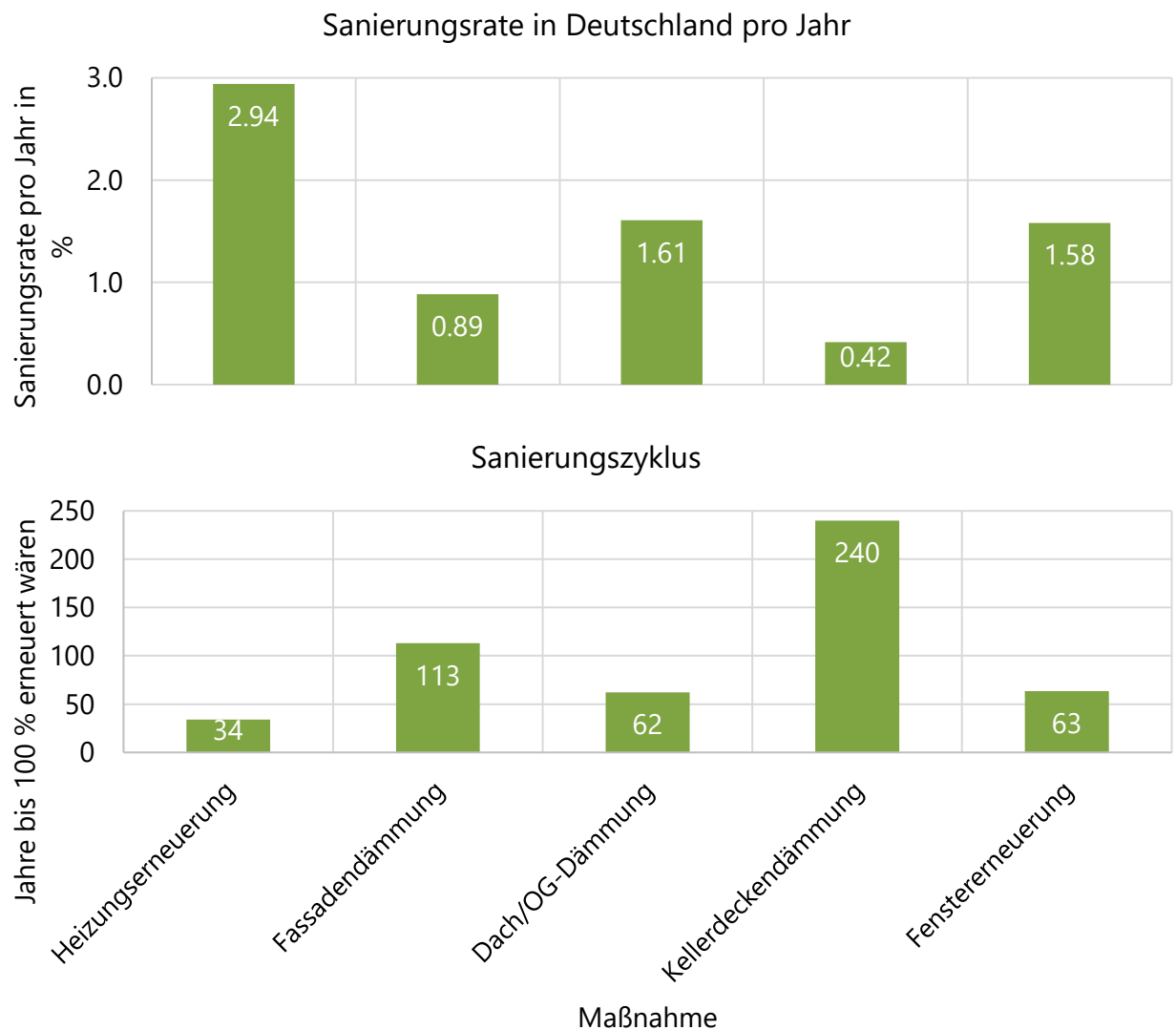


Abbildung 11: Sanierungsrate und -zyklus nach Umweltbundesamt [11]

Hingegen sind die Fenstererneuerung und die Dach- bzw. Obergeschossdämmung mit je ca. 60 Jahren deutlich häufiger und insbesondere für den Hauptgebäudebestand, der in den Jahrzehnten nach dem zweiten Weltkrieg gebaut wurde, 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 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.

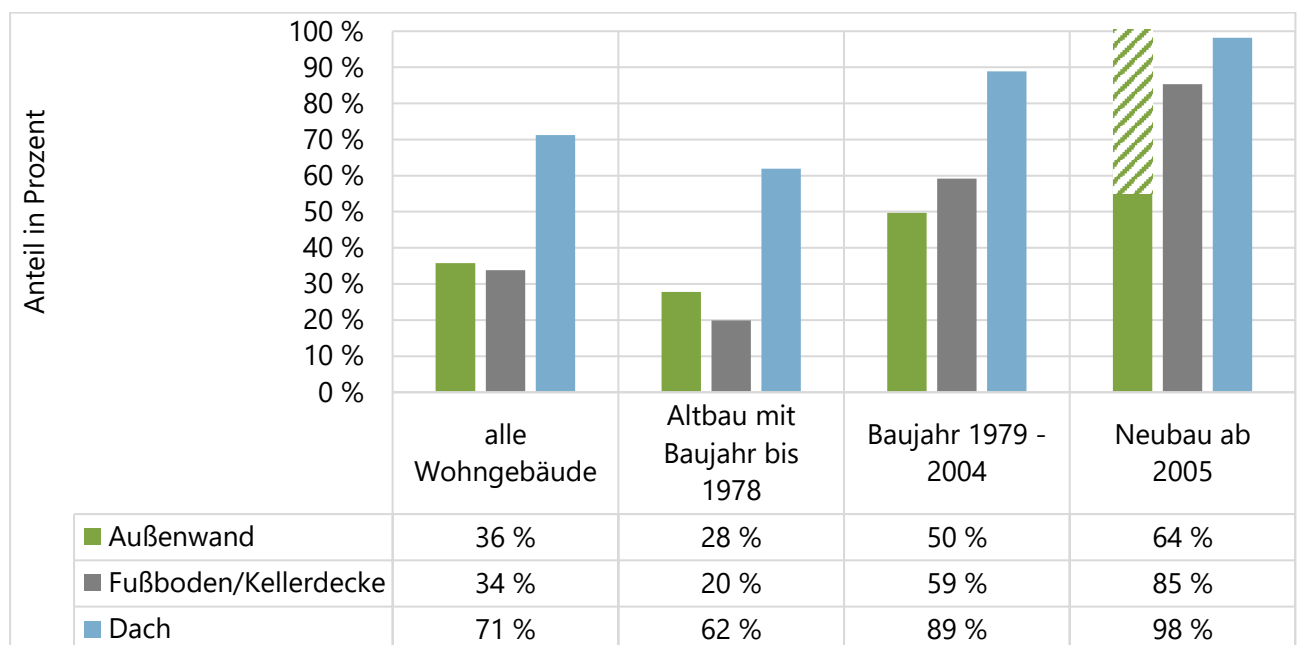


Abbildung 12: Prozentualer Anteil der gedämmten Flächen von Außenwänden, Fußböden, Kellerdecken und Dächern in verschiedenen Wohngebäudetypen, unterteilt nach Baujahren (Stand 2010), nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]

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.

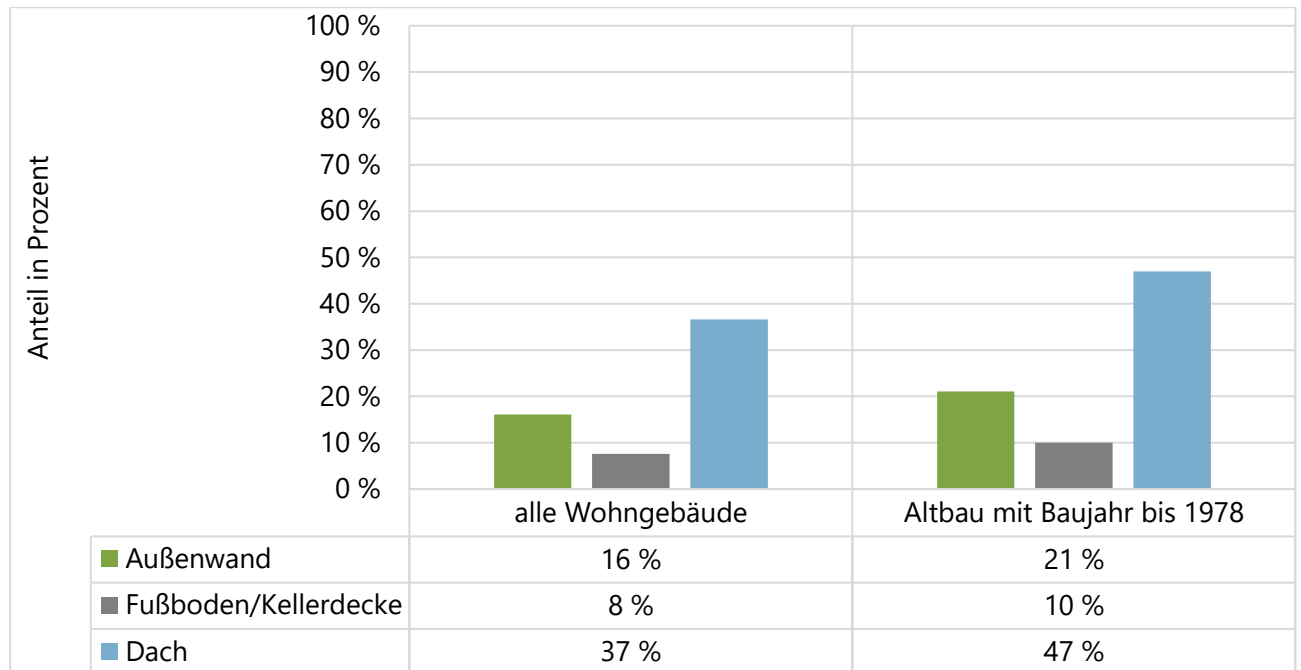


Abbildung 13: Nachträglich gedämmte Bauteilfläche von Außenwänden, Fußböden/Kellerdecken und Dächern (Stand 2010) nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]

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 Wärmeversorgung 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.

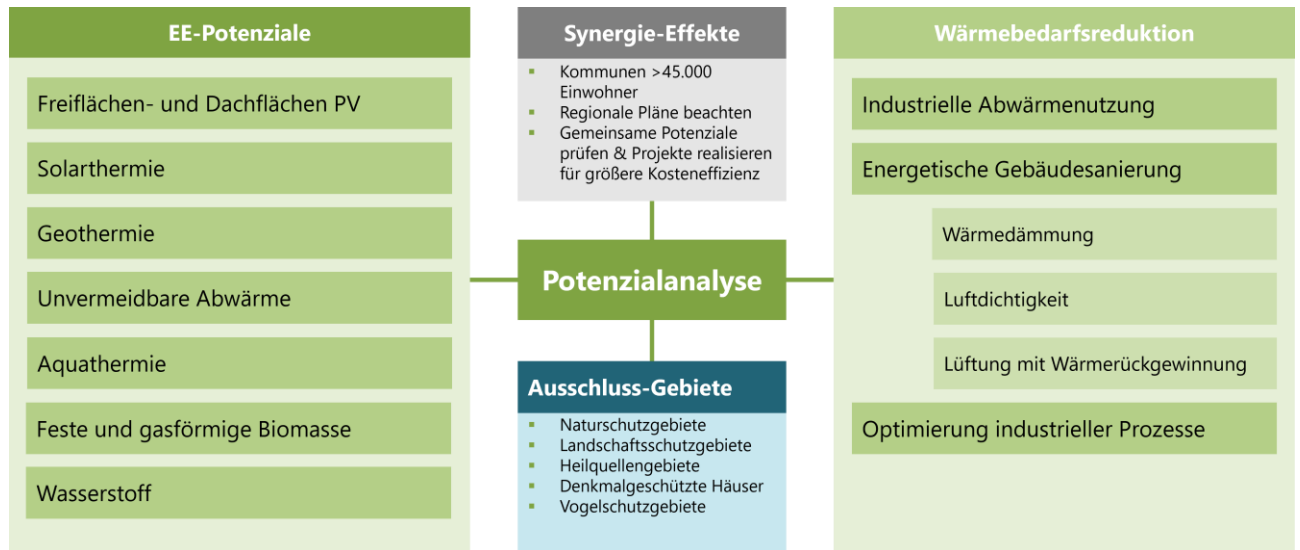


Abbildung 14: EE-Technologien zur Wärmeerzeugung

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 Erdbreich 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 vier 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 Schallimmissionen, 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 m 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 kW werden daher etwa 300 Quadratmeter Kollektoren benötigt (unter Annahme einer Jahresarbeitszahl (JAZ) von 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 sechs bis zehn 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 zehn 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 gesteinshaltigem 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 ein Liter pro Sekunde für eine Heizleistung von 15 kW, daher muss die Wassermenge ausreichend sein.

Grundwasser-Wärmepumpen erreichen laut Erfahrung der Verbraucherzentralen eine Jahresarbeitszahl 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 kW, 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 (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) 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. Bei ausreichender Verfügbarkeit kann Biogas auch direkt zur Einspeisung in das Erdgasnetz genutzt 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 % 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.

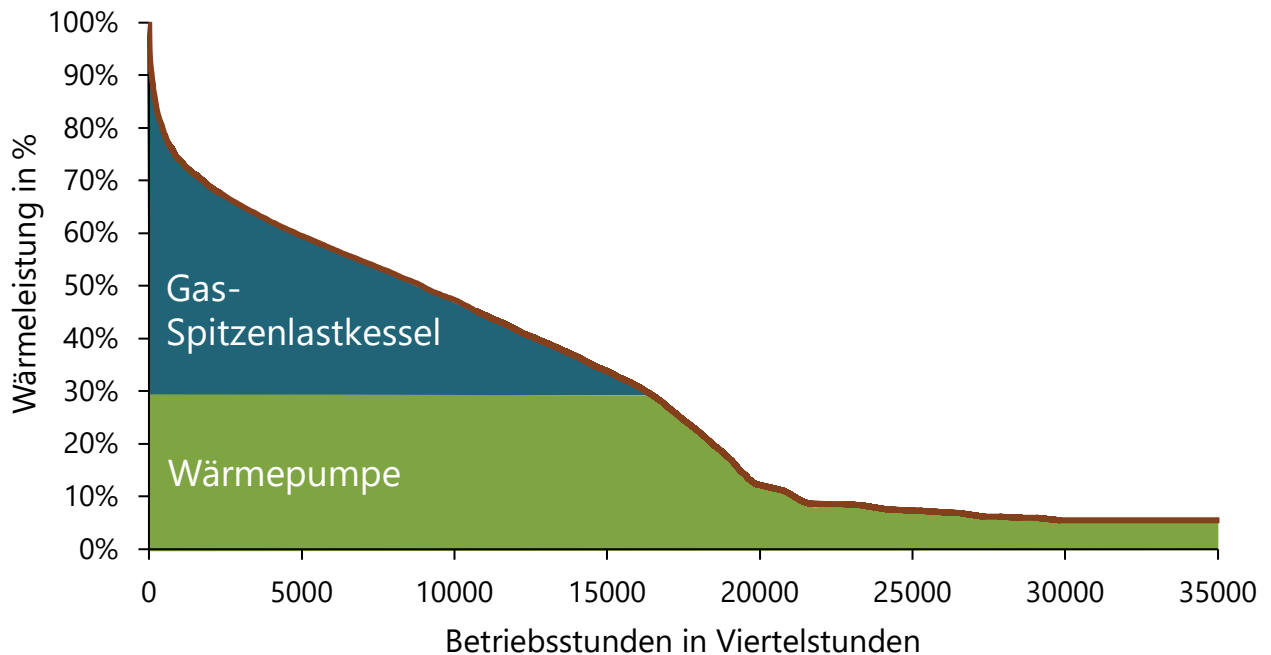


Abbildung 15: Typische Wärme-Jahresdauerlinie von Haushalten für ein Hybridsystem [7]

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 % 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 die bestehende Gasinfrastruktur weiter genutzt werden kann.

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 ist 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 werden. Diese umfassen sowohl geografische und infrastrukturelle Informationen als auch spezifische Gebäudedaten, die beispielsweise die Wärmeverbrauchsweite 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
ALKIS	Flurstücke	[12]
Befragung der Industrie	Lokale Potenziale zur Abwärmenutzung	-
BEW Bergische Energie und Wasser	Gasnetzinfrastruktur und Gasverbräuche	-
ELWAS-Web	Pegeldaten von Fließgewässern	[13]
Gemeinde Kürten	Trockenwetterabfluss Abwasser	-
Geofabrik (OpenStreetMap)	Flächennutzung	[14]
Geologischer Dienst NRW	Informationen zur Geothermie	[15]
Kehrdaten der Schornsteinfegerinnen und Schornsteinfeger	Dezentrale Heizungstechnologien (Verbrennungstechnologien)	-
Raumwärmebedarfsmodell (2024)	Statistische Daten zu Wärmebedarf, Sanierungsstand, Gebäudenutzung, Baujahresklasse und Ähnliches	[16]
Solarkataster NRW	Potenziale für Photovoltaik und Solarthermie	[17], [18]
Wärmestudie NRW	Potenziale erneuerbarer Energien	[19]
Wupperverband	Daten zur Großen Dhünntalsperre	[20]

3.2 Vorprüfung

Gemäß §14 des WPG kann für Teilgebiete, welche sich weder für ein Wärmenetz noch für ein Wasserstoffnetz eignen, eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt. Diese Teilgebiete können im Rahmen einer Vorprüfung identifiziert werden. Um für das komplette Gemeindegebiet von Kürten 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 Gemeinde. 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 Baualterklassen, 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.

3.3.1 Flächennutzung

Kürten ist eine Gemeinde im Rheinisch-Bergischen Kreis in Nordrhein-Westfalen. Sie besteht aus vielen verschiedenen Dörfern mit einer Gesamteinwohnerzahl von knapp 20.000 Einwohnern. Hierbei lässt sich die Kommune in folgende fünf Gemeindeteile untergliedern:

- Bechen
- Biesfeld
- Dürscheid
- Kürten
- Olpe

In Abbildung 16 ist die Flächennutzung der Gemeinde Kürten dargestellt.

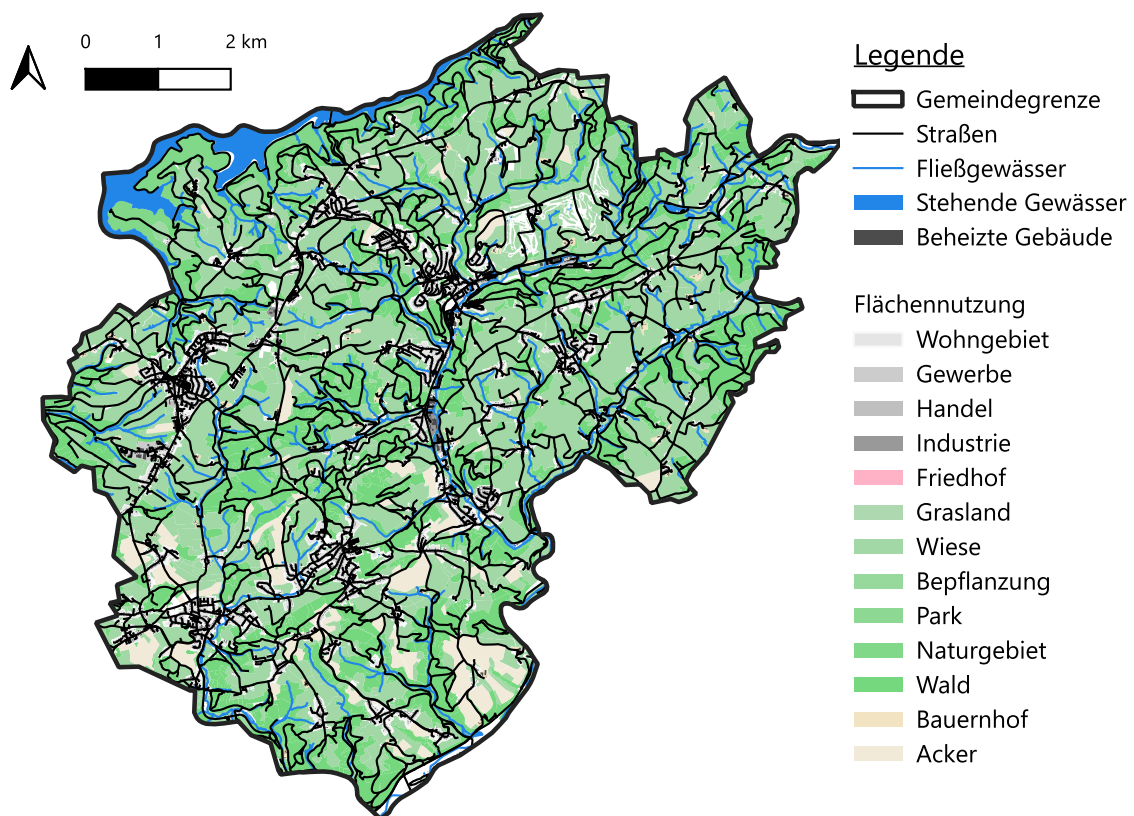


Abbildung 16: Flächennutzung in Kürten [14]

Das Gemeindegebiet ist geprägt von Wäldern und Wiesen, welche den Großteil der Fläche ausmachen. Das hügelige Gebiet von Kürten wird durchzogen von verschiedenen kleinen Fließgewässern (z.B. der Kürtener Sülz) und grenzt im Norden an die Große Dhünntalsperre, die zweitgrößte Trinkwassertalsperre Deutschlands. Bezogen auf die Gesamtfläche ist Kürten mit den verschiedenen Ortschaften eher dünn besiedelt. Die größten Gebäudeansammlungen liegen hierbei in den Gemeindeteilen „Kürten“ und „Bechen“.

3.3.2 Gebäudetypologie

Die Gebäudestruktur in Kürten wird dominiert von Einfamilienhäusern und in Teilen Reihenhäusern. Dies kann Abbildung 17 entnommen werden, in welcher der dominierende Gebäudetyp (bezogen auf die Anzahl der Gebäude) auf Baublockebene dargestellt ist.⁵ Es ist zu erkennen, dass 100 von 104 Baublöcken primär Einfamilienhäuser beinhalten, während nur drei der Baublöcke überwiegend Reihenhäusern aufweisen. Des Weiteren liegt in Kürten ein Baublock vor, welcher primär Nichtwohngebäude beinhaltet.

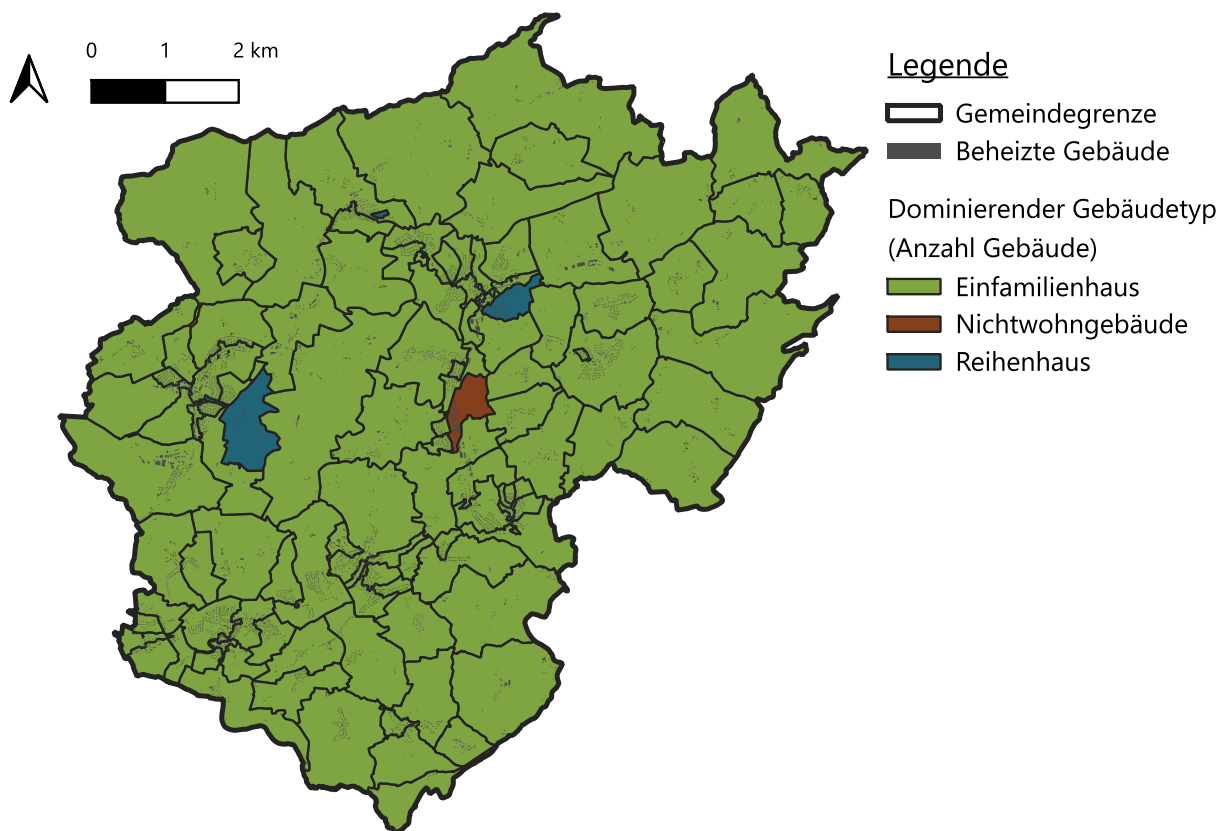


Abbildung 17: Dominierender Gebäudetyp auf Baublockebene

⁵ Als Baublock wird eine Ansammlung von Gebäuden bezeichnet, welche von sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen Grenzen eingeschlossen ist. In den Auswertungen dieses Projektes wird auf den Baublöcken des Rheinisch-Bergischen Kreises aufgesetzt.

Bezogen auf die Gesamtanzahl an beheizten Gebäuden (6.077 Gebäude) sind es in Kürten knapp 84 % Einfamilienhäuser, 5 % Reihenhäuser, 9 % Mehrfamilienhäuser und 2 % Nichtwohngebäude.

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 ganze Gemeinde dargestellt. Die dominierende Baujahrsaltersklasse je Baublock ist wiederum in Abbildung 19 dargestellt.

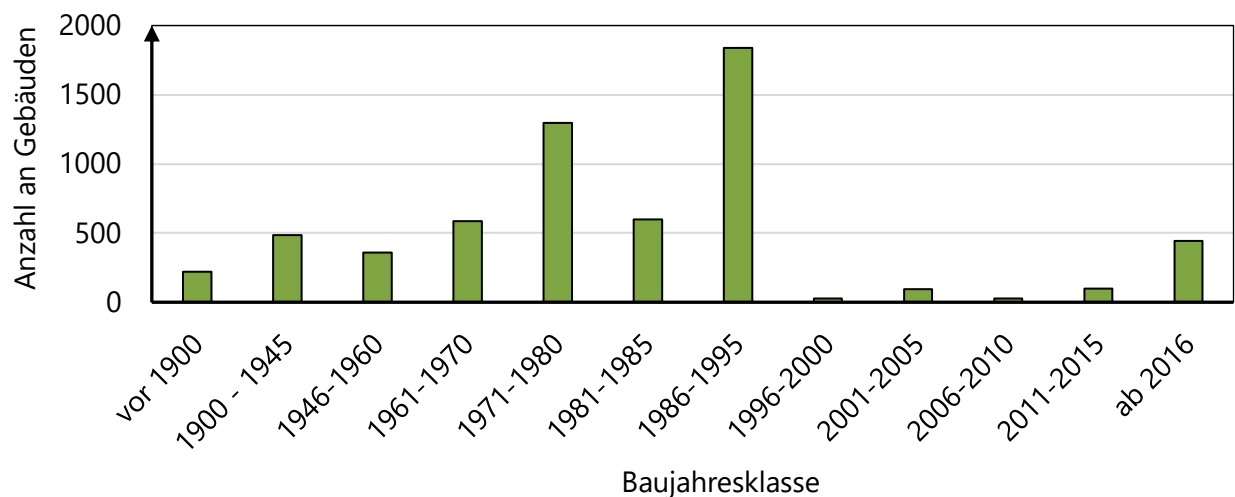


Abbildung 18: Anzahl der Gebäude je Baujahresklasse

Wie aus Abbildung 18 zu entnehmen ist, überwiegt in Kürten der Gebäudebestand aus den Baujahren zwischen 1971 und 1995. Diese Gebäude machen mit in Summe 3.731 Gebäuden knapp 61 % des Gebäudebestandes aus und zeichnen sich grundsätzlich durch einen hohen spezifischen Wärmebedarf von über $150 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ aus [21]. Gebäude mit einem Baujahr zwischen 1900 und 1930 sowie ab 1995 weisen geringere spezifische Wärmebedarfe auf. Diese Gebäude machen in Kürten knapp 20 % aus [21].

Anhand von Abbildung 19 ist zu sehen, dass das Alter der Gebäudestruktur in Kürten je nach Gemeindeteil variieren kann. Große Teile der Baublöcke in Olpe weisen beispielsweise primär Gebäude auf, welche vor 1945 errichtet wurden. In Bechen wiederum ist ein nennenswerter Teil der Gebäude aus den 1980er und 1990er Jahren. Aber auch Neubaugebiete mit Baujahr ab 2016 (z.B. in Kürten nahe Meiersberg), welche in der Regel einen spezifischen Wärmebedarf unter $100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ aufweisen, gibt es in Kürten [21].

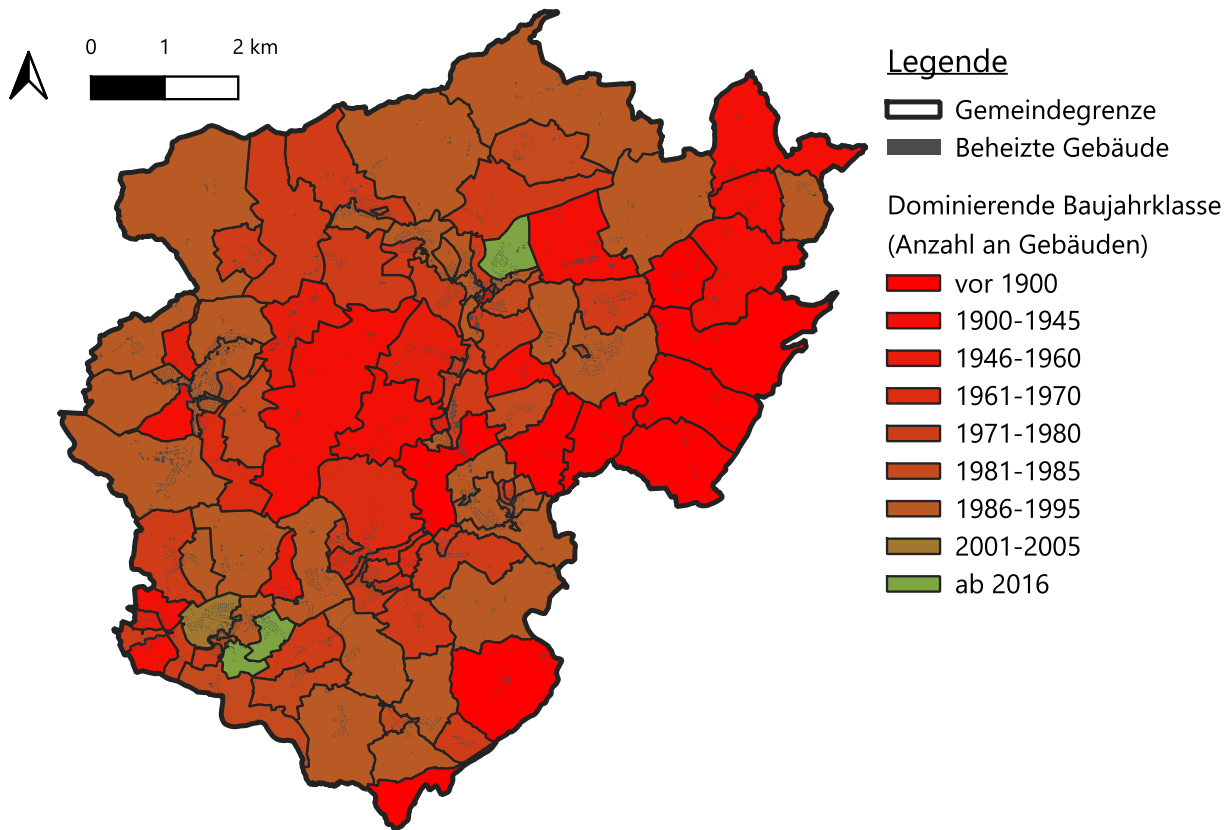


Abbildung 19: Dominierende Baujahresklasse auf Baublockebene

3.3.3 Netzinfrastrukturen

3.3.3.1 Erdgasnetz

Die Wärmeversorgung basierend auf dem öffentlichen Erdgasnetz spielt in Kärnten eine entscheidende Rolle (siehe Abschnitt 3.4). Abbildung 20 zeigt die Lage des Kärntener Erdgasnetzes auf Baublockebene. Im Großteil der Baublöcke in Kärnten sind Gebäude an das Erdgasnetz angeschlossen (mit Ausnahme im Osten von Olpe und Kärnten sowie einem Baublock in Dürscheid). Die Inbetriebnahme der ersten Leitungen erfolgte im Jahr 1988. Auf Kärnten bezogen liegt die gesamte Trassenlänge des Netzes bei 61,42 km. Insgesamt sind 3.520 Gebäude am Gasnetz angeschlossen, was wiederum knapp 58 % entspricht. Das Gasnetz in Kärnten wird von der BEW Bergische Energie- und Wasser-GmbH betrieben.

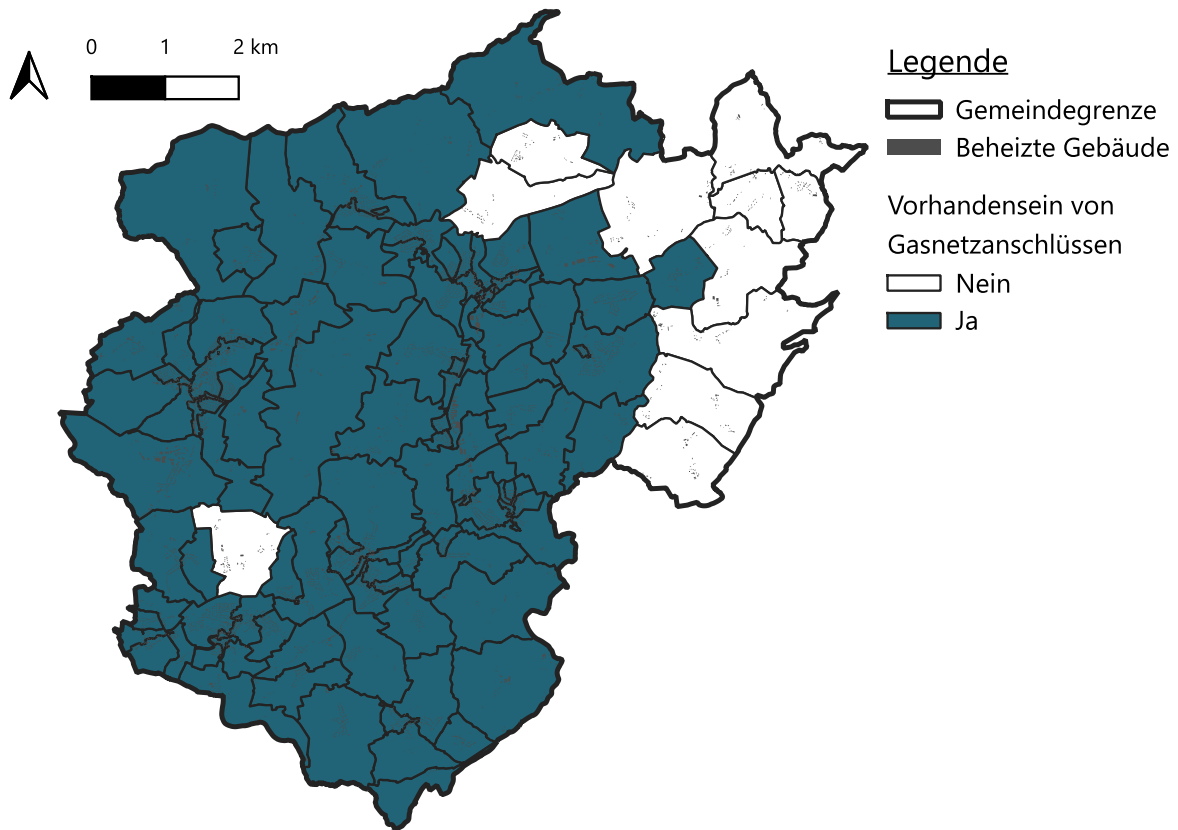


Abbildung 20: Lage des Erdgasnetzes auf Baublockebene

3.3.3.2 Wärmenetze

In der Gemeinde Kürten werden aktuell keine Wärmenetze betrieben oder konkret geplant.

3.3.3.3 Wasserstoffnetze

In der Gemeinde Kürten werden aktuell keine Wasserstoffnetze betrieben oder konkret geplant.

3.3.3.4 Wärme- und Gasspeicher

In der Gemeinde Kürten werden aktuell keine gewerblichen Wärme- oder Gasspeicher betrieben oder konkret geplant.

3.3.3.5 Anlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase

In der Gemeinde Kürten werden aktuell keine Anlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase betrieben oder konkret geplant.

3.3.3.6 Abwasser

Im Gemeindegebiet von Kürten werden zwei Kläranlagen betrieben. Hierbei handelt es sich um die Kläranlage Dürscheid im Gemeindeteil Dürscheid an der Grenze zur Stadt Bergisch Gladbach. Die Kläranlage Kürten liegt im Gemeindeteil Biesfeld an der Grenze zur Gemeinde Lindlar. Der gesamte Trockenwetterabfluss für das Gemeindegebiet Kürten liegt bei 722.000 m³ pro Jahr, welcher sich zu 60 % auf die Kläranlage Kürten und zu 40 % auf die Kläranlage Dürscheid aufteilt.

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
- Wärmenetz (liegt im Bestand in Kürten nicht vor)
- Strom (Wärmepumpen und Direktheizungen)
- Wasserstoff (liegt im Bestand in Kürten nicht vor)
- Biomasse (insbesondere Pellets und weitere holzbasierte Energieträger)
- Sonstiges (insbesondere Kohle und Flüssiggas)
- undefiniert (Eingangsdaten geben nicht genügend Aufschluss zur Identifizierung des Energieträgers)

Der jährliche Gesamtwärmebedarf für Kürten liegt bei 217,98 GWh (siehe Abbildung 21).⁶

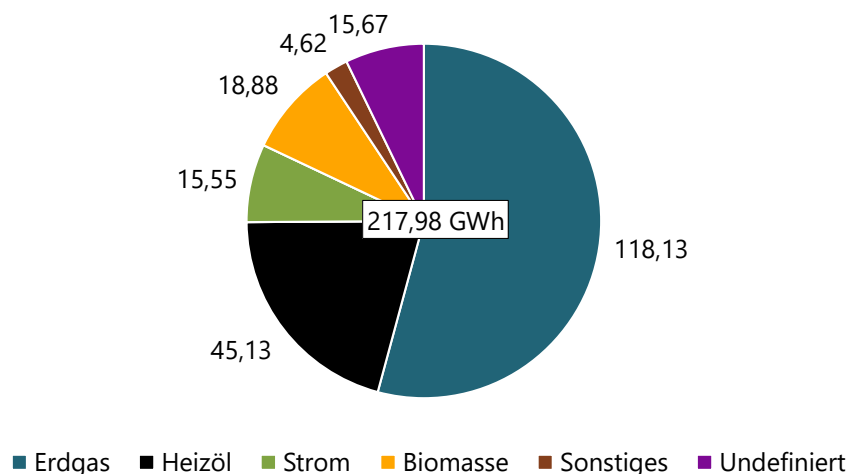


Abbildung 21: Jährlicher Wärmebedarf (alle Sektoren) in GWh

Von diesem Gesamtwärmebedarf entfallen 118,13 GWh auf den Energieträger Erdgas, was wiederum knapp 54 % entspricht. Heizöl ist der zweitwichtigste Energieträger mit 45,13 GWh (21 % des

⁶ 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)

Gesamtwärmebedarfs). Die restlichen knapp 25 % entfallen insbesondere auf Strom und Biomasse. Aus diesen Ergebnissen kann eindeutig identifiziert werden, dass die Wärmeversorgung in Kürten eine hohe Abhängigkeit von Erdgas aufweist und dieses durch erneuerbare Alternativen substituiert werden muss.

Mit 164,18 GWh (siehe Abbildung 22) macht der Haushaltssektor (Wohngebäude) knapp 75 % des jährlichen Wärmebedarfs aus. Damit ist dieser Sektor bezogen auf den Wärmebedarf der wichtigste Sektor im Vergleich zu den Sektoren GHD, Industrie und Kommune. Die Verteilung des Wärmebedarfs auf die einzelnen Energieträger ist hierbei sehr ähnlich zum Gesamtwärmebedarf von Kürten. 53 % des Wärmebedarfs werden über den Energieträger Erdgas gedeckt, während Heizöl knapp 23 % ausmacht.

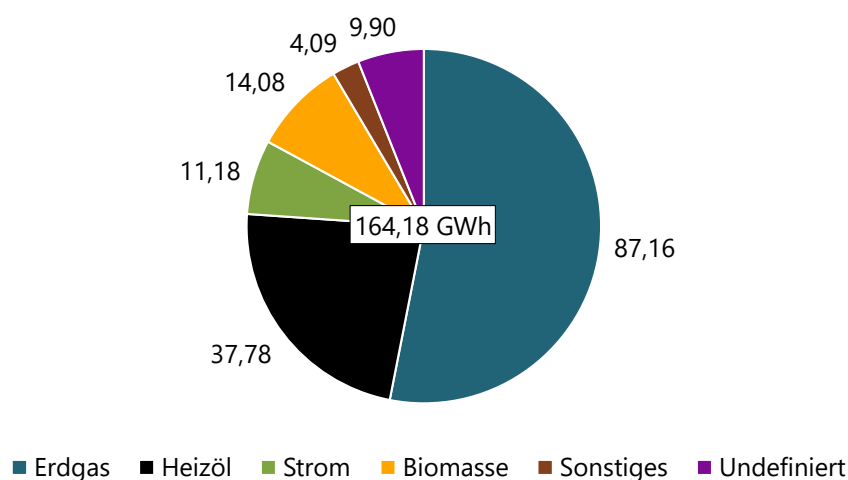


Abbildung 22: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Haushalte) in GWh

Der kommunale Sektor macht im Vergleich zum Haushaltssektor mit 8,42 GWh nur einen Anteil von 4 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs aus (siehe Abbildung 23). Dem kommunalen Sektor werden hierbei insbesondere Schulen, Kindergärten und z.B. das Rathaus zugeordnet. Im Gegensatz zum Gesamtwärmebedarf sowie dem Haushaltssektor ist der Anteil an Erdgas im kommunalen Sektor mit 88 % deutlich erhöht. Dies lässt sich damit erklären, dass kommunale Gebäude in der Regel zentral in der dichteren Bebauung liegen, welche in Kürten vom Gasnetz durchzogen wird.

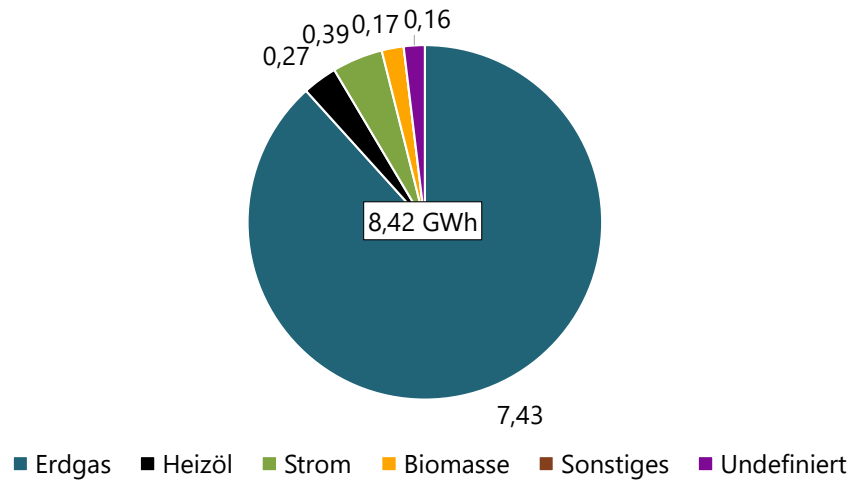


Abbildung 23: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Kommune) in GWh

Der jährliche Wärmebedarf für den GHD-Sektor (aufgeteilt auf die Energieträger) ist in Abbildung 24 dargestellt. Mit 31,89 GWh macht dieser knapp 15 % des Gesamtwärmebedarfs aus und ist damit nach dem Haushaltssektor der zweitverbrauchsintensivste Sektor in Kürten. Die Verteilung dieses Wärmebedarfs auf die Energieträger ist hierbei ähnlich zum Haushaltssektor, sodass Erdgas und Heizöl in Summe knapp 74 % des Wärmebedarfs im GHD-Sektor ausmachen.

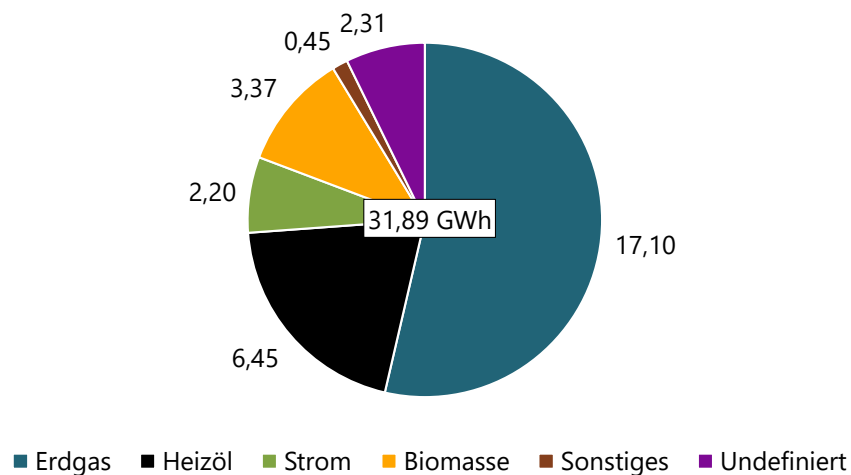


Abbildung 24: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor GHD) in GWh

Zuletzt ist noch der Industrie-Sektor zu betrachten, welcher in Abbildung 25 dargestellt ist. Kürten ist wenig von Industrie geprägt, weshalb dieser Sektor mit 5,02 GWh nur 2 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs ausmacht. Auch im Industriesektor liegt der Anteil, welcher durch Erdgas versorgt wird, bei knapp über 50 %. Der Anteil an Heizöl ist jedoch mit knapp 8 % eher gering.

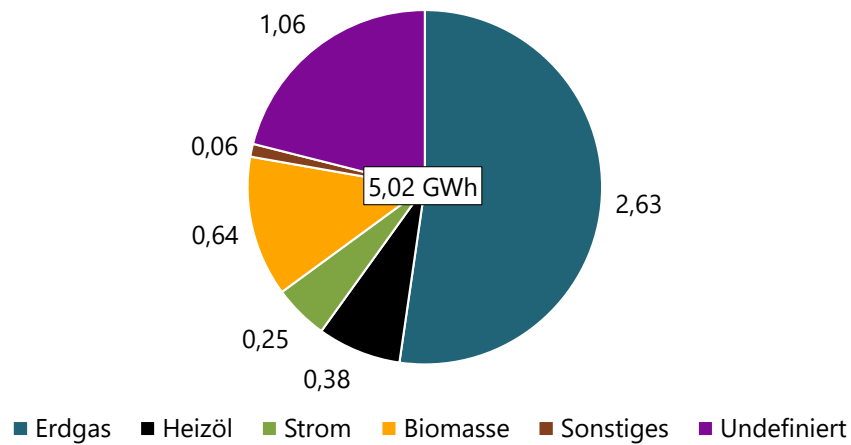


Abbildung 25: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Industrie) in GWh

Im Folgenden wird die geographische Verortung der Gesamtwärmebedarfe nach Energieträger auf Baublockebene beschrieben. In Abbildung 26 ist der Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene dargestellt. In Anlehnung an Abbildung 20 ist zu erkennen, dass in den meisten Baublöcken, welche Gasanschlüsse aufweisen, der Anteil von Erdgas am Wärmebedarf mindestens 25 % beträgt. In den dicht bebauten Bereichen aller Gemeindeteile ist der Anteil in der Regel je Baublock bei mindestens 50 % und in Teilen sogar bei über 75 %.

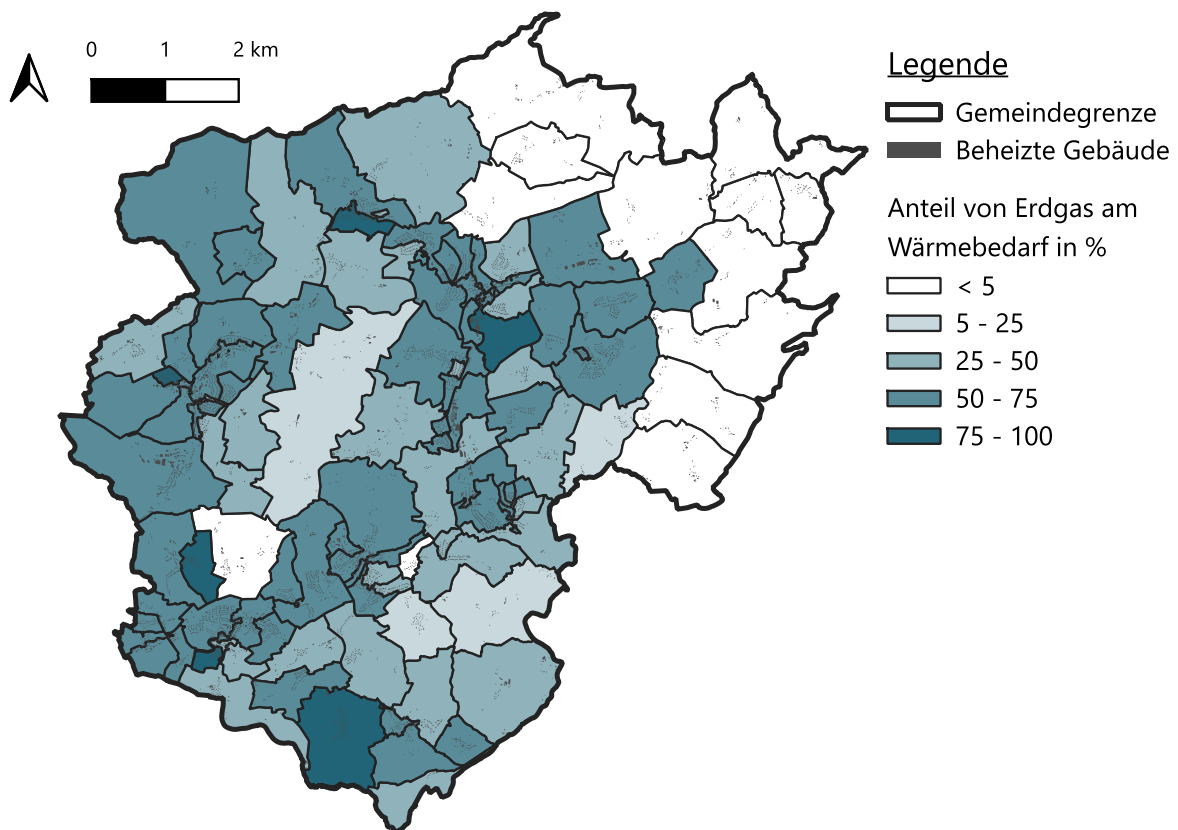


Abbildung 26: Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene

Der Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene ist wiederum in Abbildung 27 dargestellt. Dadurch, dass Heizöl im Gegensatz zu Erdgas keine leitungsgebundene Wärmeversorgung darstellt, ist Heizöl im kompletten Gemeindegebiet relativ homogen verteilt. In näherungsweise jedem Baublock macht Heizöl mindestens 5 % des Wärmebedarfs aus. Eine lokale Häufung von Gebäuden mit Ölheizungen gibt es vor allem in Baublöcken, welche gar keine oder nur wenig Gasnetzanschlüsse aufweisen, sodass dort Heizöl der primäre Energieträger (zwischen 25 % und 55 %) ist. Dies ist insbesondere in lose bebauten Gebieten der Fall, zum Beispiel in großen Teilen von Biesfeld, Olpe und Kürten.

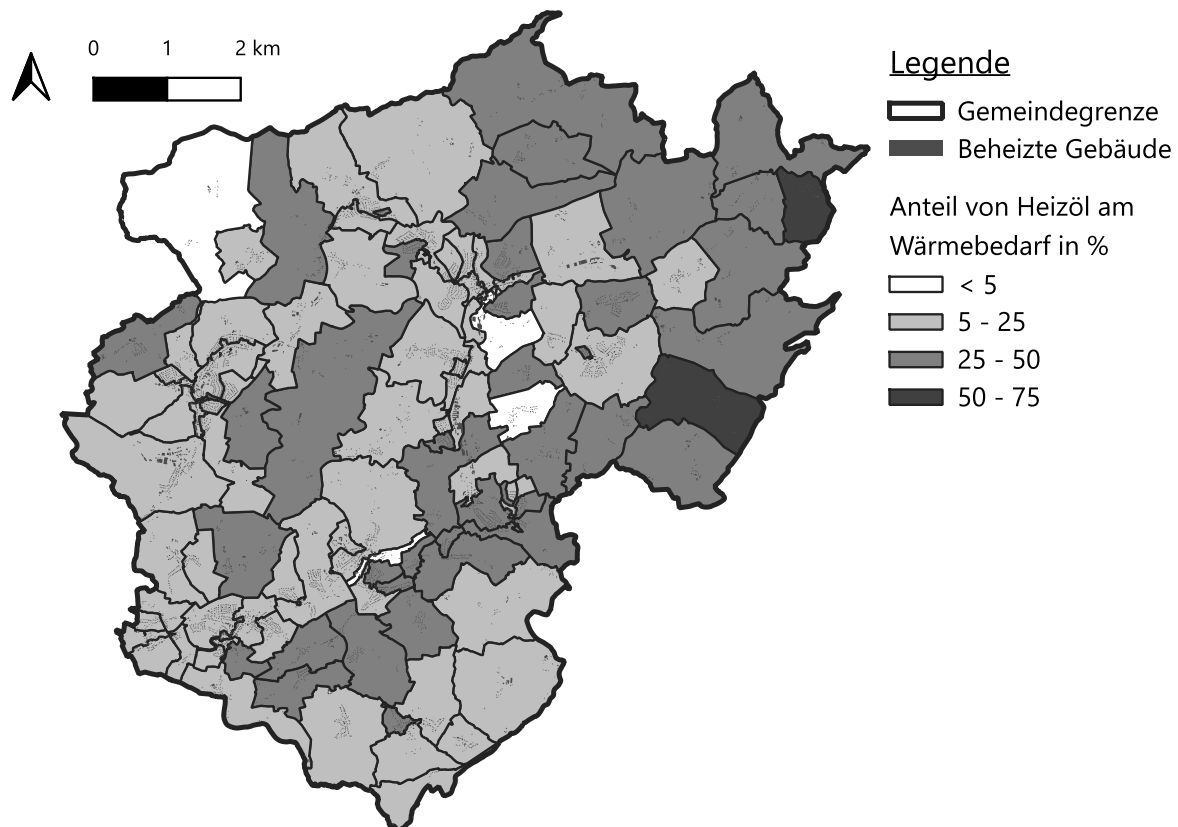


Abbildung 27: Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene

In der Wärmeversorgung von Kürten spielt Strom nur eine untergeordnete Rolle. Gemäß Abbildung 21 macht Strom mit 15,55 GWh knapp 7 % des Gesamtwärmebedarfs aus. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Strom im Bereich der Trinkwarmwassererzeugung eine relevante Rolle spielt, da in knapp 23 % der Gebäude Strom als Energieträger für Trinkwarmwassererzeugung genutzt wird. In drei Baublöcken (jeweils ein Baublock in Kürten, Biesfeld und Olpe) liegt der Anteil von Strom zwischen 25 % und 35 %, jedoch zeichnen sich diese Baublöcke durch eine geringe Anzahl an Gebäuden aus, sodass die absolute Anzahl an strombasierten Heizungen in diesen Baublöcken grundsätzlich eher gering ist (siehe Abbildung 28). Knapp 73 % der Baublöcke weisen einen Anteil von unter 10 % auf, welcher durch strombasierte Heizungen gedeckt wird.

Mit 18,88 GWh (entspricht 9 % des Gesamtwärmebedarfs) weist Biomasse eine ähnliche Größenordnung bezogen auf den Wärmebedarf wie Strom auf. Hierbei ist jedoch gemäß Abbildung 33 zu

erkennen, dass die Anzahl von Gebäuden, welche mit Biomasse als Energieträger zur Raumwärmebereitstellung versorgt werden, nur bei knapp 3 % liegt. Allerdings ist die Anzahl an Einzelraumheizungen in Kürten sehr hoch. Knapp 56 % der Gebäude weisen Einzelraumheizungen mit Biomasse als Energieträger (Kamine) auf, welche wiederum einen Teil der Raumwärmebereitstellung übernehmen.

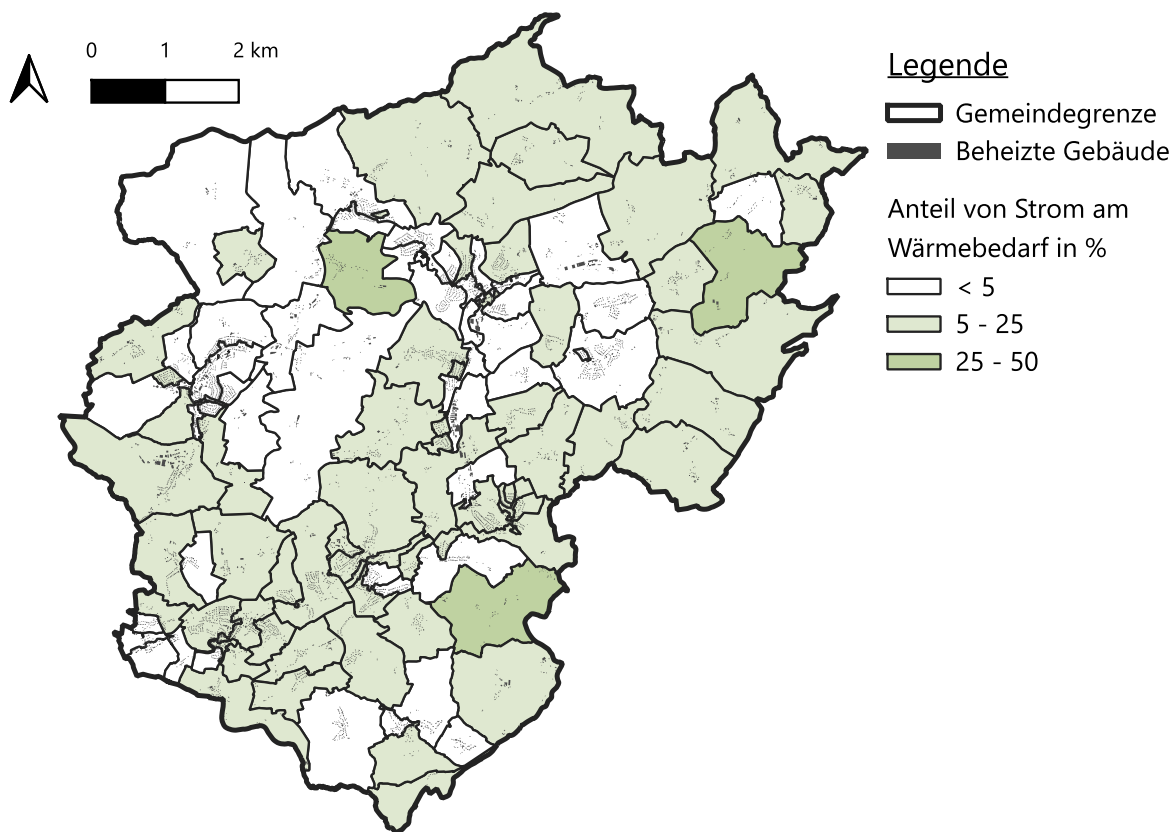


Abbildung 28: Anteil von Strom am Wärmebedarf auf Baublockebene

In Abbildung 29 ist der Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene dargestellt. Dadurch, dass ein Großteil der Energiemenge durch die Einzelraumheizungen verursacht wird, ist die Verteilung auf Gemeindeebene sehr homogen. Knapp 70 % der Baublocke weisen einen Anteil von Biomasse zwischen 5 % und 20 % auf. Baublocke mit einem geringen Anteil sind insbesondere Baublocke mit einer dichten Bebauung oder größeren Verbrauchern (z.B. Industrie), die dann wiederum keinen Kamin besitzen. Ähnlich zum Strom gibt es auch bei der Biomasse drei Baublocke, welche einen Anteil von 25 % bis 40 % aufweisen. Diese enthalten wiederum nur wenige Gebäude, sodass die absolute Anzahl an mit Biomasse versorgten Gebäude (bezogen auf die Raumwärmebereitstellung) auch in diesen Baublocken gering ist.

In Bezug auf die Energieträger, welche der Kategorie „Sonstiges“ zugeordnet sind, sind in Kürten fast ausschließlich Heizungen basierend auf Flüssiggas relevant. In Abbildung 30 sind die Anteile von sonstigen Energieträgern auf Baublockebene dargestellt.

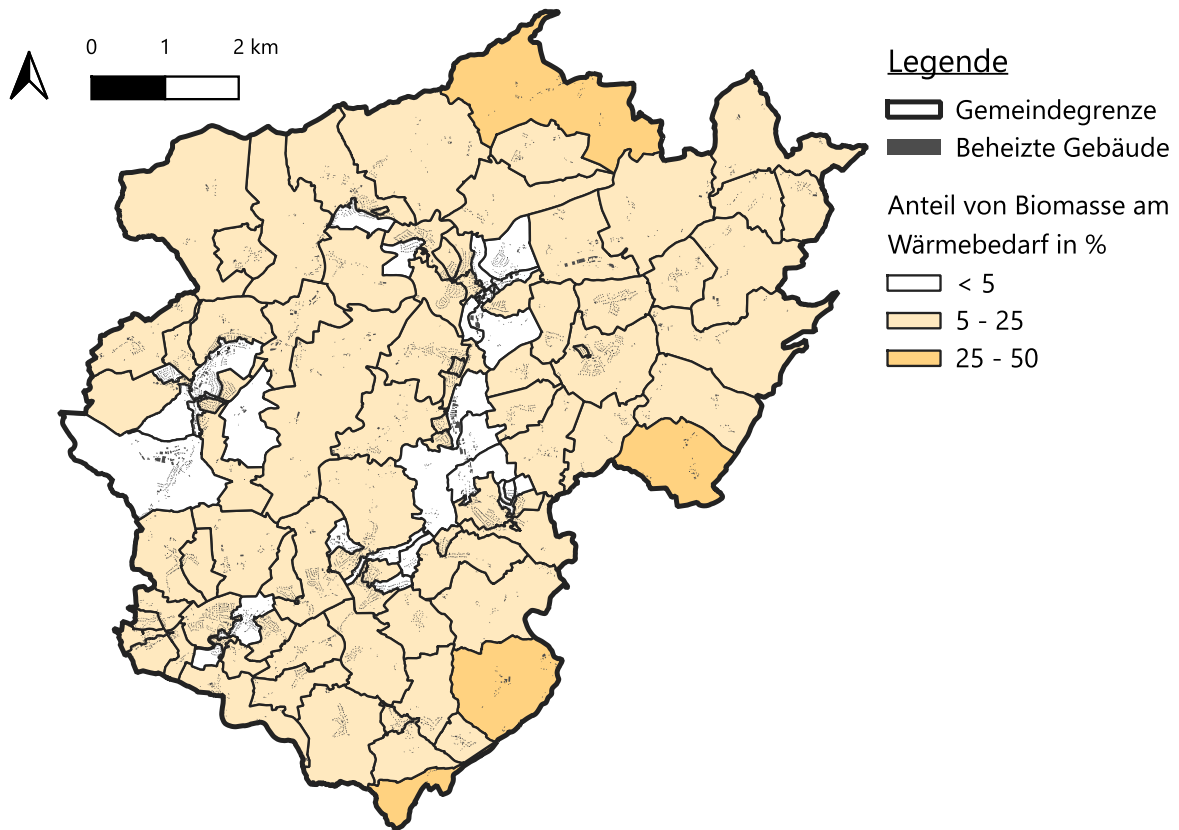


Abbildung 29: Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene

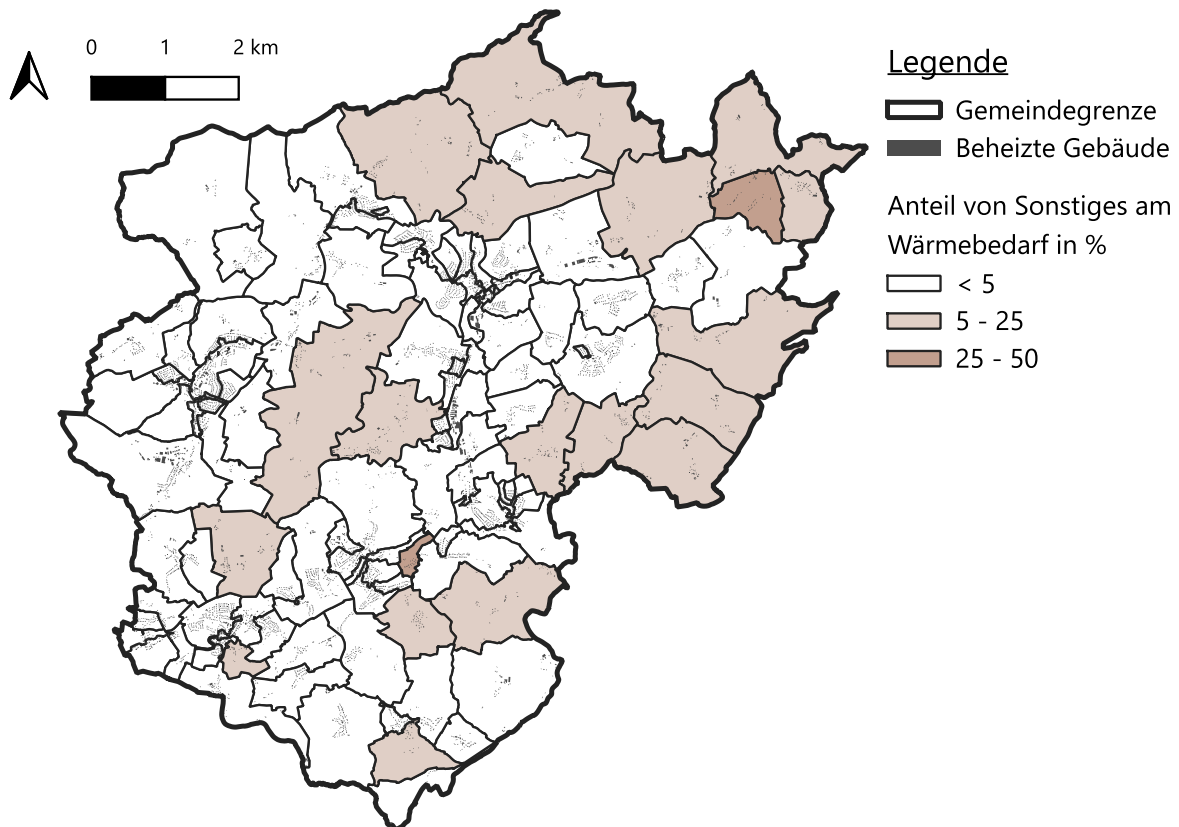


Abbildung 30: Anteil von sonstigen Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene

Es ist zu erkennen, dass die Heizungen mit sonstigem Energieträger eigentlich nur in ländlicher geprägten Baublöcken vorkommen. In Baublöcken mit dichter Bebauung, wie zum Beispiel in den Ortskernen der Gemeindeteilen, machen diese in der Regel maximal 5 % des Wärmebedarfs aus oder kommen gar nicht vor. Dies ist dadurch begründet, dass bei Heizungen basierend auf Flüssiggas ein großer Tank benötigt wird.

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 in Abbildung 31 dargestellt. In den meisten Baublöcken ist der Anteil des Wärmebedarfs, welcher durch Gebäude ohne definierten Energieträger verursacht wird, unterhalb von 15 %. Es gibt insgesamt drei Baublöcke, welche einen Anteil zwischen 25 % und 30 % aufweisen. Diese Baublöcke sind nicht oder nur in Teilen am Gasnetz angeschlossen und eher ländlich geprägt. Diese beiden Faktoren sorgen dafür, dass die Datengrundlage schlechter ist als in dichter Bebauung mit leitungsgebundener Versorgung, weshalb die Zuordnung zu Energieträgern in Teilen erschwert ist.

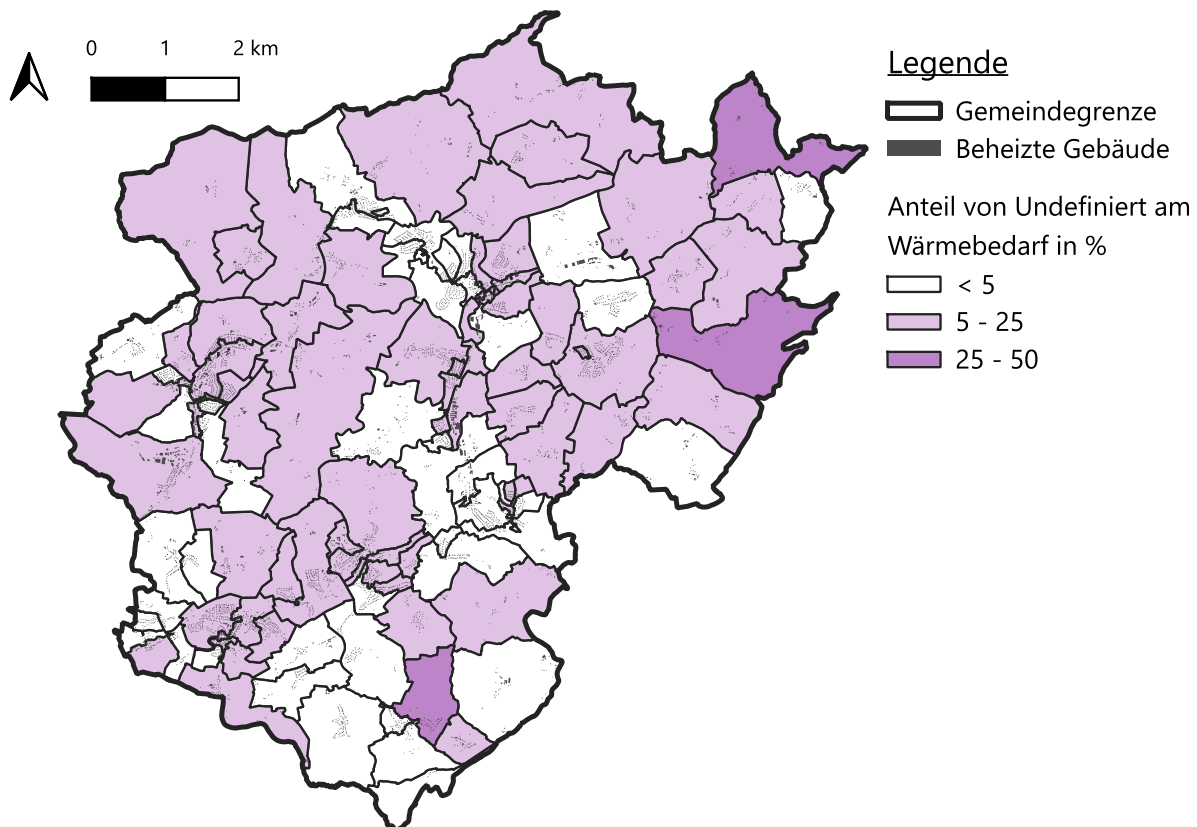


Abbildung 31: Anteil von undefinierten Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene

In Abbildung 32 ist aufbauend auf den bereits beschriebenen Auswertungen der dominierende Energieträger (Energieträger mit dem höchsten Anteil am Wärmebedarf) auf Baublockebene dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass in den meisten Baublöcken, in welchen Gasnetzanschlüsse vorhanden sind, Erdgas auch der dominierende Energieträger ist. Ausnahme sind hierbei einige Baublöcke mit vorwiegend loser Bebauung, welche nicht vollständig an das Erdgasnetz angeschlossen sind. Diese Baublöcke sowie alle weiteren Baublöcke, welche keine Gasnetzanschlüsse aufweisen, haben Heizöl als

dominierenden Energieträger. Als Ausnahme sind hierbei ein Baublock in Kürten, welcher Biomasse als primären Energieträger hat, sowie ein Baublock in Biesfeld, welcher Strom als primären Energieträger aufweist, zu nennen. In beiden Baublocken macht jedoch der dominierende Energieträger weniger als die Hälfte des Wärmebedarfs aus und noch andere Energieträger, insbesondere Heizöl, machen einen entscheidenden Anteil aus.

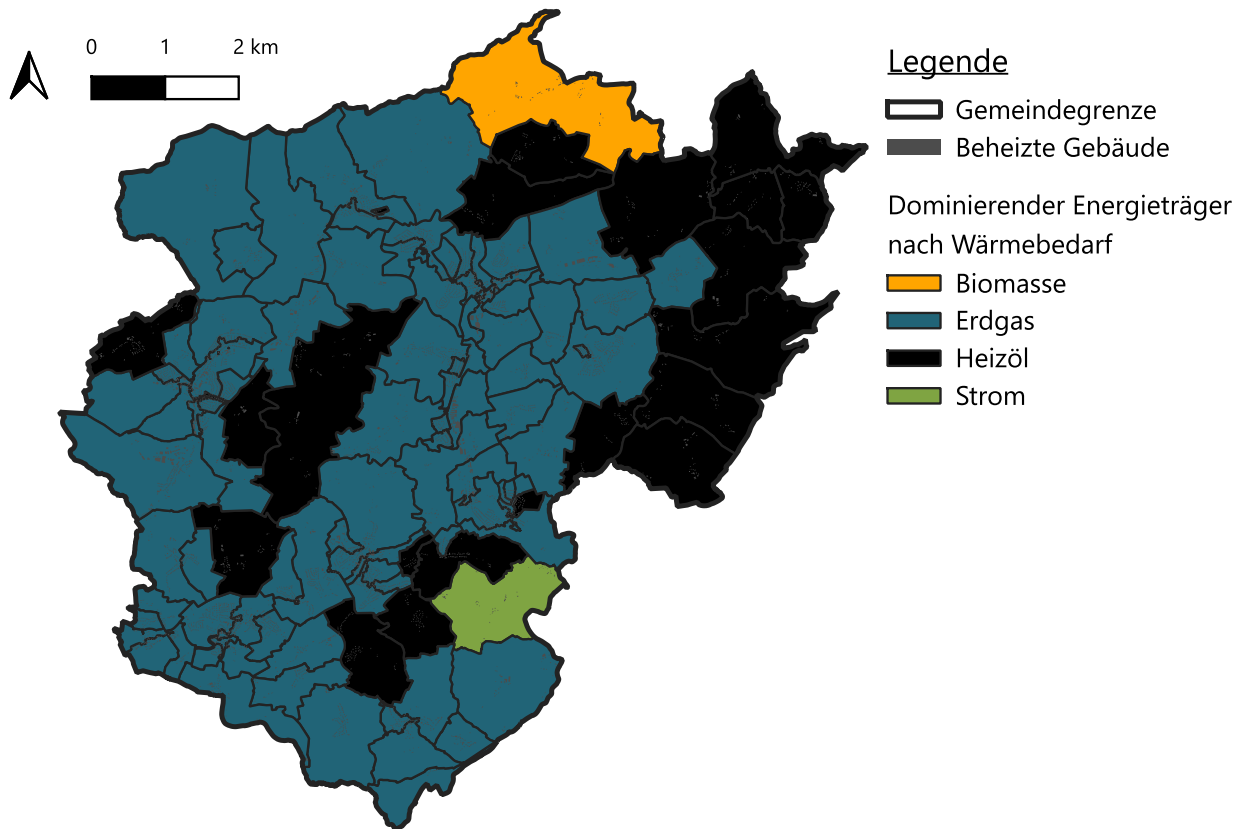


Abbildung 32: Dominierender Energieträger (bezogen auf Wärmebedarf) auf Baublockebene

3.5 Anzahl dezentraler Erzeuger

Aufbauend auf den Auswertungen zum Anteil der Energieträger am Wärmebedarf (siehe Abschnitt 3.4) wird in diesem Abschnitt die Anzahl der Gebäude nach Energieträger ausgewertet. 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 33 ist die Anzahl der Gebäude nach Energieträger für die Gemeinde abgebildet. Von den insgesamt 6.077 beheizten Gebäuden in Kürten werden 3.520 über den Energieträger Erdgas versorgt, was einem Anteil von 58 % entspricht. 20 % der Gebäude werden über Heizöl mit Wärme versorgt. Die Aufteilung ist dementsprechend ähnlich zum Anteil des Wärmebedarfs in Abbildung 21. Wie in Bezug auf Abbildung 29 beschrieben, liegt der primäre Unterschied zwischen Abbildung 21 und Abbildung 33 darin, dass Biomasse aufgrund der hohen Anzahl an Kaminen einen gewissen

Anteil des Wärmebedarfs ausmacht, obwohl nur 174 Gebäude Biomasse als primären Energieträger haben.

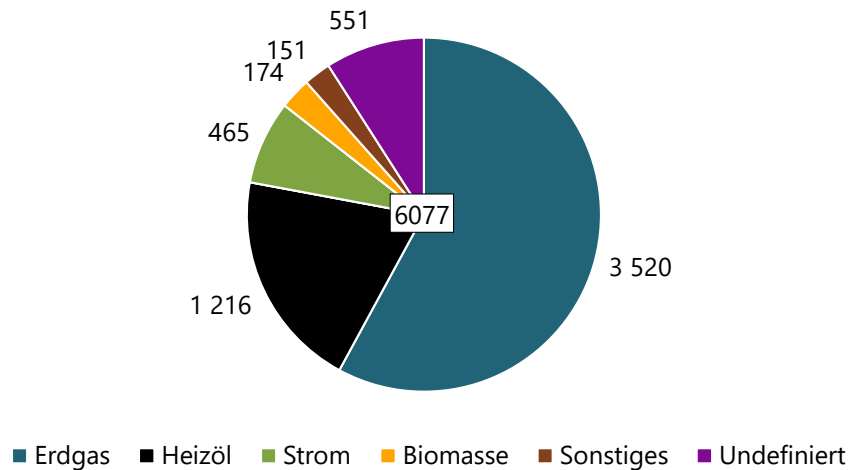


Abbildung 33: Anzahl Gebäude nach Energieträger

Die absolute Anzahl an Gebäuden, welche mit Erdgas zur Raumwärmebereitstellung versorgt werden, ist in Abbildung 34 dargestellt. In Anlehnung an Abbildung 20, Abbildung 26 sowie Abbildung 32 ist zu erkennen, dass die höchste Anzahl an Gebäuden, welche Erdgas zur Bereitstellung von Raumwärme nutzen, in den dicht bebauten Baublöcken aller Gemeindeteile liegt. Hierbei weisen einige Baublöcke (in allen Gemeindeteilen) eine Anzahl von über 50 Gebäuden mit Raumwärmebereitstellung mittels Erdgases auf.

Die Anzahl an Gebäuden, welche Heizöl zur Raumwärmebereitstellung nutzen, ist in Abbildung 35 dargestellt. Wie auch in Abbildung 27 und Abbildung 32 zu sehen ist, spielt Heizöl in Kürten 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. Die Baublöcke mit einer lokalen Häufung (bezogen auf absolute Anzahl) an Heizöl-Heizungen finden sich dementsprechend auch in den dicht besiedelten Bereichen von Kürten (siehe Abbildung 35).

Strombasierte Heizungen machen mit 465 Gebäuden knapp 8 % der gesamten Gebäudeanzahl aus. Die Verteilung auf die Baublöcke ist in Abbildung 36 dargestellt. Ähnlich zu den öl-basierten Heizungen gibt es in nahezu jedem Baublock Gebäude, welche Strom als Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme nutzen.

Obwohl Biomasse knapp 9 % des Gesamtwärmebedarfs deckt, nutzen nur 3 % der Gebäude Biomasse-Heizungen zur Bereitstellung von Raumwärme, was wiederum 174 Gebäuden entspricht (siehe Abbildung 21 und Abbildung 33). Durch diese geringe Anzahl zeigt sich gemäß Abbildung 37 keine lokale Häufung an Gebäuden mit Biomasse-Heizungen zur Bereitstellung von Raumwärme. Es gibt in Kürten keinen Baublock mit zweistelliger Anzahl an Gebäuden mit Raumwärmebereitstellung durch Biomasse und auch nur vier Baublöcke mit mehr als fünf dieser Gebäude.

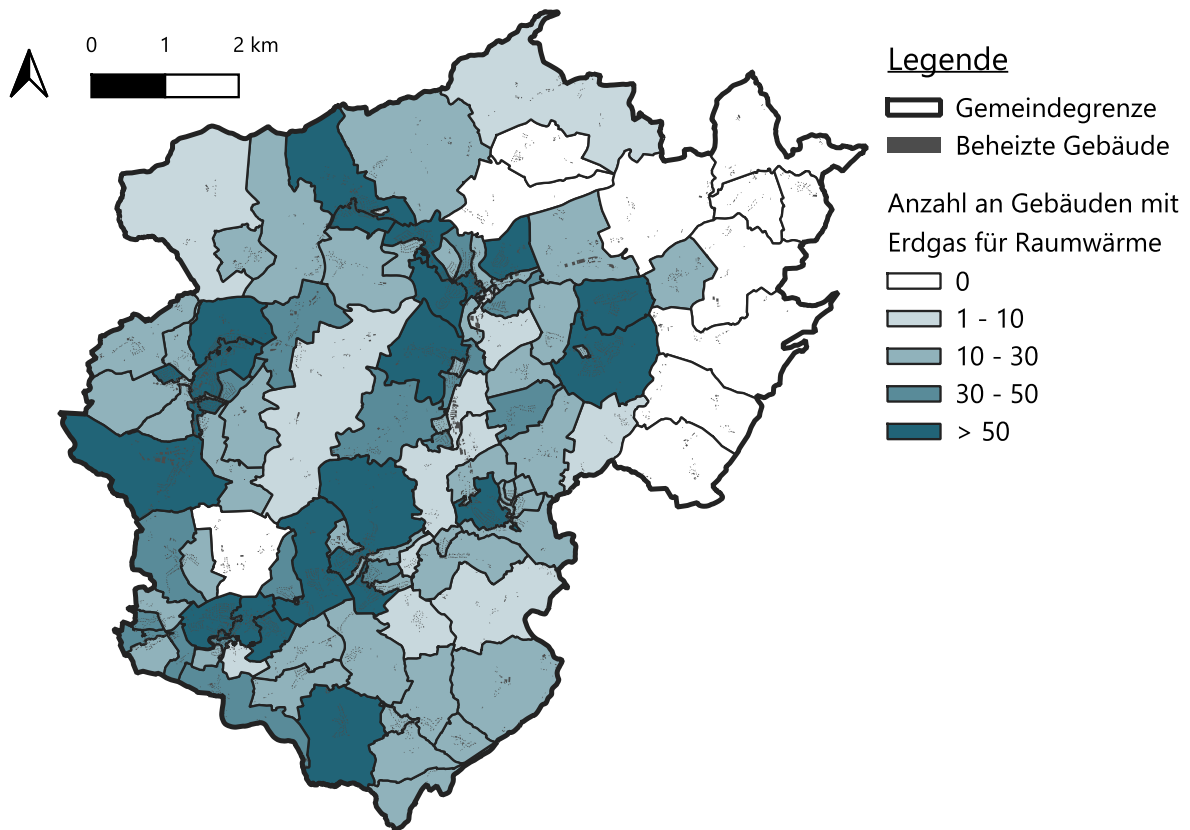


Abbildung 34: Anzahl der Gebäude mit Erdgas zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

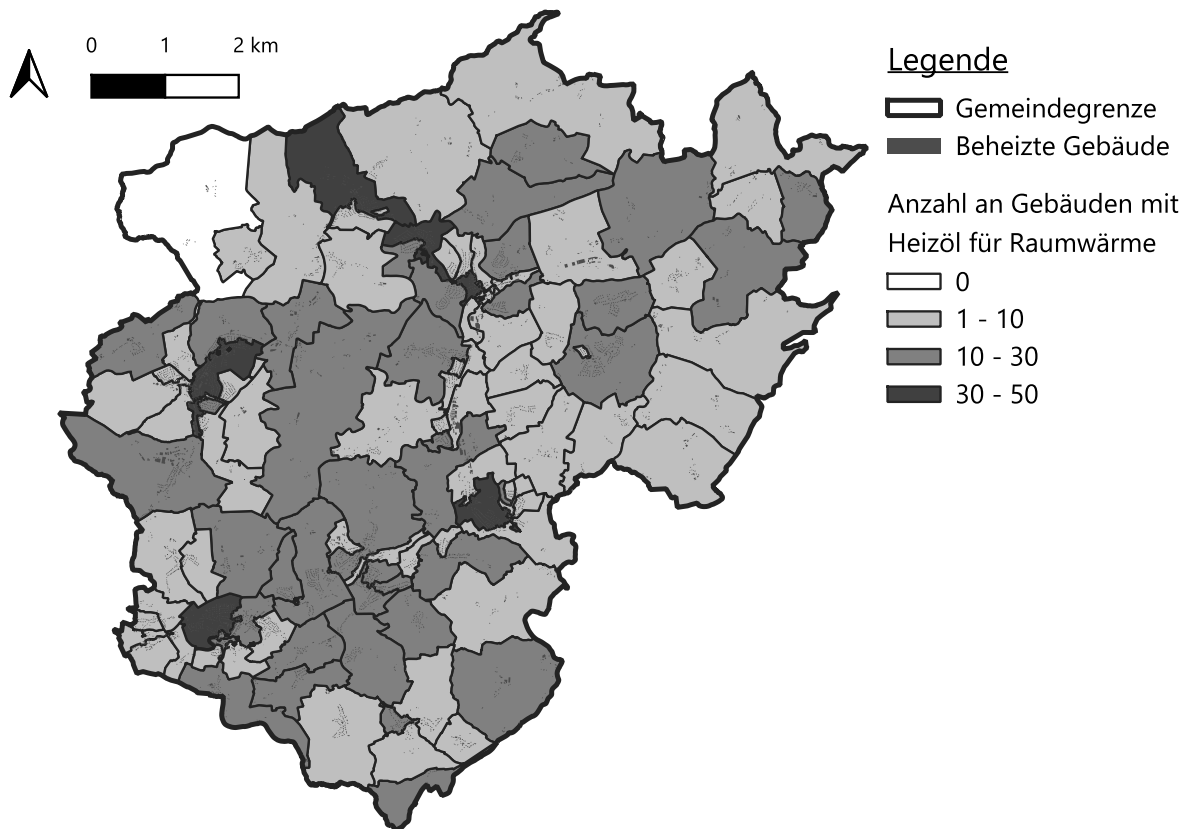


Abbildung 35: Anzahl der Gebäude mit Heizöl zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

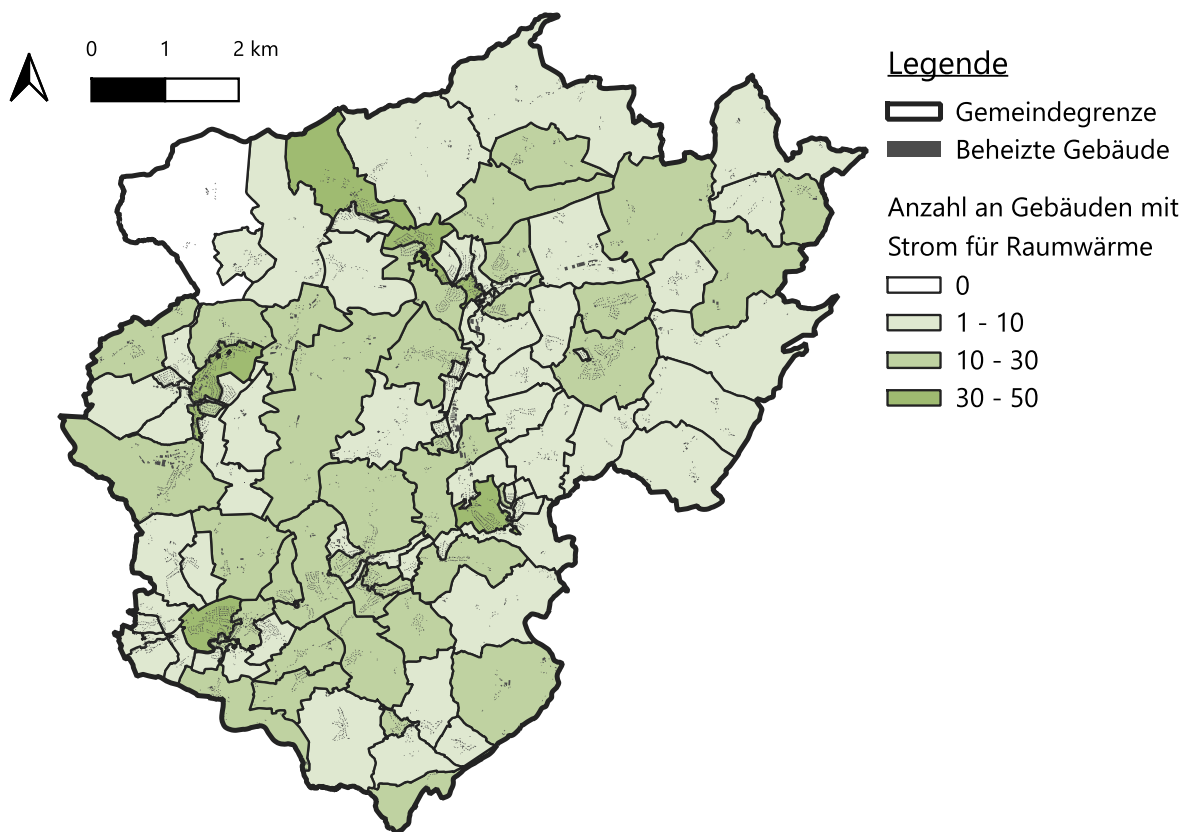


Abbildung 36: Anzahl der Gebäude mit Strom zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

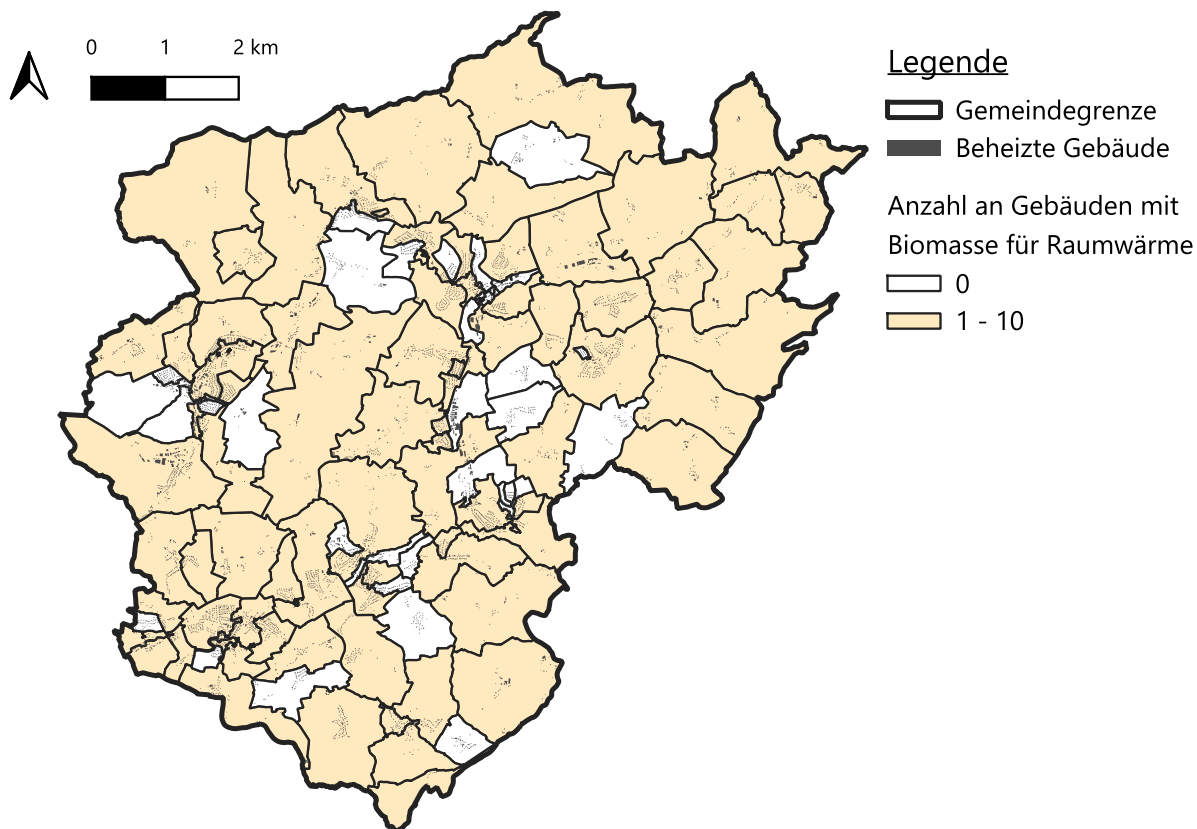


Abbildung 37: Anzahl der Gebäude mit Biomasse zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

Mit 151 versorgten Gebäuden, spielen die, als „sonstige Energieträger“ definierten Energieträger, nur eine geringe Rolle in der Wärmeversorgung in Kürten. Vergleichbar zum Energieträger Öl finden sich diese sonstigen Energieträger, welche insbesondere von Flüssiggaslösungen repräsentiert werden, insbesondere in den ländlichen Teilen der Gemeinde wieder. Aufgrund der geringen Anzahl dieser Heizungen, zeigt sich in Abbildung 38, welche die absolute Anzahl auf Baublockebene darstellt, keine lokale Häufung dieser Heizungen. Auszunehmen ist hierbei ein ländlich geprägter Baublock im Gemeindeteil Kürten, welcher elf flüssiggasversorgte Gebäude aufweist, welche wiederum knapp 36 % des Wärmebedarfs in diesem Baublock ausmachen.

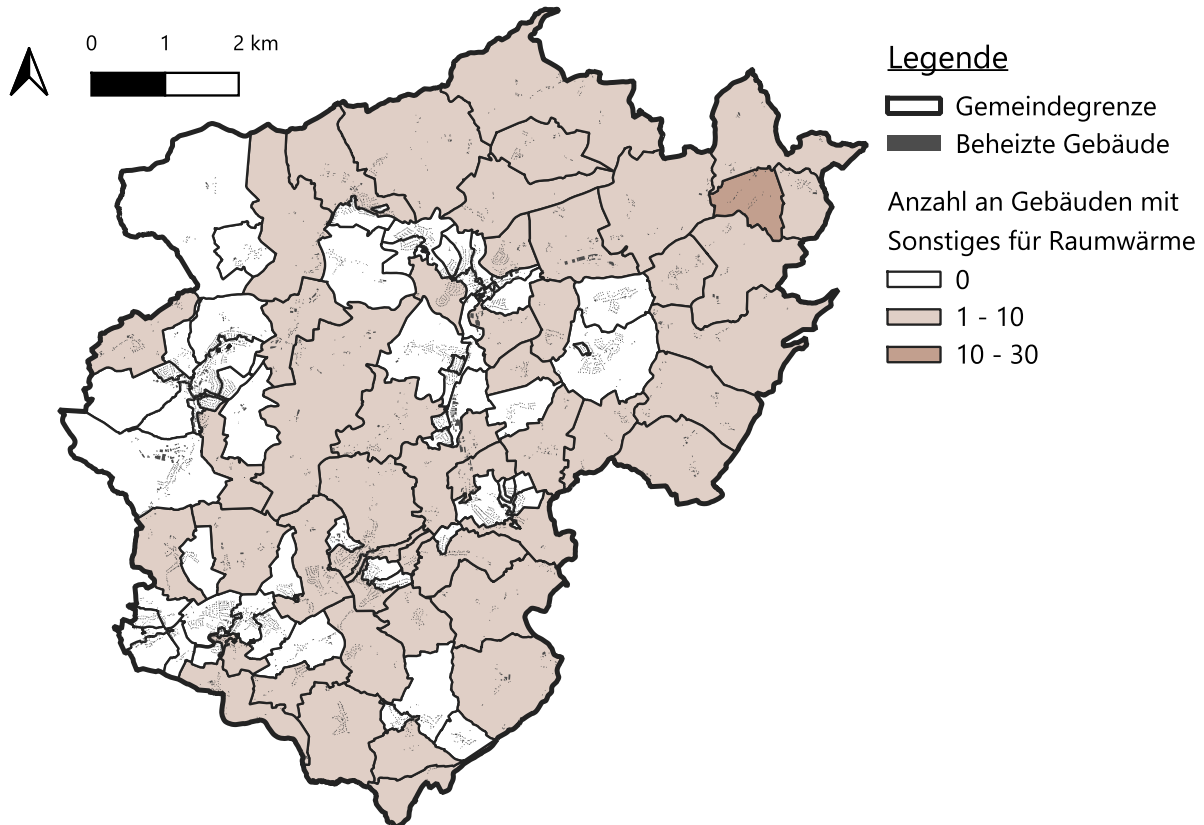


Abbildung 38: Anzahl der Gebäude mit sonstigem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

Anhand der bestehenden Datenlage konnte für 551 Gebäude kein Energieträger für den Raumwärmebedarf definiert werden, was wiederum knapp 9 % des Gebäudebestandes entspricht. In Abbildung 39 ist die absolute Anzahl von Gebäuden mit undefiniertem Energieträger für die Raumwärmebereitstellung je Baublock dargestellt. Abbildung 39 zeigt, dass es in Kürten zwölf Baublöcke gibt, welche über zehn Gebäude mit undefiniertem Energieträger zur Raumwärmebereitstellung aufweisen. Diese Baublöcke sind alle davon geprägt, dass die generelle Gebäudeanzahl in diesen Baublöcken hoch ist, sodass wiederum der prozentuale Anteil vergleichsweise gering ist. Beispielsweise gibt es im Gemeindeteil Bechen einen Baublock, welcher einen entscheidenden Teil der Kernbebauung von Bechen ausmacht und 34 Gebäude mit undefiniertem Energieträger aufweist. Da die Gesamtanzahl an Gebäuden in diesem Baublock 267 beträgt, liegt der prozentuale Anteil bei knapp 13 %. Dies ist zwar über dem Durchschnitt von Kürten, weicht aber nur vier Prozentpunkte ab.

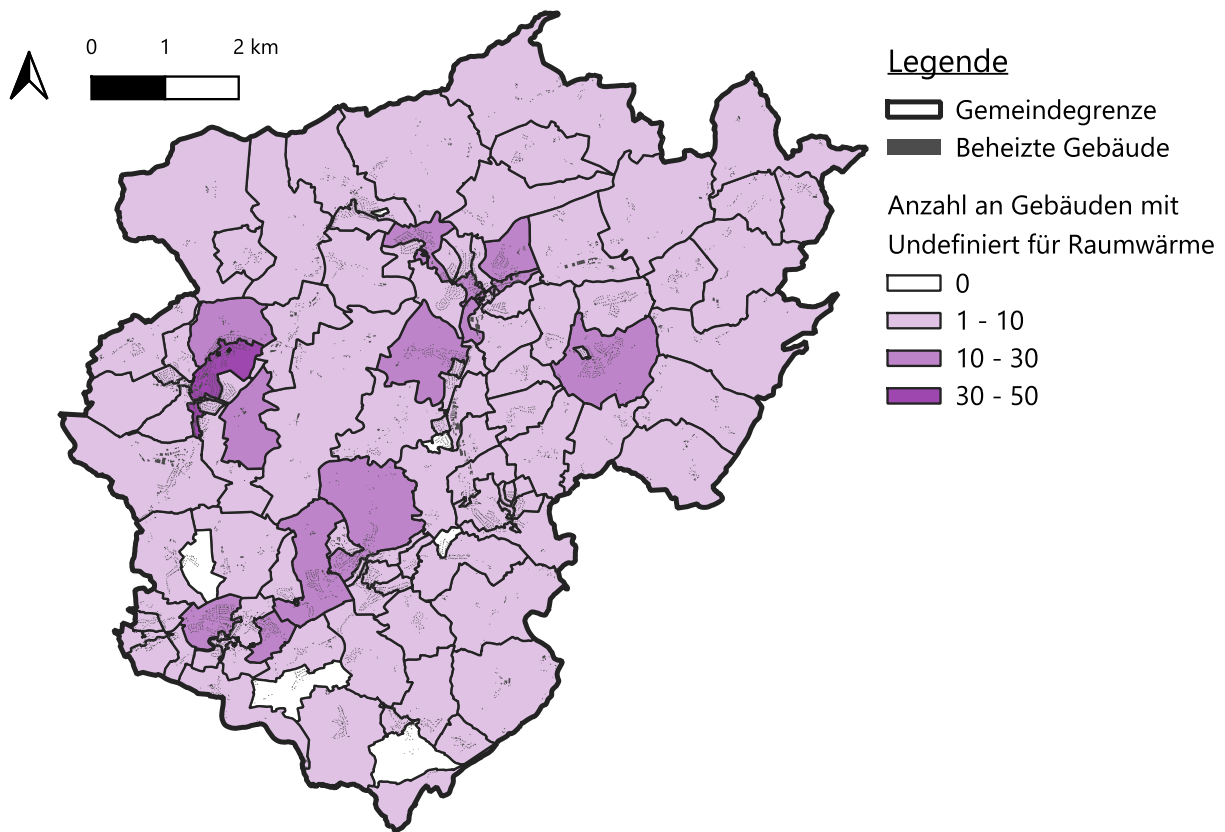


Abbildung 39: Anzahl der Gebäude mit undefiniertem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

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 40 ist die Wärmebedarfsdichte als Wärmeflächendichte auf Baublockebene dargestellt. Gemäß eines Handlungsleitfadens zur kommunalen Wärmeplanung [22] 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 40 zeigt, dass die ländlich geprägten Teile von Kürten, und damit der flächentechnisch größte Teil von Kürten, Wärmeflächendichten unterhalb von 50 MWh/ha aufweisen. In den Kernbereichen der Gemeindeteile Kürten, Bechen, Dürscheid und Biesfeld liegen die Wärmeflächendichten in den meisten Baublöcken zwischen 50 MWh/ha und 400 MWh/ha. In vier klein geschnittenen Baublöcken (Gemeindeteile Kürten und Olpe) liegt die Wärmeflächendichte zwischen 400 und 666 MWh/ha. Die Ergebnisse zeigen, dass in den dichter bebauten Bereichen der Gemeindeteile grundsätzlich eine leichte Eignung für Wärmenetze aus Sicht der Wärmeflächendichte vorliegt.

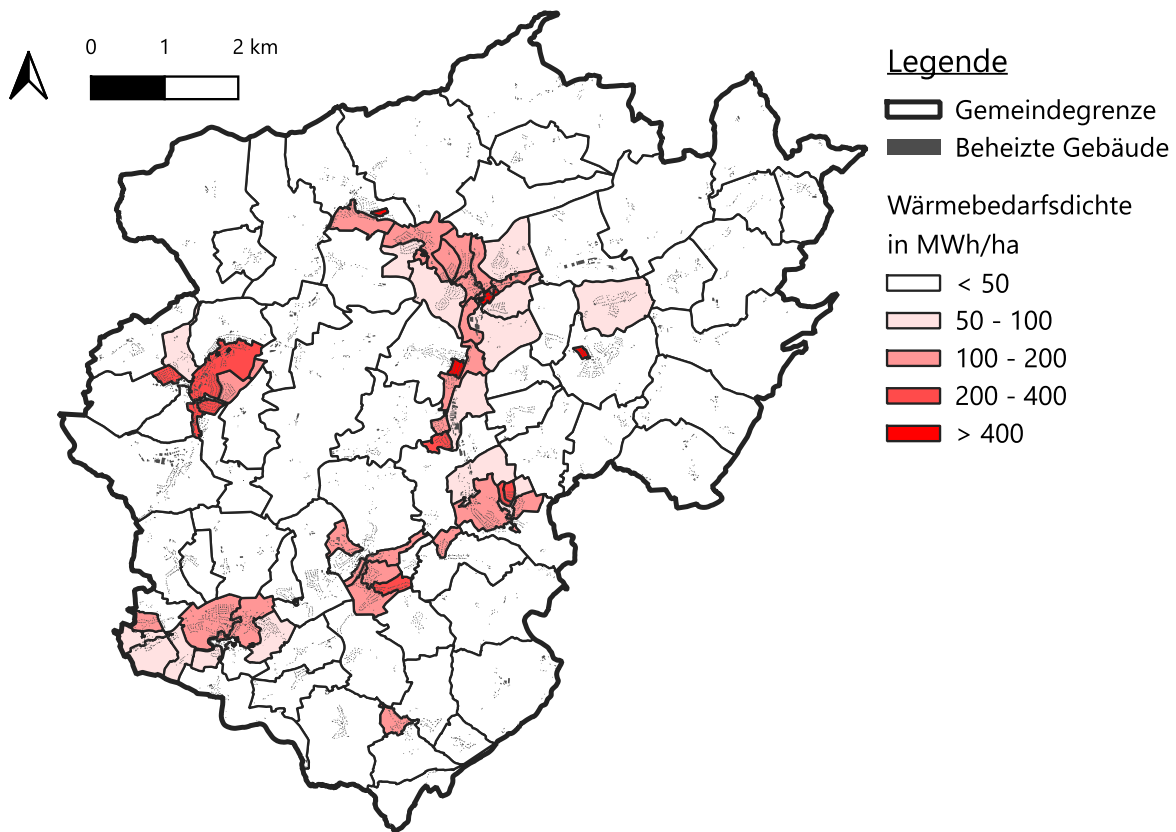


Abbildung 40: Wärmeflächendichte auf Baublockebene

Neben der Wärmeflächendichte ist die Wärmeliniedichte die gängigste Metrik zur Angabe der Wärmebedarfsdichte. In Abbildung 41 ist die Wärmeliniedichte auf Straßenzugabe für die Gemeinde Kürten dargestellt. Auch nach der Metrik der Wärmeliniedichte liegen die Straßenabschnitte mit den höchsten Wärmebedarfsdichten in den Gemeindeteilzentren von Kürten, Bechen, Dürscheid und Biesfeld. Gemäß des Wärmekataster Handbuchs [23] wird für eine Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes im Gebäudebestand eine jährliche Wärmeliniedichte von 2.000 kWh/m mindestens vorgesehen. Anhand von Abbildung 41 ist zu sehen, dass in den Gemeindeteilzentren die jährlichen Wärmeliniedichten in vielen Straßenabschnitten über 2.000 kWh/m betragen, sodass auch nach der Metrik der Wärmeliniedichte eine grundsätzliche Wärmenetzeignung aus der Bedarfssicht für die Gemeindeteilzentren aller Gemeindeteile (Ausnahme Olpe) bescheinigt werden kann.

Für Kürten konnten insgesamt elf Großverbraucher identifiziert werden. Als Großverbraucher werden Verbraucher bezeichnet, deren Wärmebedarf 500 MWh überschreitet. Hierbei handelt es sich sowohl um kommunale Gebäude als auch um Gebäude der Sektoren Industrie und GHD. Wohngebäude mit einem entsprechenden Wärmebedarf gibt es in Kürten nicht. Die Lokalisation dieser Großverbraucher auf Baublockebene ist in Abbildung 42 dargestellt. Sechs dieser Großverbraucher liegen im Gemeindeteil Kürten, vier in Bechen und einer in Biesfeld.

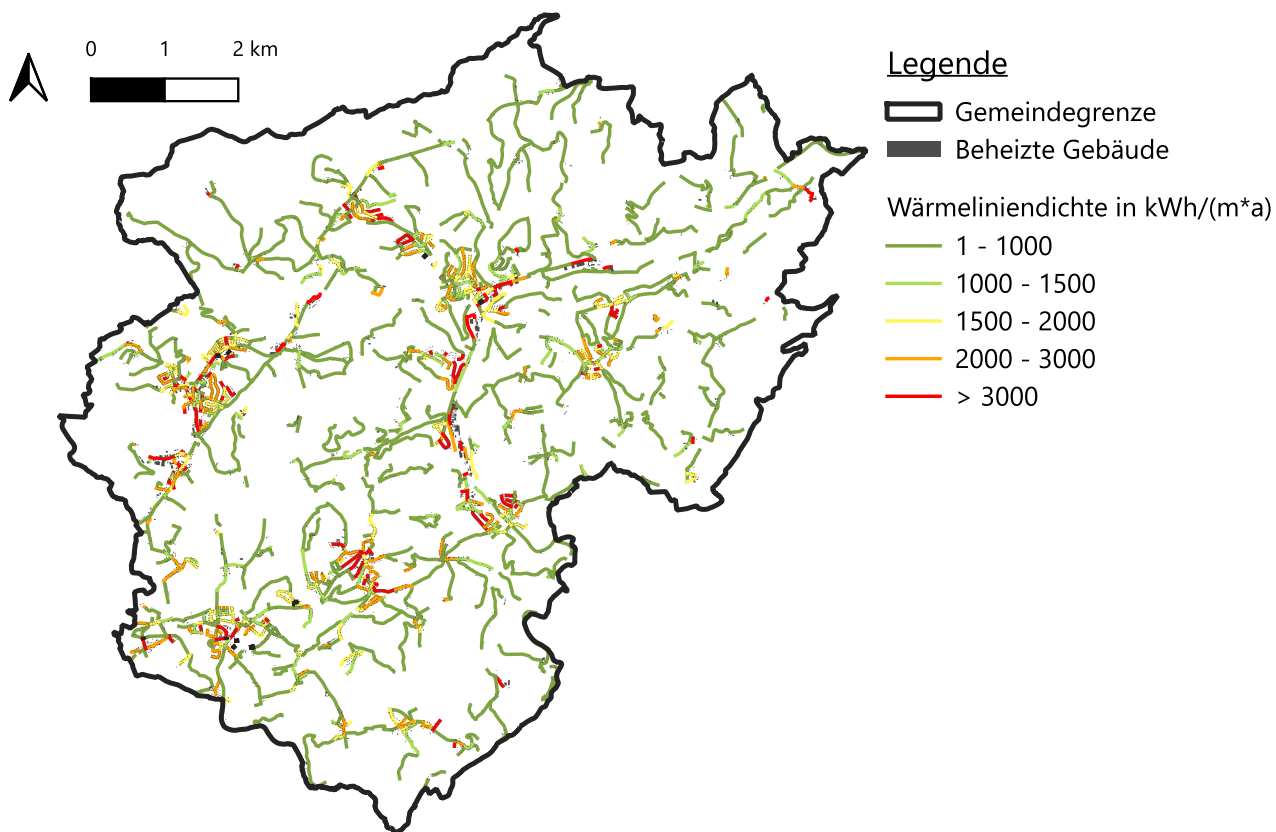


Abbildung 41: Wärmeliniendichte auf Straßenzugebene

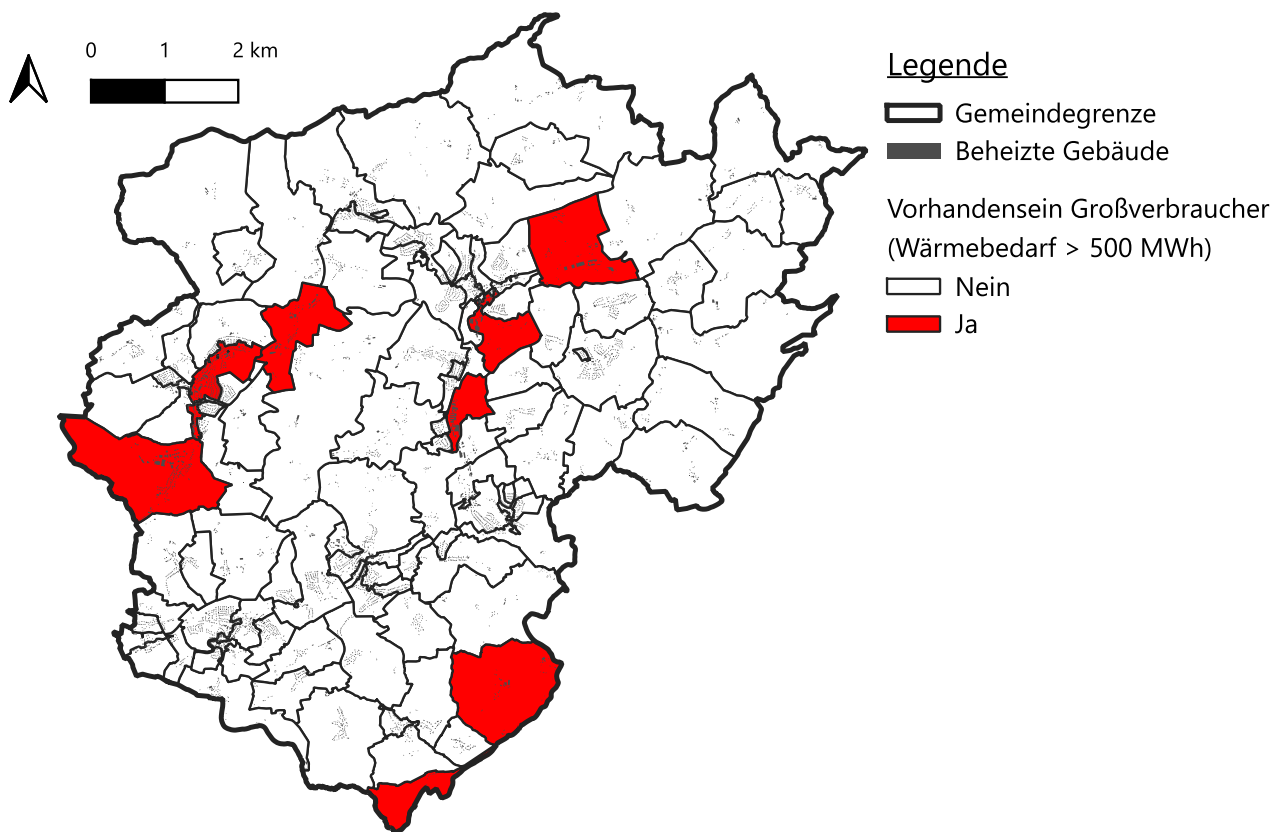


Abbildung 42: Lokalisation von Großverbrauchern auf Baublockebene

3.7 Anteil der erneuerbaren Energien

Im folgenden Abschnitt wird der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung der Gemeinde Kürten in Abhängigkeit der Energieträger beschrieben. In Abbildung 43 ist dieser Anteil sowie der Anteil fossiler Energieträger als Säulendiagramm dargestellt.

Da Erdgas und Heizöl die primären Energieträger für die Bereitstellung von Wärme darstellen, ist die Wärmeversorgung in Kürten geprägt von fossilen Energieträgern. Diese machen mit 188,5 GWh 86,5 % des Wärmebedarfs aus. Erneuerbare Energien wiederum machen dementsprechend mit 29,5 GWh 13,5 % aus. Diese wiederum werden über strombasierte Heizungen (unter Berücksichtigung von Umweltwärme bei Nutzung von Wärmepumpen) 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 [24]. Begründet durch den Anteil genutzter klimaneutraler Umweltenergie durch die Wärmepumpen ergibt sich ein EE-Anteil von 67,9 % für die strombasierten Heizungen in Kürten. Des Weiteren wird dieser Anteil durch die zu erwartende Steigerung des EE-Anteils im deutschen Strommix für die Bestandsheizungen weiter steigen.

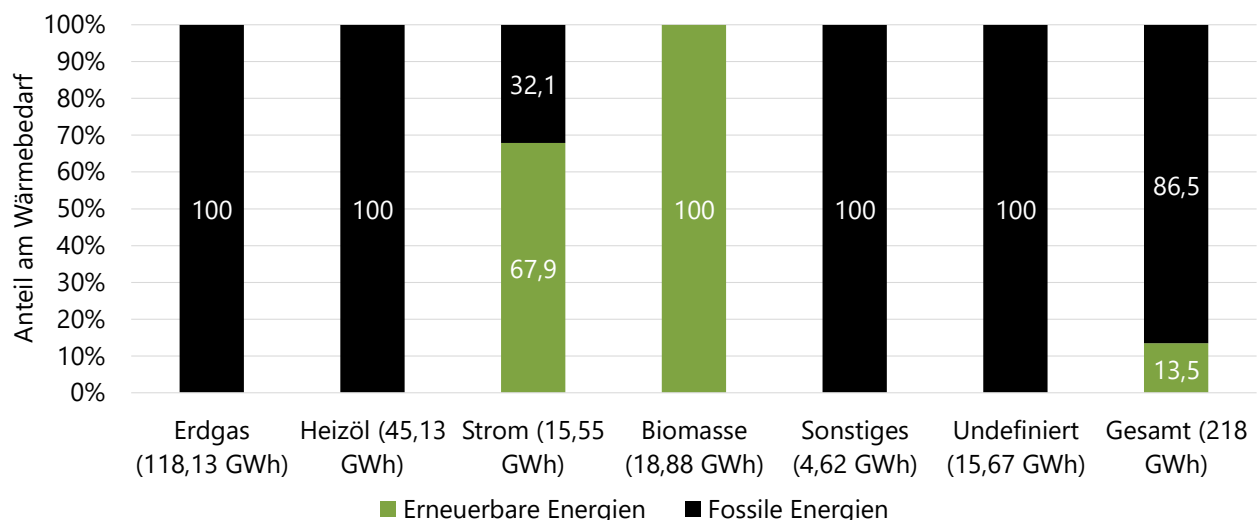


Abbildung 43: Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers

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 Kürtener Wärmeversorgung werden im Folgenden beschrieben (aufgeteilt auf Energieträger und Sektoren).

In Abbildung 44 sind die absoluten Treibhausgasemissionen (pro Jahr) der Kürtener Wärmeversorgung über alle Verbrauchssektoren in Abhängigkeit der Energieträger abgebildet. Insgesamt liegen die jährlichen Treibhausgasemissionen bei 52,6 Tsd. t. Diese entfallen zu 54 % auf Erdgas, zu 27 % auf Heizöl und zu 19 % auf die restlichen Energieträger.

Die Treibhausgasemissionen im Haushaltssektor sind in Abbildung 45 dargestellt. Da die Haushalte den Großteil des Wärmebedarfs ausmachen (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22), machen diese auch den Großteil der Treibhausgasemissionen aus, nämlich 39,7 Tsd. t, was wiederum 75,5 % entspricht. Die Verteilung auf die Energieträger ist näherungsweise identisch mit der Verteilung über alle Sektoren. Die Emissionen teilen sich zu 53 % auf Erdgas, 30 % auf Heizöl und 17 % auf die anderen Energieträger auf.

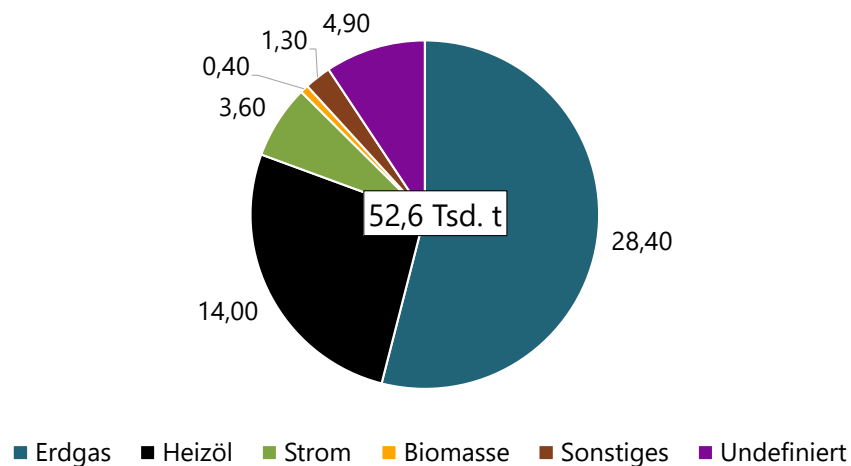


Abbildung 44: Jährliche Treibhausgasemissionen (alle Sektoren) in Tsd. T

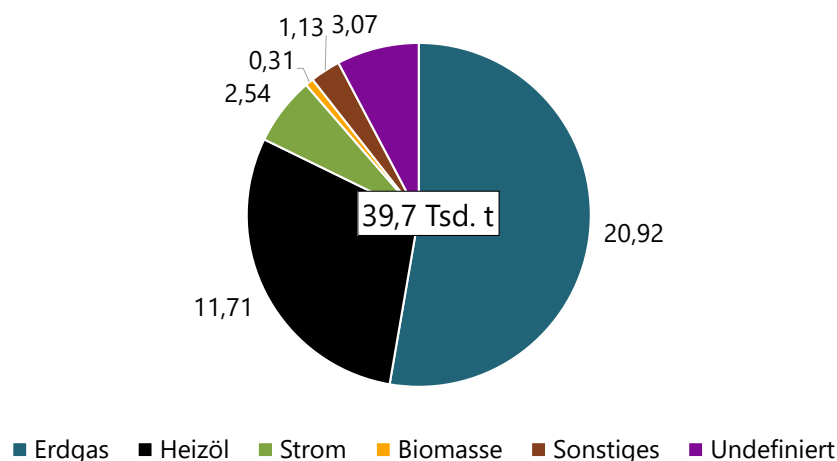


Abbildung 45: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Haushalte) in Tsd. T

Durch den geringen Wärmebedarf verursachen die kommunalen Gebäude nur 2 Tsd. t Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 46). Wie in Abbildung 23 zu sehen ist, werden die kommunalen Gebäude insbesondere mit Erdgas beheizt, weshalb Erdgas 89 % der entsprechenden Treibhausgasemissionen ausmachen. Heizöl verursacht wiederum nur 4 % der Treibhausgasemissionen.

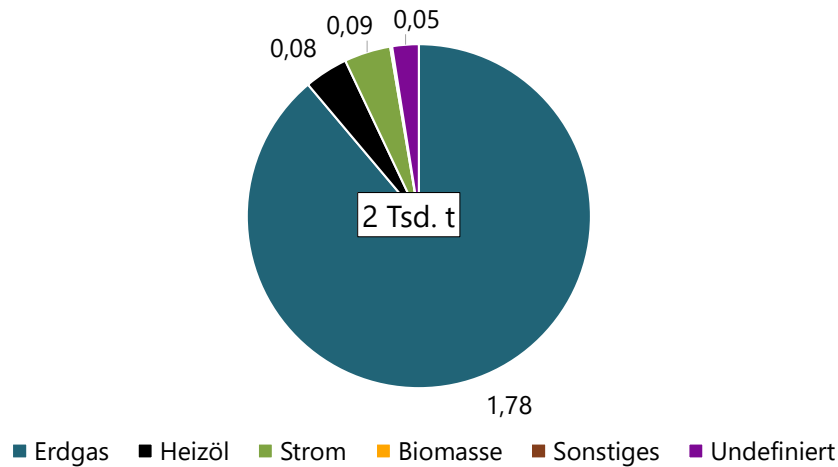


Abbildung 46: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Kommune) in Tsd. T

Der GHD-Sektor macht mit 7,5 Tsd. t knapp 14 % der Treibhausgasemissionen aus (siehe Abbildung 47). Die Verteilung auf die Energieträger ist hierbei wie auch beim Haushaltssektor ähnlich zur Gesamtverteilung. 54 % fallen auf den Energieträger Erdgas, 26 % auf Heizöl und 20 % auf den Rest.

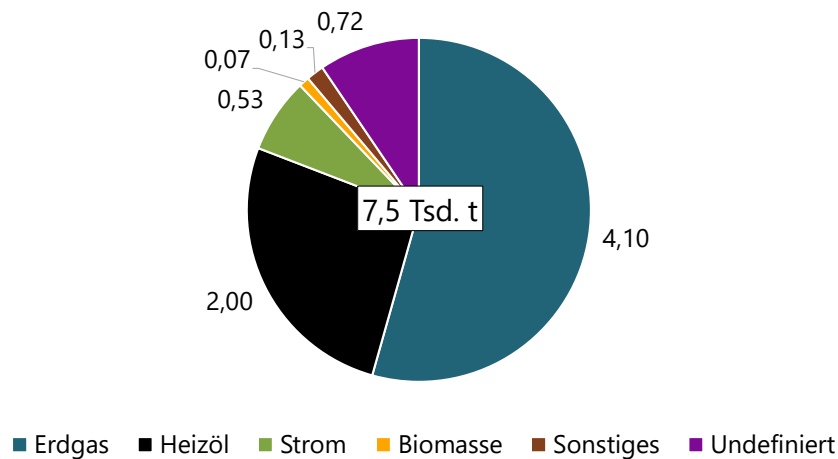


Abbildung 47: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor GHD) in Tsd. T

Wie in Abbildung 48 zu sehen ist, macht der Industriesektor mit 1,2 Tsd. t (entspricht 2 % der Emissionen) den geringsten Anteil aus. Wie auch in Abbildung 25 dargestellt ist, konnte ein gewisser Teil der Industriegebäude auf Basis der Eingangsdaten keinem Energieträger zugeordnet werden, weshalb diese innerhalb dieser Auswertung 28 % der Emissionen ausmachen. Abgesehen von Heizöl ähnelt die Verteilung der restlichen Energieträger ebenfalls der über alle Sektoren.

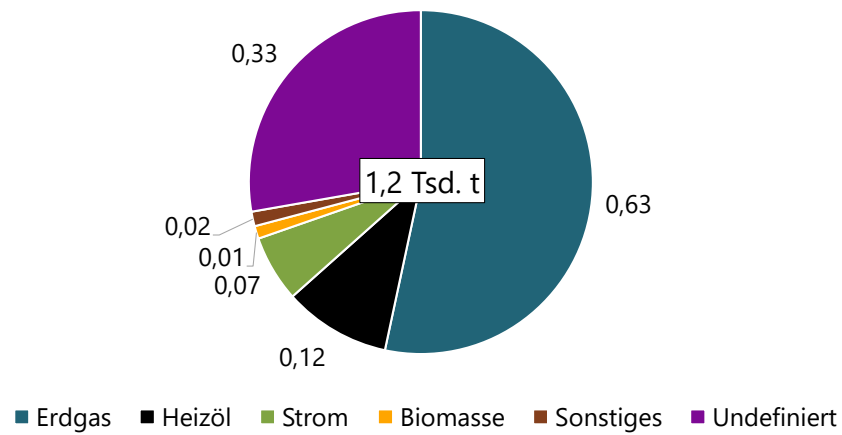


Abbildung 48: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Industrie) in Tsd. t

4 Potenzialanalyse

Ziel der Potenzialanalyse ist die Identifizierung von Potenzialen zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Wärmesektor, welche dann zur Transformation des Wärmesektors genutzt werden können. Der Fokus liegt hierbei auf Potenzialen, die dann für die Speisung klimaneutraler Wärmenetze genutzt werden können. Dies ist damit begründet, dass die dezentralen Technologien (z.B. Wasserstoffheizungen oder Pellet-Heizungen) in der Regel nicht direkt auf ein lokales Potenzial zugreifen, sondern der Energieträger zur Heizung angeliefert wird. Eine Ausnahme wären jedoch zum Beispiel dezentrale Wärmepumpen basierend auf Erdwärme.

In Abschnitt 4.1 werden die Ergebnisse der Potenzialstudie „Wärmestudie NRW“ zusammengefasst [19]. In den Abschnitten 4.2 bis 4.7 werden die Potenziale der verschiedenen Wärmequellen thematisiert.

4.1 Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung

Im Rahmen der Wärmestudie NRW [19] wurden vom Landesamt für Natur- Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie die EE-Potenziale in NRW auf Gemeindeebene für den Wärmesektor erarbeitet. Diese Studie bildet die Grundlage für die Potenzialanalyse der kommunalen Wärmeplanung in der Gemeinde Kürten, wird jedoch durch eigene Erarbeitungen auf Basis der Daten aus Tabelle 4 unterfüttert. Eine Zusammenfassung der Potenziale für Kürten auf Basis der Wärmestudie NRW [19] und zusätzlich der Wärmebedarf Kürtens aus der Bestandsanalyse sind in Abbildung 49 dargestellt.

Abbildung 49 zeigt, dass nur ein paar verschiedene Wärmequellen nennenswert zur zukünftigen Wärmeversorgung in der Gemeinde Kürten beitragen können. Hierbei wird nach Abbildung 49 beispielsweise ein Potenzial für Solarthermie mittels Flachkollektor in Höhe von 2.348 GWh/a pro Jahr ausgewiesen. Dies übersteigt den Wärmebedarf Kürtens im Status quo um fast das 11-fache. Dies ist durch die große Anzahl an Freiflächen im Gemeindegebiet zu begründen. Jedoch muss das hohe Solarthermie-Potenzial richtig eingeordnet werden. Einerseits spielt die Saisonalität der Solarthermie bei der Eignung dieser eine entscheidende Rolle. Solarthermie ist von der Sonneneinstrahlung abhängig, sodass Wärme primär im Sommer und mittags bereitgestellt werden kann. Dies passt zeitlich nicht mit dem Wärmebedarf überein, der insbesondere im Winter und morgens/abends auftritt. Dementsprechend wären große Wärmespeicherkapazitäten notwendig, um die Wärme nutzbar zu machen. Des Weiteren ist die praktische Umsetzbarkeit dieser theoretischen Potenziale in der Regel nur bedingt gegeben. Neben Nutzungskonkurrenzen (z.B. mit der Landwirtschaft) spielen z.B. auch topographische Einschränkungen (z.B. Bodenbeschaffenheit und Neigung) hier eine entscheidende Rolle.

Der oberflächennahen Geothermie werden für Kürten ebenfalls nennenswerte Potenziale attestiert. In der Wärmestudie NRW [19] werden 198 GWh/a für das Gemeindegebiet bestimmt. Dies wären 91 % des aktuellen Wärmebedarfs und würde den prognostizierten Wärmebedarf für 2045 (siehe Abschnitt 5.5) übersteigen. Hierbei beziehen sich die Ergebnisse jedoch auf die dezentrale Nutzung von oberflächennaher Geothermie und nicht auf zentrale Anlagen. Trotzdem lässt sich festhalten, dass

oberflächennahe Geothermie in Kürten eine wichtige Rolle spielen könnte, da viele freie Flächen aufgrund der eher losen Bebauung zur Verfügung stehen.

Gemäß der Analysen aus der Wärmestudie NRW [19] zeigen sich grundsätzliche Potenziale bei der Nutzung von Abwärme aus Abwasser (sowohl Abwasserkanäle als auch Kläranlagen). Hier wird ein Potenzial von 18 GWh/a für die Gemeinde Kürten bestimmt. Dies würde knapp 8 % des Wärmebedarfs der Gemeinde entsprechen.

Für die Nutzung von Wärme aus Industrie, Gewässern, Mitteltiefer- und Tiefer Geothermie sieht die Wärmestudie NRW [19] in der Gemeinde Kürten nur sehr begrenzte oder gar keine Potenziale für die Nutzung dieser Wärmequellen in der Wärmeversorgung.

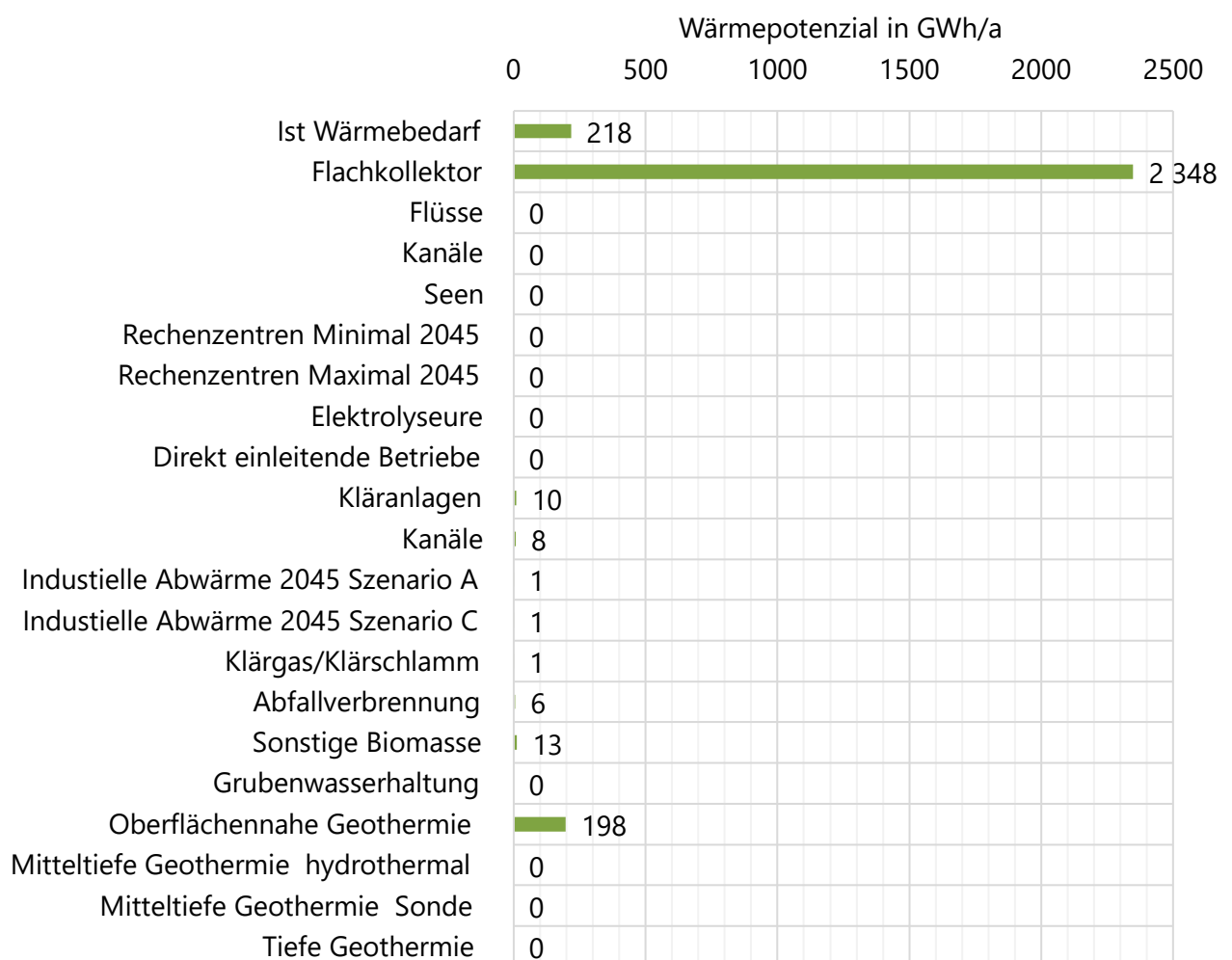


Abbildung 49: Zusammenfassung der Potenziale für die Wärmeversorgung nach der Wärmestudie NRW [19]

4.2 Solare Potenziale

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.

In der Wärmestudie NRW wurde das Potenzial von Solarthermieranlagen auf Freiflächen untersucht. Aufgrund der hohen Verfügbarkeit von Freiflächen ergibt sich ein theoretisches Potenzial von 2.348 GWh [19]. Die Nutzung des theoretischen Potenzials wird jedoch durch verschiedene Faktoren stark eingeschränkt. Zum einen stellt die Flächenverfügbarkeit ein Problem dar, da viele potenzielle Flächen durch planungsrechtliche Einschränkungen oder bestehende Nutzungen blockiert sind. Insbesondere Freiflächen konkurrieren häufig mit anderen Nutzungsansprüchen, wie Landwirtschaft, Naturschutz oder Bebauung. Solarthermie- und Photovoltaikanlagen konkurrieren hierbei natürlich ebenso um vergleichbare Flächen. Die Suchflächen für Freiflächen-PV nach Solarkataster NRW sind in Abbildung 50 dargestellt [18].

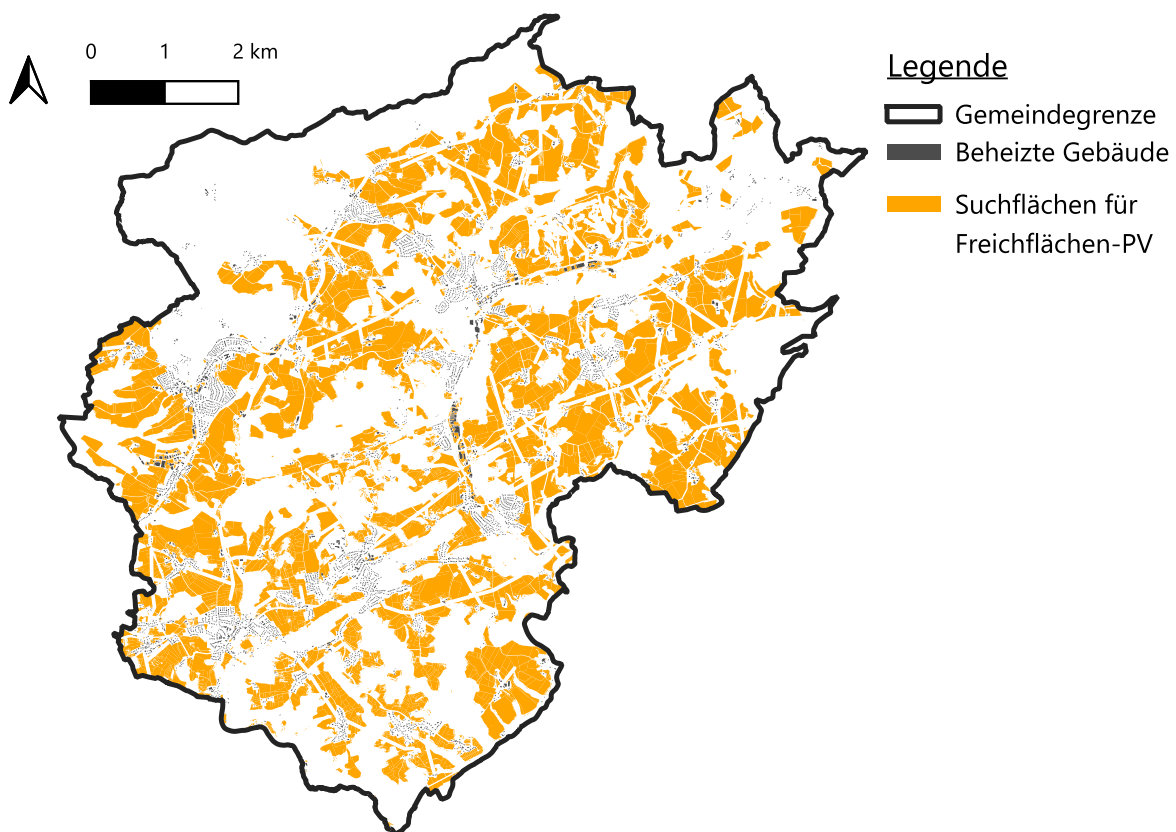


Abbildung 50: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen [18]

Zu den Einschränkungen der Solarthermie gehört neben der Flächenverfügbarkeit unter anderem auch die saisonale Schwankung der Sonneneinstrahlung, die entgegengesetzt zum Wärmebedarf verläuft. In den Sommermonaten wird viel Energie durch Solarthermie erzeugt, während der

Wärmebedarf gering ist, und im Winter, wenn der Heizbedarf steigt, steht weniger Sonnenenergie zur Verfügung. Ein hoher Deckungsanteil von Solarthermie in Wärmenetze erfordert eine sorgfältige Planung und saisonale Speicher. Des Weiteren ist eine Unterstützung durch andere Energiequellen nötig, um eine stabile und ganzjährige Wärmeversorgung sicherzustellen. Auch bei Photovoltaik passen die saisonalen und täglichen Schwankungen nicht zum elektrischen Energieverbrauch, welcher im Winter und morgens sowie abends erhöht ist, jedoch ist hier die Divergenz nicht ganz so hoch.

Solarthermie und Photovoltaik auf Dachflächen bieten ebenfalls signifikante Potenziale zur Energieerzeugung. Die Installation von Solarkollektoren auf Dächern zur Wärmeproduktion ist besonders für Wohnhäuser, Gewerbebauten oder öffentliche Gebäude interessant, da die Wärmeenergie vor Ort direkt genutzt werden kann. In der Gemeinde Kürten könnten nach Solarkataster NRW durch Solarthermie-Anlagen auf Dachflächen insgesamt 290 GWh Wärmeenergie pro Jahr erzeugt werden [17]. Nutzbar wären hiervon jedoch nur 5 GWh im Bereich der Trinkwarmwassererzeugung [17]. Zusätzlich bietet die Nutzung von Photovoltaikanlagen auf Dachflächen eine weitere Möglichkeit zur Energieerzeugung, die wiederum unter anderem zum Betrieb von Wärmepumpen genutzt werden könnten. Die zahlreichen Dachflächen von Wohn- und Gewerbegebäuden in der Gemeinde Kürten könnten ebenfalls für die Installation von PV-Modulen genutzt werden, was nach LANUV-Potenzialstudien ein Gesamtpotenzial für den Stromertrag von etwa 100 GWh pro Jahr ergibt [25].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es in Kürten genügend Frei- und Dachflächen für Solarthermie und Photovoltaikanlagen gibt, welche wiederum einen Teil zur Transformation des Wärmesektors beitragen können. Jedoch ist der Beitrag von Solarthermie und Photovoltaik im Bereich von Wärmeanwendungen begrenzt aufgrund der saisonalen und täglichen Schwankungen, welche einen hohen Speicherbedarf hervorrufen.

4.3 Gewässer

4.3.1 Fließgewässer

Fließende Gewässer stellen potenzielle Wärmequellen für die Nutzung von Wärmepumpen dar. Als Vorteil der Nutzung von Flusswasser im Vergleich zur Außenluft ist vor allem die Wassertemperatur zu nennen, welche insbesondere an kalten Tagen höher ist als die Temperatur der Außenluft. Dies ermöglicht eine effizientere Bereitstellung der Wärme.

Die Wärmestudie NRW weist für Kürten keine Potenziale in Bezug auf fließende Gewässer aus [19]. Dies ist damit begründet, dass hier nur große Flüsse in NRW betrachtet werden, wovon Kürten keine aufweist. Jedoch gibt es in Kürten verschiedene kleinere Flüsse und Bäche, welche Potenzial für die Nutzung im Wärmesektor darstellen könnten. Hierbei ist insbesondere die „Kürtener Sülz“ zu nennen. Der Verlauf der Kürtener Sülz (im Kürtener Stadtgebiet) ist in Abbildung 51 dargestellt. Die Kürtener Sülz entspringt aus der Ahe und dem Floßbach im Stadtgebiet von Wipperfürth und mündet an der Grenze zwischen der Gemeinde Kürten und Lindlar in die Sülz. Im Gemeindegebiet Kürten durchfließt die Kürtener Sülz hierbei dicht besiedelte Bereiche der Gemeindeteile Kürten und Biesfeld. Dementsprechend fallen potenzielle Wärmepotenziale dort an, wo auch das bedarfsseitige Potenzial vorliegt (siehe Abbildung 40).

Am Messpunkt in Hommerich (Mündung in die Sülz), weist die die Körtener Sülz nach ELWAS-Web einen mittleren Abfluss von $1,08 \text{ m}^3/\text{s}$ seit dem Jahr 2000 aus [13]. Für die folgende Potenzialanalyse wurde nicht Hommerich, sondern ein Standort im Gemeindeteil Kürten in der Nähe des Rathauses gewählt, da dort im Vergleich zu Hommerich mehr Potenzial auf der Bedarfsseite vorliegt. Der Durchfluss am gewählten Standort wurde über die Länge von der Gewässerquelle bis zum Standort im Vergleich zu Hommerich abgeschätzt, was wiederum einen mittleren Abfluss von $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ergibt.

Für die Berechnung der Wärmepotenziale wurde angenommen, dass 12,5 % der Durchflussmenge genutzt werden kann, welche dann wiederum um 3 Kelvin abgekühlt wird [26], sodass die Abkühlung insgesamt weniger als 0,5 Kelvin beträgt. Als Datenquelle wurden tagesscharfe Durchflussmengen aus ELWAS-Web [13] verwendet und auf den Standort im Gemeindeteil Kürten umgerechnet.

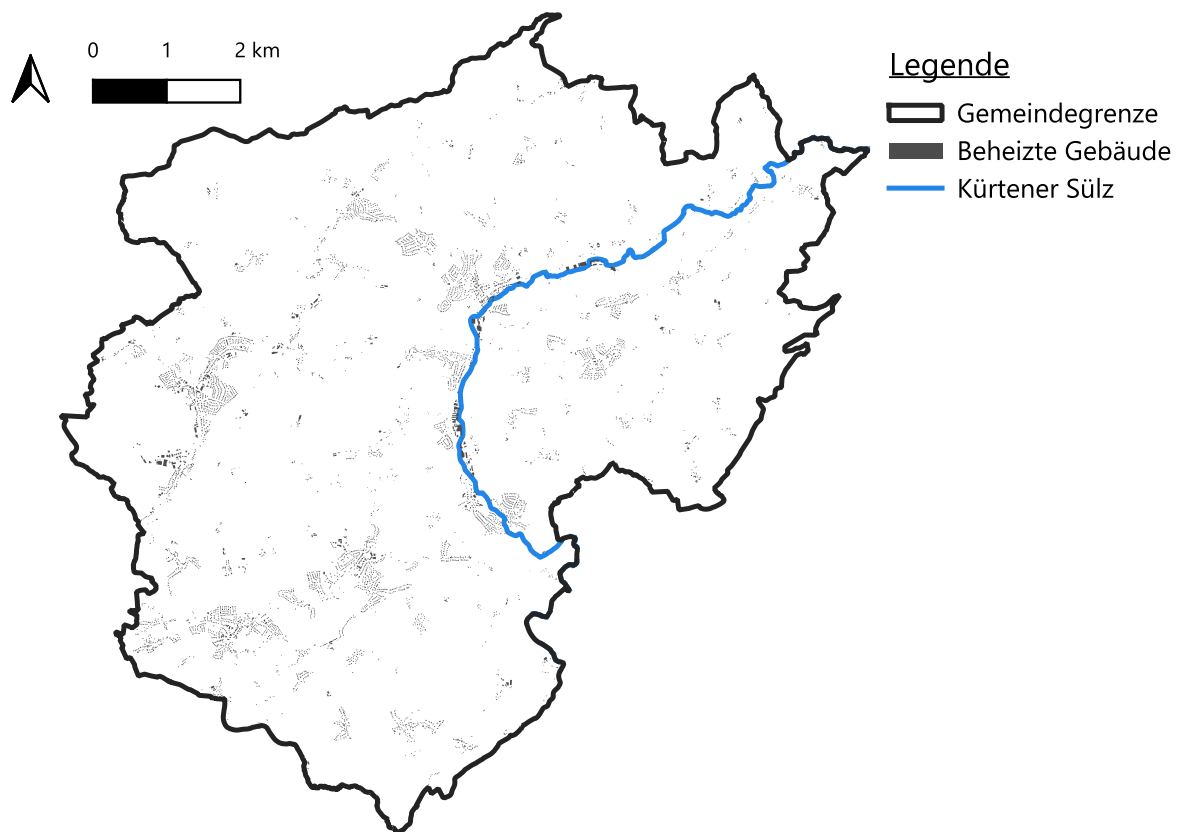


Abbildung 51: Verlauf der Körtener Sülz

Das Wärmebereitstellungspotenzial aus der Körtener Sülz ist im Jahresmittel für den Zeitraum 2000 bis 2023 in Abbildung 52 angegeben. Das jährliche Potenzial schwankt für den Zeitraum zwischen 6,3 GWh (im Jahr 2018) und 15 GWh (im Jahr 2023). Im Mittel über den betrachteten Zeitraum liegt das Potenzial bei 9,5 GWh pro Jahr. In Abgrenzung zur Wärmestudie NRW [19] ist zu erkennen, dass Fließgewässer ein nicht zu vernachlässigendes Potenzial in der Gemeinde aufweisen.

In Bezug auf die Saisonalität lässt sich feststellen, dass die Durchflussmenge und damit auch das Wärmepotenzial von der Jahreszeit abhängen. Im Sommer (Juni bis August) liegt der mittlere

Durchfluss bei $0,36 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Winter (Dezember bis Februar) hingegen bei $1,22 \text{ m}^3/\text{s}$. Diese Saisonalität stellt jedoch kein wirkliches Problem dar, da die Durchflussmenge dann maximal ist, wenn der Wärmebedarf maximal ist, nämlich im Winter. Die Effizienz sinkt jedoch im Winter im Vergleich zum Sommer aufgrund der niedrigeren Wassertemperatur.

Es lässt sich zusammenfassend aussagen, dass die Kürtener Sülz durchaus ein nutzbares Wärmepotenzial aufweist und eine geeignete Wärmequelle für den klimaneutralen Betrieb eines Wärmenetzes darstellt. Dies ist in Abschnitt 5.5.3 detaillierter dargestellt.

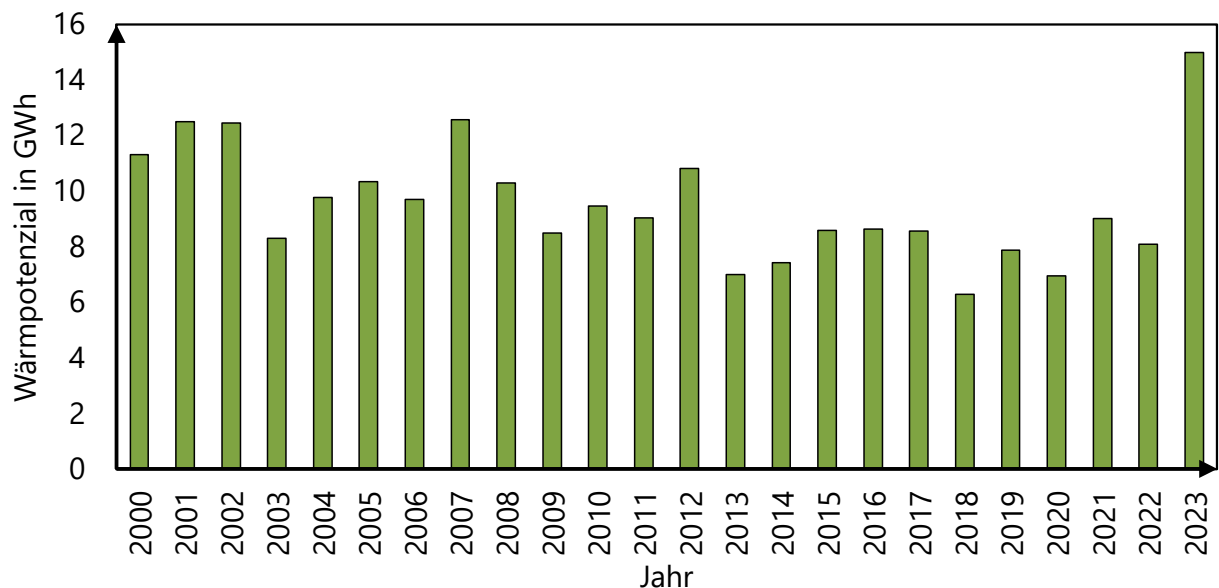


Abbildung 52: Jährliches Wärmepotenzial der Kürtener Sülz im Jahresmittelwert zwischen 2000 und 2023

4.3.2 Stehende Gewässer

Im Grenzgebiet zwischen der Gemeinde Kürten, der Gemeinde Odenthal sowie der Städte Wermelskirchen und Wipperfürth liegt die Große Dhünntalsperre, welche die zweitgrößte Trinkwassertalsperre Deutschlands darstellt.⁷ Diese stellt das einzige stehende Gewässer im Gemeindegebiet dar, welches aufgrund des Wasservolumens als nennenswerte Wärmequelle betrachtet werden kann (siehe Abbildung 16).

Die Große Dhünntalsperre weist eine Fläche von etwa 440 ha und ein Fassungsvermögen von 81 Mio. m^3 auf [20]. Basierend auf der Temperaturdynamik der Talsperre ergibt sich bei einer möglichen Abkühlung des Wassers um 1 Kelvin unter Vernachlässigung des Durchflusses, der Wasserentnahme und bei Unterstellung von Vollstau ein theoretisches Wärmepotenzial von 94,1 GWh pro Jahr. Diese Berechnung basiert auf der spezifischen Wärmekapazität von Wasser, dem Fassungsvermögen der Talsperre und der angenommenen Temperaturabsenkung von 1 Kelvin.

⁷ Auch wenn die Große Dhünntalsperre von der Dhünn durchflossen wird, wird diese zur Vereinfachung der Berechnung als stehendes Gewässer definiert.

Dieses Wärmepotenzial mag sehr groß wirken, hat aber in der praktischen Anwendung einige Hürden, die eine Nutzung im Wärmesektor erschweren. Einerseits sind die technischen und regulatorischen Anforderungen sehr hoch, da es sich hier um eine Trinkwassertalsperre handelt. Darüber hinaus wäre eine enge Abstimmung mit den anderen an die Talsperre angrenzenden Kommunen notwendig, da die Nutzung des Wärmepotenzials nicht nur der Gemeinde Kürten obliegt. Zuletzt ist noch zu erwähnen, dass im Gemeindegebiet Kürten in der Nähe der Talsperre keine bebauten Gebiete liegen, welche eine hohe Wärmedichte und damit Potenzial für ein Wärmenetz aufweisen. Dies erschwert zusätzlich die Nutzung des Wärmepotenzial der Großen Dhünntalsperre in der Kürtener Wärmeversorgung aufgrund zu hoher entstehender Verluste beim Transport über große Entfernungen.

4.4 Abwasser (Kanäle und Kläranlagen)

Wie in Abschnitt 3.3.3.6 beschrieben ist, werden in der Gemeinde Kürten zwei Kläranlagen betrieben. Deren Standorte sind in Abbildung 53 kartographisch abgebildet.

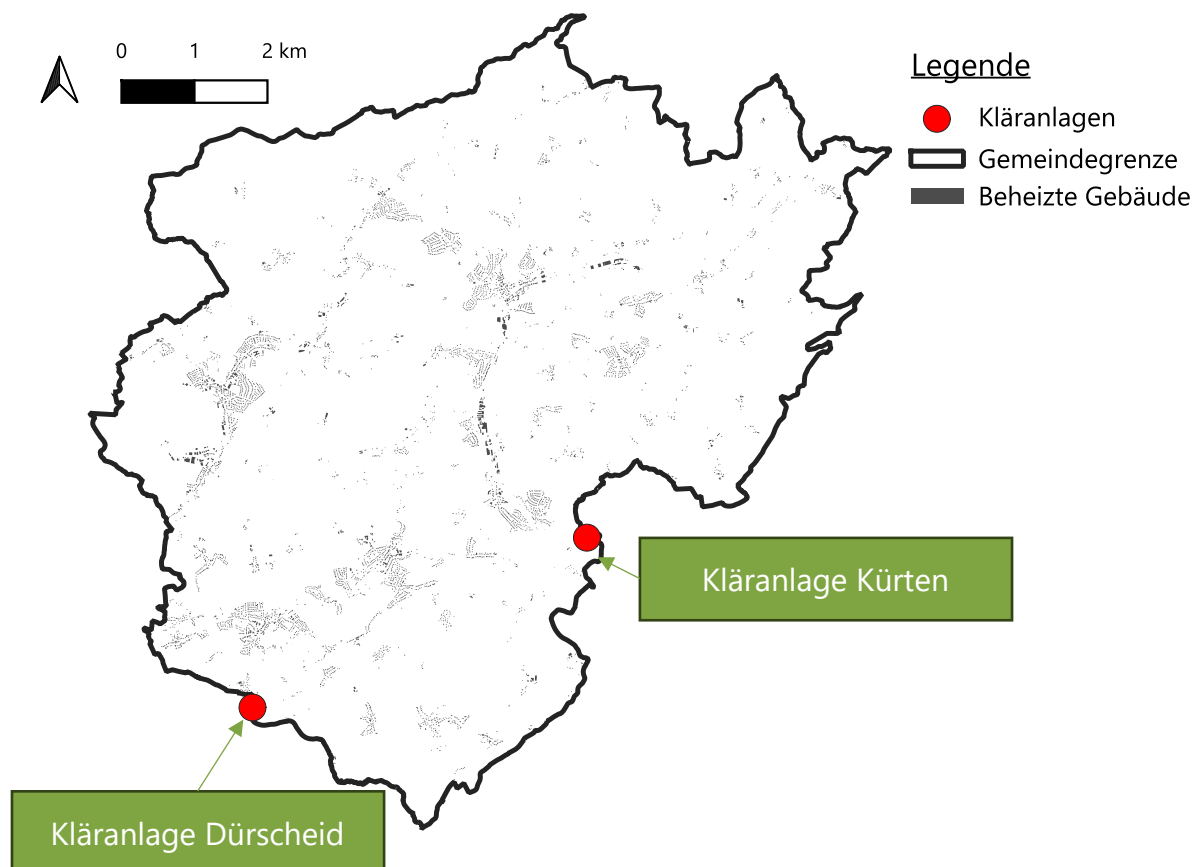


Abbildung 53: Standorte der Kläranlagen

Der Trockenwetterabfluss der Kläranlagen wird mit 433.200 m³ (Kläranlage Kürten) und 288.800 (Kläranlage Dürscheid) gemäß Angaben der Kommunalverwaltung beziffert. Mit dem Näherungswert von 3 kWh/m³ (Temperaturabsenkung um 3 K) ergeben sich Wärmepotenziale von 1,299 GWh

(Kläranlage Kürten) und 0,867 GWh (Kläranlage Dürscheid). Dementsprechend ist das Wärmebereitstellungspotenzial an den Standorten der Kläranlage als eher gering zu betrachten und die Angaben aus der Wärmestudie NRW [19] können hierbei nicht bestätigt werden.

Zusätzlich ist die Nutzbarkeit des Wärmepotenzials eingeschränkt, da beide Standorte über 500 Meter von geeigneter Bebauung (siehe Wärme-flächendichte in Abbildung 40) entfernt sind. Eine Abwärmenutzung einleitender Kanäle, welche durch die genannten Bebauungen laufen, wäre hier als Alternative vorstellbar. Jedoch ist hierbei zu beachten, dass potenziell das Wasser weniger stark abgekühlt werden darf, da sonst die Biologie in der Kläranlage nicht mehr gewährleistet werden kann. Dadurch würde das Wärmebereitstellungspotenzial noch weiter sinken. Insgesamt kann zusammengefasst werden, dass Abwärme aus Abwasser in Kürten keine nennenswert nutzbaren Potenziale aufweist.

4.5 Biomasse

In der Wärmestudie NRW wurde ein Biomassepotenzial von 13 GWh für die zukünftige Wärmeversorgung ermittelt (siehe Abbildung 49), das sich auf drei wesentliche Bereiche verteilt: Abfallwirtschaft, Forstwirtschaft und Landwirtschaft [19].

Grundsätzlich lässt sich für NRW auf Basis der Erkenntnisse aus der Wärmestudie NRW festhalten, dass in der Abfallwirtschaft nur geringe Potenziale, insbesondere in Bio- und Grünabfällen, bestehen. 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 dem Bereich der Abfallwirtschaft werden bereits heute umfangreich genutzt. Die Forstwirtschaft charakterisiert sich in NRW dadurch, dass bereits heute mehr Holz energetisch genutzt wird, als nachhaltig angebaut. Dies wird dank Importen von Holz realisiert. Die Nutzung von Schadholz ist aufgrund hoher Verfügbarkeitsschwankungen auch nur bedingt verlässlich nutzbar. Biomasse aus Landwirtschaft ist hier der einzige Bereich, wo nach Wärmestudie NRW noch nennenswerte Potenziale in NRW schlummern könnten, wobei auch diese logistisch und wirtschaftlich nur schwer zu heben sind [19].

Nur 5-6 % der Fläche von Kürten werden für landwirtschaftliche Zwecke genutzt, dementsprechend sind die lokalen Potenziale für Biomasse aus der Landwirtschaft in der Gemeinde Kürten als gering einzuschätzen. Wald wiederum macht 37 % der Gemeindeflächen aus, sodass hier grundsätzlich Potenziale bestehen könnten, wobei gemäß dem vorangegangenen Abschnitt festzuhalten ist, dass die Forstwirtschaft grundsätzlich eher geringe Potenziale aufweist. Die Flächennutzung inkl. Wald- und Landwirtschaftsflächen kann Abbildung 16 entnommen werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das lokale Biomassepotenzial eher begrenzt ist und nur als kleine Teillösung genutzt werden kann (z.B. als Spitzenlastoption für ein Wärmenetz wie in Abschnitt 5.5.3).

4.6 Geothermie

4.6.1 Oberflächennahe Geothermie

Die Wärmestudie NRW weist für oberflächennahe Geothermie in Nordrhein-Westfalen ein jährliches Energiepotenzial von 198 GWh aus. Diese Technologie umfasst Bohrungen bis zu einer Tiefe von etwa 400 Metern, bei denen die im Erdreich gespeicherte Wärme für Heizsysteme, insbesondere Wärmepumpen, genutzt wird. Die Effizienz dieser Methode hängt entscheidend von der Durchlässigkeit und Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab.

Die Wärmeleitfähigkeit des Bodens und potenzielle Ausschlussgebiete für Geothermie sind in Abbildung 54 dargestellt. Diese Ausschlussgebiete beeinflussen die Möglichkeiten zur Nutzung geothermischer Energie erheblich. Sie können in Wasserschutzzonen und Naturschutzgebiete unterschieden werden.

Im Folgenden werden in erster Instanz die verschiedenen Wasserschutzzonen beschrieben. In Zone I, die unter dem strengsten Schutz steht, sind geothermische Bohrungen vollständig verboten, um die Trinkwasservorkommen zu schützen. In Zone II dürfen Bohrungen nur unter strengen Auflagen erfolgen, während in Zone III geothermische Projekte möglich sind, jedoch weiterhin Einschränkungen unterliegen, um eine Gefährdung des Trinkwassers zu vermeiden. Im Kontext der Wasserschutzzonen ist in der Gemeinde Kürten insbesondere die Große Dhünntalsperre zu nennen, welche Wasserschutzzone I darstellt und von weiteren Wasserschutzzonen II und III umgeben ist. Auch im Osten im Gemeindeteil Kürten sind Wasserschutzzonen II und III vorhanden.

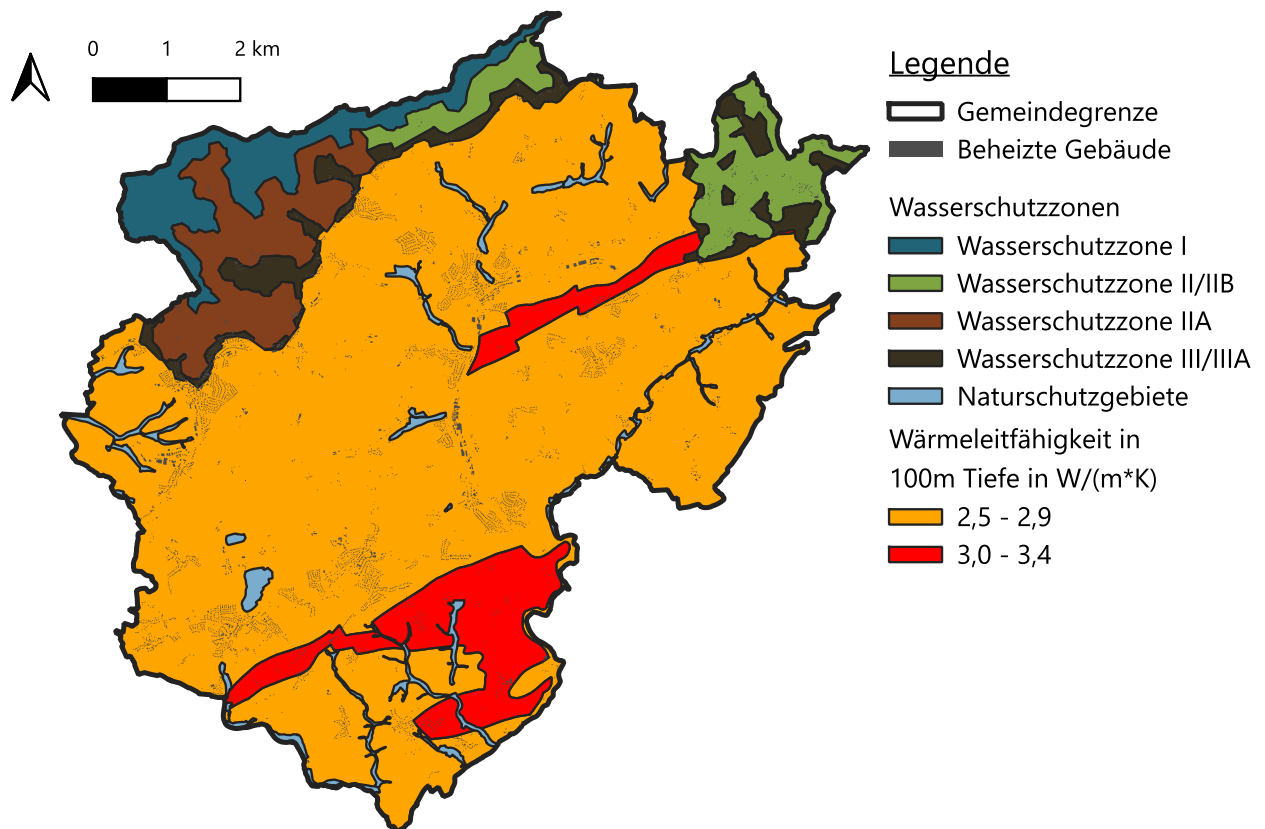


Abbildung 54: Oberflächennahe Geothermie: Ausschlussgebiete und Wärmeleitfähigkeit des Bodens in 100m Tiefe

Zusätzlich können Naturschutzgebiete die Nutzung der Geothermie einschränken. Es gibt im Gemeindegebiet verschiedene kleinere Naturschutzgebiete in der Nähe von Gewässern, welche sich teilweise mit den Wasserschutzzonen überlappen.

Ein wichtiger technischer Faktor ist die Wärmeleitfähigkeit des Bodens, die ebenfalls in Abbildung 54 dokumentiert ist. Für den größten Teil des Stadtgebiets weist der Geologische Dienst NRW eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 2,5 und 2,9 W/(m*K) für Sondertiefen von 40 bis 100 Metern aus. Es gibt jedoch auch Bereiche im Süden und Nordosten der Kommune, welchen eine Wärmeleitfähigkeit von 3 bis 3,4 W/(m*K) zugeschrieben wird. Eine Wärmeleitfähigkeit über 2,5 W/(m*K) ist im Kontext der geothermischen Nutzung als „gut“ zu bezeichnen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass oberflächennahe Geothermie eine wichtige Teillösung für die Wärmetransformation in Kürten darstellen kann (z.B. für ein Wärmenetz wie in Abschnitt 5.5.3), da die Böden in den entsprechenden Tiefen eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen und der Großteil der Gemeindefläche (insbesondere in der Nähe dichter Besiedlung) keine Ausschlussflächen aufweist.

4.6.2 Mittlere 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 tiefegeothermische 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 2.000 Meter Tiefe belaufen sich auf rund fünf Millionen Euro. Vor einer Bohrung sind zudem seismische Untersuchungen erforderlich, deren Kosten im hohen sechsstelligen Bereich liegen. Trotz Förderungen des Landes Nordrhein-Westfalen verbleibt ein finanzielles Restrisiko in Millionenhöhe.

Die Wärmestudie NRW weist hierbei für die Gemeinde Kürten keine Potenziale in der mitteltiefen oder tiefen Geothermie aus, da die Böden im Gemeindegebiet vermutlich nicht die entsprechenden Eignungen aufweisen [19]. Finale Aussagen über die Potenziale können, wie oben beschrieben, nur durch detaillierte seismische Untersuchungen und Probebohrungen bestimmt werden.

4.7 Industrielle Abwärme

Die Gemeinde Kürten ist nur wenig von produzierender Industrie geprägt. Dies zeigt sich auch durch die niedrige Anzahl an Wärmegroßverbrauchern, wie in Abschnitt 3.6 zu sehen ist. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden insgesamt sechs Unternehmen in Kürten zu ihrem

Abwärmepotenzial mittels eines Fragebogens befragt. Von keinem der Unternehmen wurde ein Abwärmepotenzial angegeben. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erarbeitungen aus der Wärmestudie NRW [19]. Die Wärmestudie erwartet hier zukünftig ein Potenzial von ca. 1 GWh, was zeigt, dass Abwärme aus der Industrie für die Gemeinde Kürten maximal eine untergeordnete Rolle in der Wärmeversorgung spielen wird.

Im Jahr 2024 wurde die „Plattform für Abwärme“ vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle ins Leben gerufen, welche eine Übersicht über die gewerblichen Abwärmepotenziale in Deutschland geben soll [27]. Unternehmen mit einem durchschnittlichen Gesamtenergieverbrauch von über 2,5 GWh sind hierbei zu Angaben verpflichtet. Im Rahmen der ersten Veröffentlichung der Ergebnisse lag auch gemäß [27] bei keinem Unternehmen in Kürten ein Abwärmepotenzial vor.

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 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 Verbote von Ölheizungen, 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, Platz)
- Investitions- und Betriebskosten (inkl. Förderungen) der neuen Technologie
- Alter bzw. Zustand der 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 Gemeinde Kärnten infrage kommen. Das Venn-Diagramm in Abbildung 55 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 Netzstruktur 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.

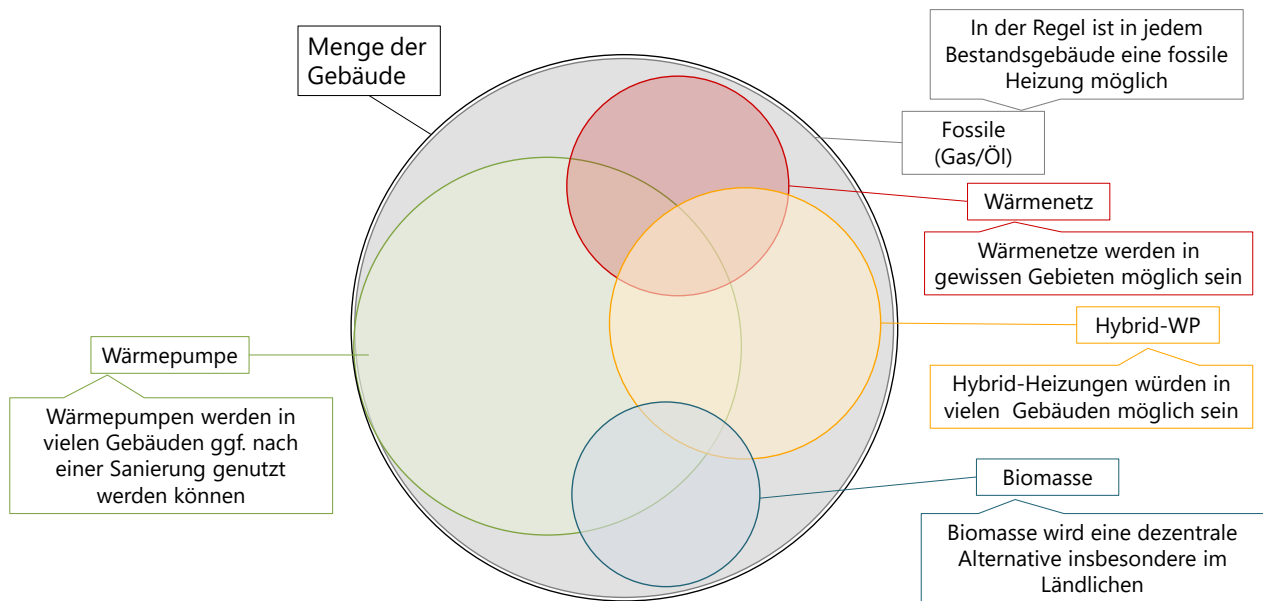


Abbildung 55: Lösungsraum der Wärmetechnologien

5.3 Auswirkungen der Sanierung

Um die Wärmewende in der Gemeinde Kürten 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 Gemeinde Kürten. In Tabelle 5 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 5: Betrachtete Sanierungsklassen

Sanierungs- klasse	1: Geringintensive Sanierung	2: Mittelintensive Sanierung	3: Tiefgreifende Sanierung
Maßnah- men	<ul style="list-style-type: none"> - Austausch alter Heizkörperven- tile gegen thermostatische Ven- tile - Durchführung kleinerer Ab- dichtungsarbeiten an Fenstern und Türen - Installation von Heizkörperre- flektoren hinter alten Heizkör- pern - 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 Gebäu- des auf Passivhaus-Standard - Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärme- rückgewinnung - Installation von Photovoltaik- Anlagen zur Eigenstromversor- gung - Nutzung von Solarthermie für die Warmwasserbereitung
Investitions- kosten	Sehr gering	Mittel bis hoch	Hoch bis sehr hoch
Energieein- sparung	Gering bis moderat, hauptsäch- lich durch verbesserte Wärme- verteilung und Vermeidung von Wärmeverlusten	Hoch, da umfassende Dämm- maßnahmen und effiziente Heizsysteme eingesetzt werden	Sehr hoch, Gebäude benötigen kaum noch externe Energiezu- fuhr
Amortisati- onszeit	Sehr kurz, in der Regel innerhalb weniger Jahre	Mittel bis lang, abhängig von den Energiekosten	Lang, aber sehr hohe Einsparun- gen bei den Energiekosten
Förderung	Förderungen für kleinere Maß- nahmen sind begrenzt, aber lo- kale und regionale Programme bieten möglicherweise kleine Zuschüsse	Umfangreiche Förderpro- gramme können bis zu 50% der Kosten abdecken, insbesondere für Wärmepumpen und Dämm- maßnahmen	Umfangreiche Förderungen not- wendig, die bis zu 60% der Kos- ten decken können, einschließ- lich spezieller Kredite zu günsti- gen Konditionen

5.3.2 Entwicklung des Wärmebedarfs

Im folgenden Abschnitt wird das Sanierungspotenzial für die Gemeinde Kürten dargelegt. In Abbil-
dung 56 wird die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarf in Abhängigkeit der Sanierungsklassen
aufgezeigt. Dabei wird der gesamte Wärmebedarf vor der Sanierung sowie nach der Umsetzung der
Sanierungsklassen 1, 2 und 3 dargestellt. Während bei Sanierungsklasse 1 der Wärmebedarf nahezu
unverändert bleibt und nur eine minimale Einsparung erreicht wird, zeigt Sanierungsklasse 2 bereits
eine Reduktion des Wärmebedarfs um etwa 3 %. Die umfangreichste Sanierung, die in Sanierungs-
klasse 3 definiert wurde, führt zu einer Reduktion des Wärmebedarfs um 16 %.

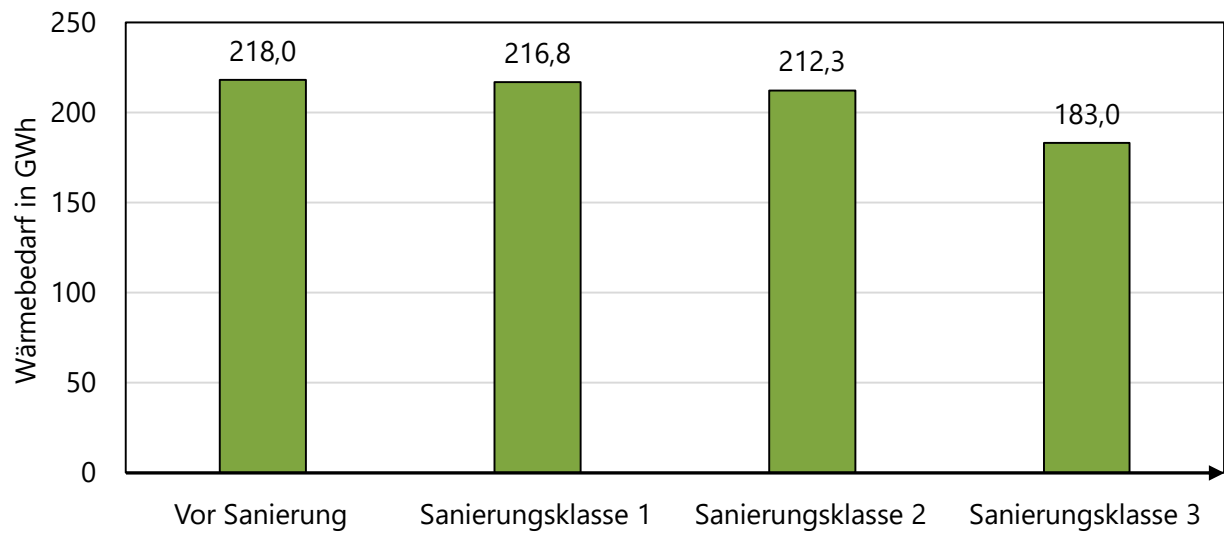


Abbildung 56: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs durch Sanierung

In Abbildung 57 sind die Baublöcke dargestellt, welche ein Sanierungspotenzial von über 30 % zwischen dem Status quo und der Sanierungsklasse 3 darstellen, was wiederum deutlich über dem Schnitt aller Gebäude in der Gemeinde liegt.

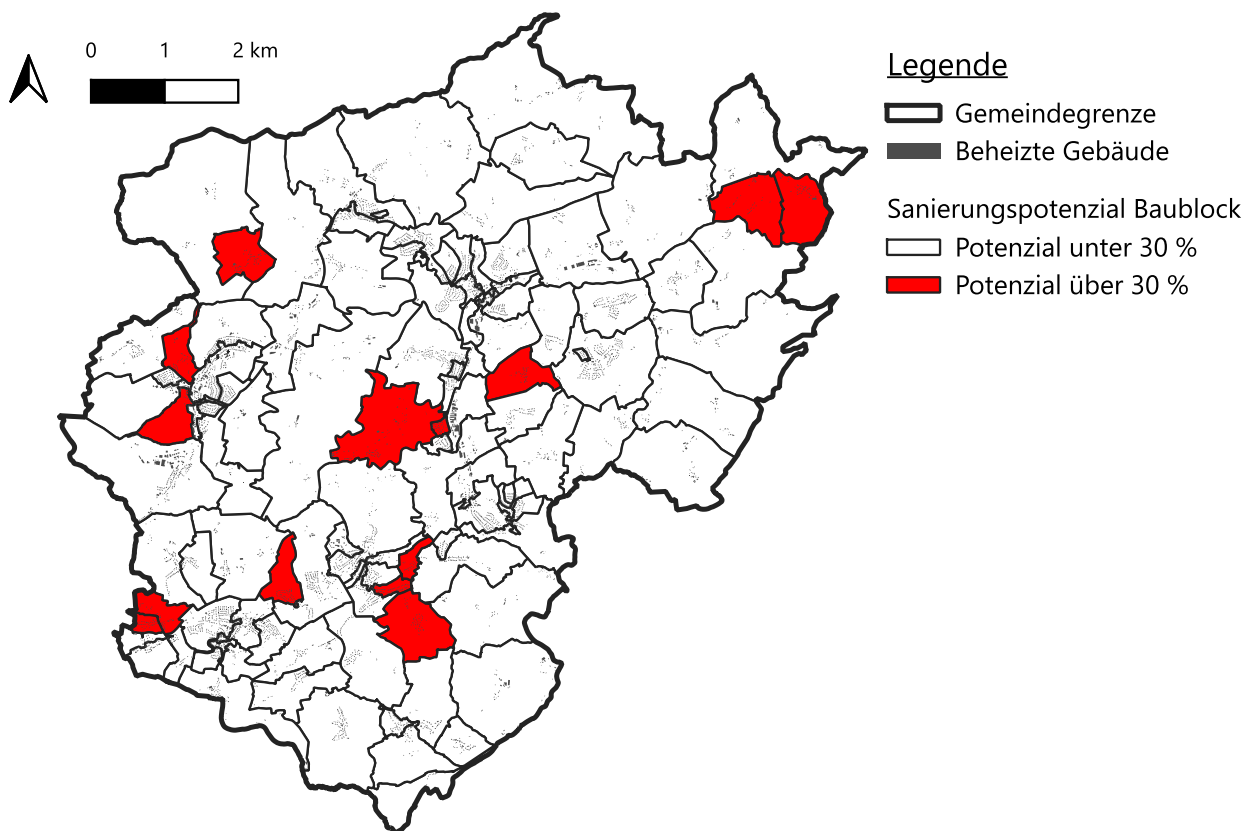


Abbildung 57: Baublöcke mit erhöhtem Sanierungspotenzial



Insgesamt weisen 14 der 104 Baublöcke (entspricht 13,5 %) ein Sanierungspotenzial von über 30 % aus. Es ist zu erkennen, dass sich die Baublöcke über verschiedene Quartiere des Gemeindegebiets verteilen. Hervorzuheben ist hierbei der Südosten von Biesfeld und der Bereich Junkermühle im Gemeindeteil Kürten, die beide ein Potenzial von über 40 % aufweisen.

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. Die Ergebnisse dieser Eignungsprüfung legen fest, ob für das jeweilige Gebäude diese Wärmeversorgungsoption im Rahmen der festgelegten Zielszenarien berücksichtigt werden kann.

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. Wären die Schallimmissionen bei Nutzung einer Wärmepumpe zu hoch, 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) genutzt worden.

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 (BEW Bergische Energie- und Wasser-GmbH) ein Bereich des Gasnetzes im Gemeindegebiet definiert worden, welcher zukünftig auf Wasserstoff umgestellt werden könnte. Die Gemeinde Kürten hat hierbei den Vorteil, dass das geplante Kernnetz für Wasserstoff in der Nähe der Gemeinde Kürten vorbeiläuft [28]. Dementsprechend hat die Gemeinde im Vergleich zu anderen Kommunen eine erhöhte Chance, dass Wasserstoff lokal verfügbar sein wird. Im Gegenzug muss jedoch beachtet werden, dass in der Gemeinde nur wenig Industrie vorliegt, so dass für den Industriesektor nur ein beschränkter Bereich des Erdgasnetzes umgewidmet werden müsste. Der als Eignungsgebiet für Wasserstoff definierte Bereich umfasst die Gemeindeteilzentren von Bechen und Kürten (sowie deren Verbindung). Im Gemeindeteil Kürten geht dieser bis zur Gemeindeteilgrenze zu Biesfeld. Als weitere Restriktion für die Eignungsfestlegung ist festgelegt worden, dass nur Gebäude für Wasserstoffnetze in Frage kommen, die bereits im Status quo an das Kürtener Erdgasnetz angeschlossen sind. Im Zuge der weiteren Entwicklungen könnte Wasserstoff auch durch andere grüne Gase substituiert werden, lag jedoch nicht im Fokus der Untersuchungen.

5.4.2 Eignungsgebiete für Wärmepumpen sowie Wasserstoff- und Wärmenetze

In Abbildung 58 ist die Anzahl an Gebäuden, welche für Wärmepumpen, Wasserstoff oder Wärmenetze geeignet sind, dargestellt. Aus den Ergebnissen der Eignungsprüfung geht hervor, dass mit 5.839 Gebäuden knapp 96 % aller Gebäude in der Gemeinde Kürten für Wärmepumpen geeignet sind. Dementsprechend sind Wärmepumpen im Gemeindegebiet eine flächendeckende Lösungsoption. Für den Anschluss an ein potenzielles Wasserstoffnetz sind nur 776 Gebäude (entspricht 13 % des Gesamtgebäudebestands) geeignet, da das Eignungsgebiet nur in definierten Abschnitten der Gemeindeteile Kürten, Bechen und Biesfeld (nur wenige Gebäude) liegt. Durch die enge Bebauung der Gemeindeteilzentren in allen Gemeindeteilen (Ausnahme: Olpe) sind die Eignungsgebiete für Wärmenetze im Vergleich zu Wasserstoff deutlich größer. Dies sorgt dafür, dass 39 % der Gebäude in der Gemeinde Kürten als geeignet für Wärmenetze definiert werden. Da jedoch auch viele Bereiche des Gemeindegebiets eher ländlich geprägt sind, sind wiederum 61 % der Gebäude nicht geeignet.

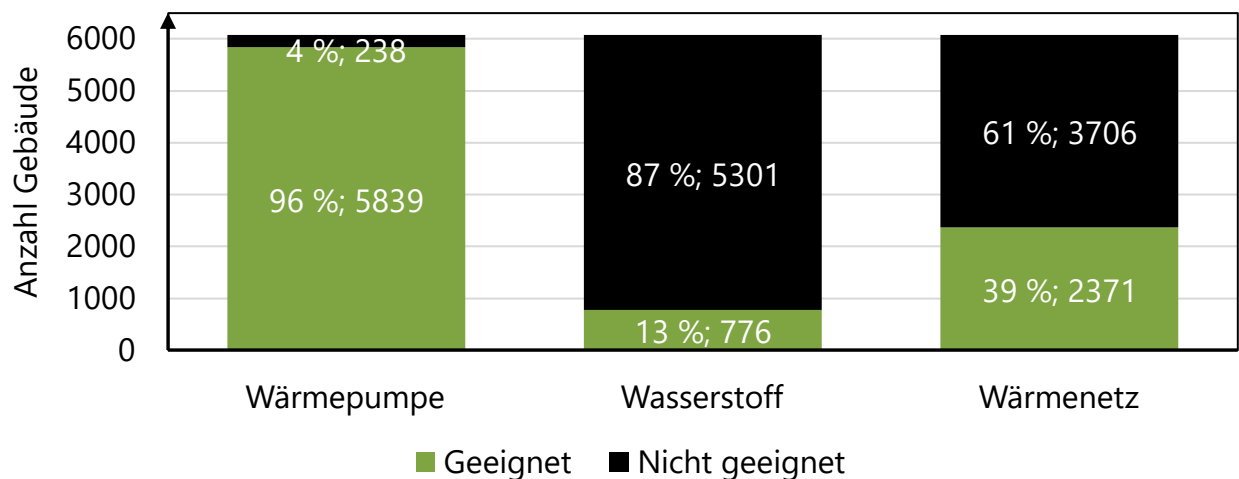


Abbildung 58: Eignung der Gebäude in Abhängigkeit der Technologien

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Eignungsprüfungen auch kartographisch auf Baublockebene dargestellt. Hierbei werden die Baublöcke in die Kategorien „Ungeeignet“, „Teilweise geeignet“ und „Geeignet“ eingeteilt. Dies erfolgt anhand der Prozentzahl an Gebäuden, welche eine Eignung aufweisen:

- Ungeeignet: < 20 % der Gebäude eignen sich für diese Technologie
- Teilweise geeignet: 20 % - 80 % der Gebäude eignen sich für diese Technologie
- Geeignet: > 80 % der Gebäude eignen sich für diese Technologie

Die Eignung der Baublöcke für Wärmepumpen ist in Abbildung 59 dargestellt. Wie bereits in Abbildung 58 beschrieben, stellen Wärmepumpen im Gemeindegebiet eine flächendeckende Option dar. 101 der 104 Baublöcke werden dementsprechend als „Geeignet“ für Wärmepumpen ausgewiesen. Die verbleibenden drei Baublöcke weisen ebenfalls einen Anteil geeigneter Gebäude von über 78 % auf, sodass in diesen auch der Großteil der Gebäude eine Eignung für Wärmepumpen aufweisen.

Die Eignung für Wärmenetze auf Baublockebene ist in Abbildung 60 dargestellt. Wie bereits in Bezug auf Abbildung 58 diskutiert, sind die ländlichen Bereiche des Gemeindegebiets ungeeignet für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen. Nach den getroffenen Eignungsdefinitionen der Baublöcke sind 61 % der Baublöcke nicht für Wärmenetze geeignet. Im Gegenzug sind jedoch 28 % der Baublöcke vollständig geeignet und 11 % in Teilen geeignet. Die geeigneten Baublöcke liegen in den dicht bebauten Bereichen der Gemeindeteile Bechen, Kürten, Dürscheid und Biesfeld.

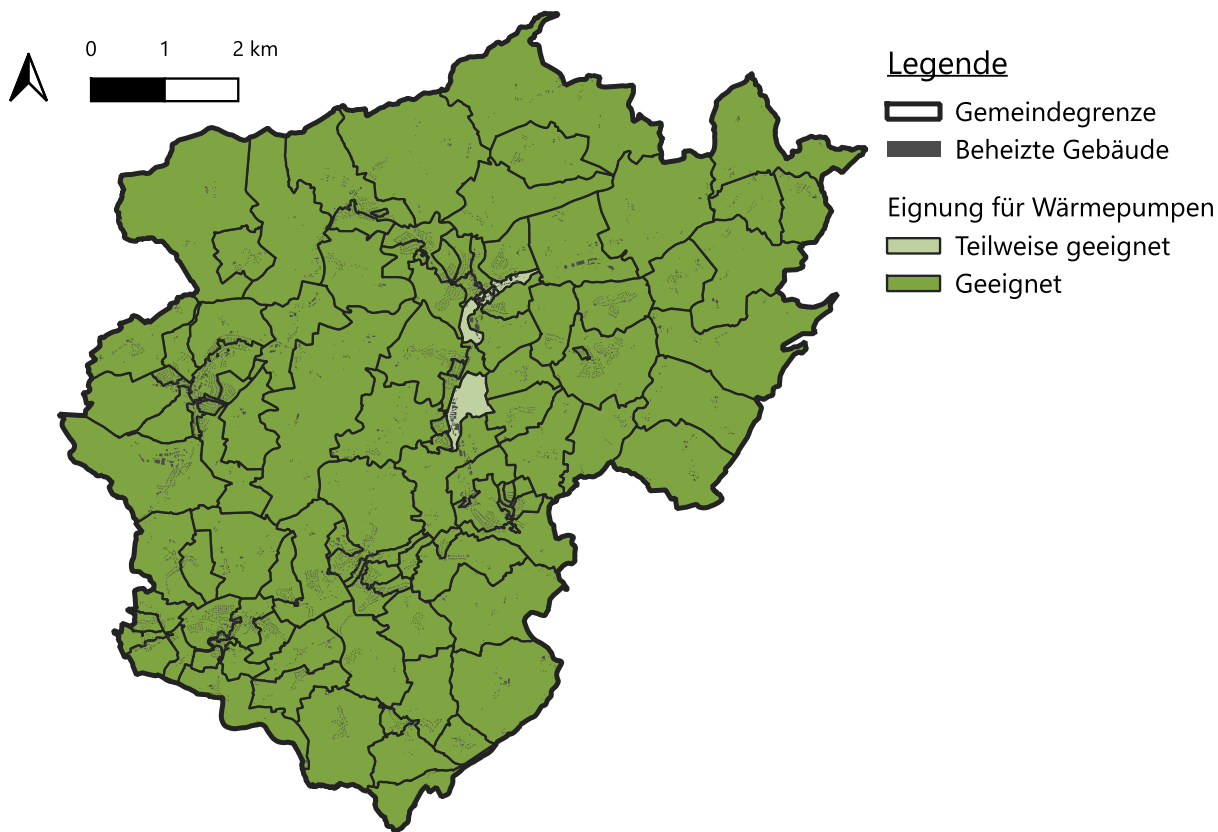


Abbildung 59: Eignung von Wärmepumpen auf Baublockebene

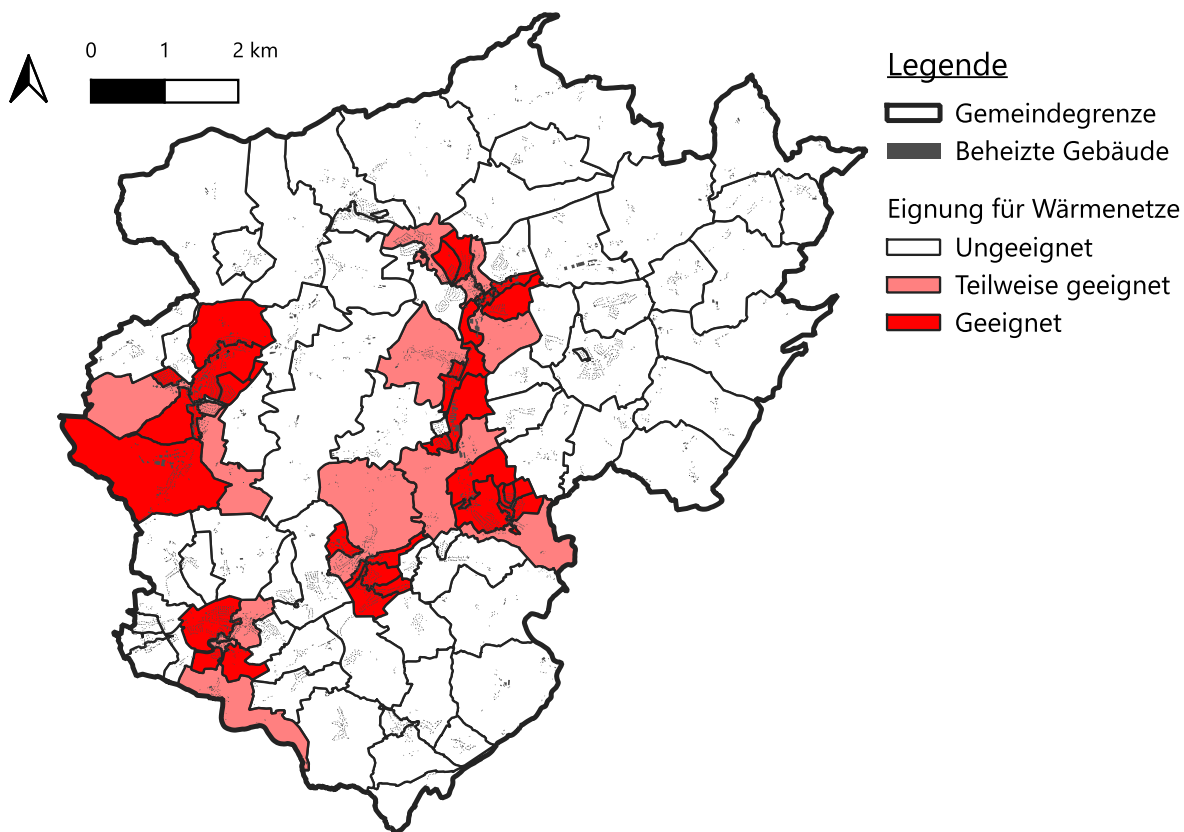


Abbildung 60: Eignung von Wärmenetzen auf Baublockebene

Die Eignung für Wasserstoffnetze auf Baublockebene ist in Abbildung 61 graphisch dargestellt. Wie bereits beschrieben liegt das Eignungsgebiet primär in den Gemeindeteilen Bechen und Kürten, beinhaltet aber auch vereinzelte Gebäude in Biesfeld. Nach den getroffenen Definitionen werden 19 Baublöcke als „Teilweise geeignet“ und 85 Baublöcke als „Ungeeignet“ klassiert. Die Baublöcke mit einem Anteil von über 60 % an geeigneten Gebäuden liegen insbesondere im Gemeindeteilzentrum von Bechen und im Gemeindeteil Kürten entlang der Wipperfürther Straße.

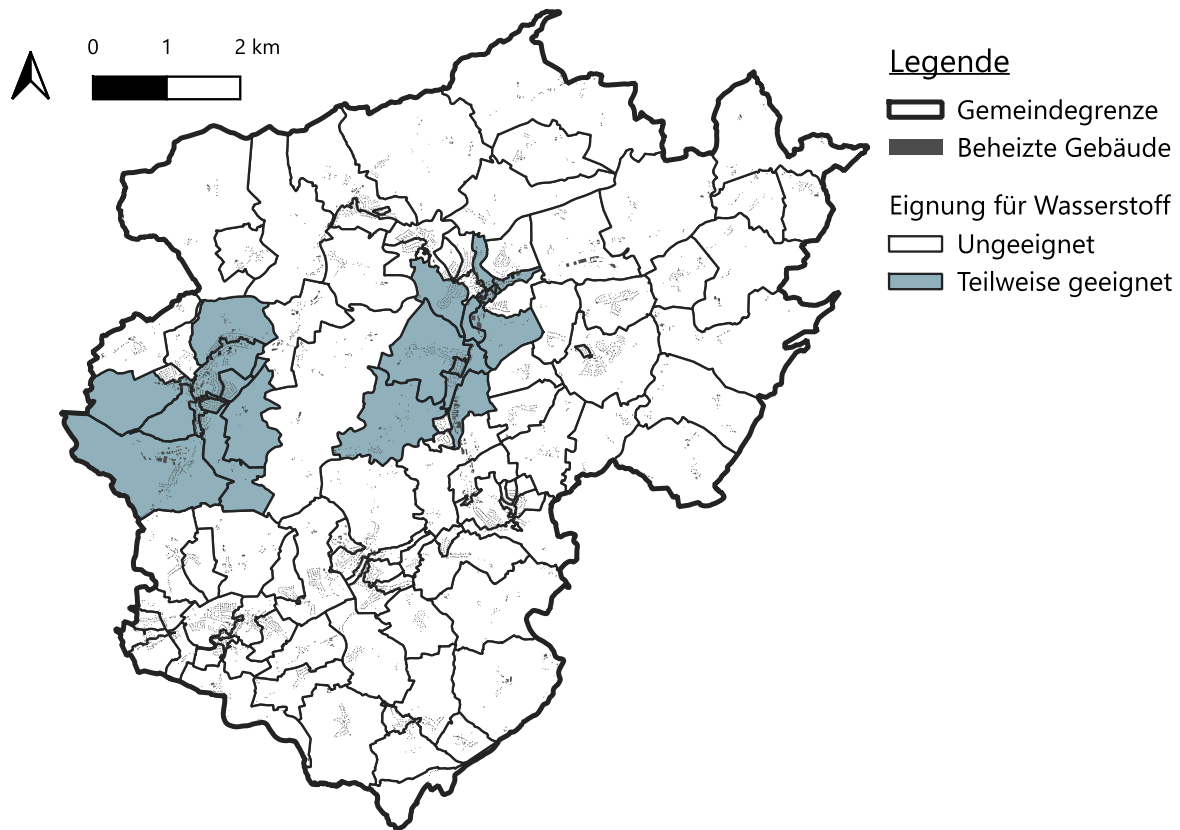


Abbildung 61: Eignung von Wasserstoffnetzen auf Baublockebene

5.5 Zielszenarien

In diesem Abschnitt werden die Szenarien zur Transformation des Wärmesektors für das Gemeindegebiet vorgestellt. Insgesamt werden drei verschiedene Szenarien vorgestellt. In Abschnitt 5.5.1 wird das Hauptszenario für die kommunale Wärmeplanung vorgestellt. Dieses beschreibt eine zukünftig primär dezentrale Wärmeversorgung und spiegelt dementsprechend eine Entwicklung wider, welche für Kürten als am wahrscheinlichsten gesehen wird. Wie jedoch in Abschnitt 5.4 dargelegt, können Wärmenetze und auch die Umstellung von Teilen des Gasnetzes auf Wasserstoff für die Gemeinde Kürten Alternativen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung darstellen. Deshalb wird in den

Abschnitten 5.5.2 und 5.5.3 jeweils ein Nebenszenario beschrieben, welches für Kürten auch die Entwicklung bei Bau von Wärmenetzen oder der Umstellung des Erdgasnetzes auf Wasserstoff darlegt.⁸

5.5.1 Hauptszenario

Die genutzten Heizungstechnologien für das Zieljahr 2045 im Hauptszenario sind in Abbildung 62 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das Hauptszenario im Zieljahr 2045 für Kürten eine dezentrale Versorgung aller Gebäude vorsieht. Hierbei ist zu erkennen, dass 5.547 der 6.077 Gebäude (dies entspricht 91 %) zukünftig mit strombasierten Lösungen beheizt werden. Im Fokus stehen hierbei Wärmepumpen, welche 88 % der Gebäude ausmachen. 3 % entfallen auf Stromdirektheizungen und 9 % auf Heizungen mit Biomasse als Energieträger. Wie in Abschnitt 5.2 dargelegt, erfolgt die Festlegung der geeigneten Zieltechnologie primär auf wirtschaftlicher Basis unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher, rechtlicher und technischer Restriktionen.

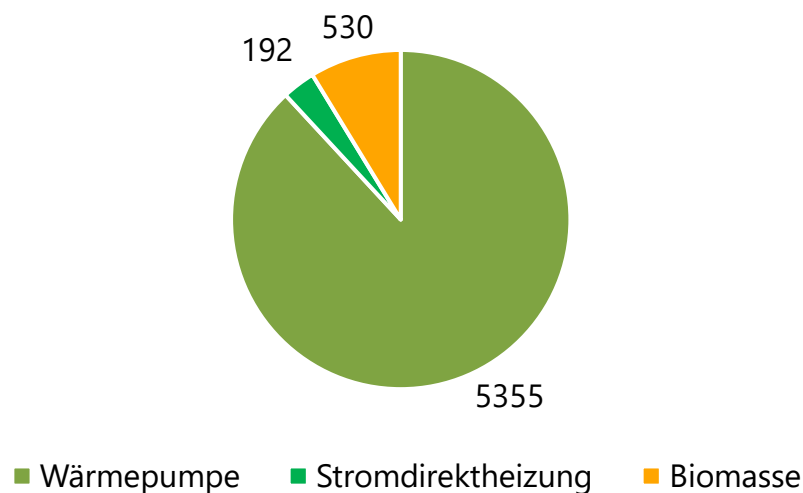


Abbildung 62: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

In Abbildung 63 sind die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete im Zuge der Transformation des Wärmesektors für die Stützjahre 2030 bis 2040 dargestellt. Da im Rahmen des Hauptszenarios keine Umwidmung auf Wasserstoff und auch kein Bau von klimaneutralen Wärmenetzen stattfindet, ist das komplette Gemeindegebiet für eine dezentrale Wärmeversorgung vorgesehen.

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der verwendeten Energieträger vom heutigen Status quo bis zum Zieljahr 2045 ist in Abbildung 64 dargestellt.⁹ Wie in Kapitel 3

⁸ Das Hauptszenario wird nach Vorgaben des Wärmeplanungsgesetzes gesetzeskonform ausgewertet. Die Nebenszenarien zeigen ergänzende Lösungsmöglichkeiten auf.

⁹ Bei der Modellierung der Technologiewechsel 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.

beschrieben, macht im Jahr 2024 Erdgas gefolgt von Heizöl den größten Anteil aus, während beispielsweise Strom und Biomasse nur eine untergeordnete Rolle spielen.

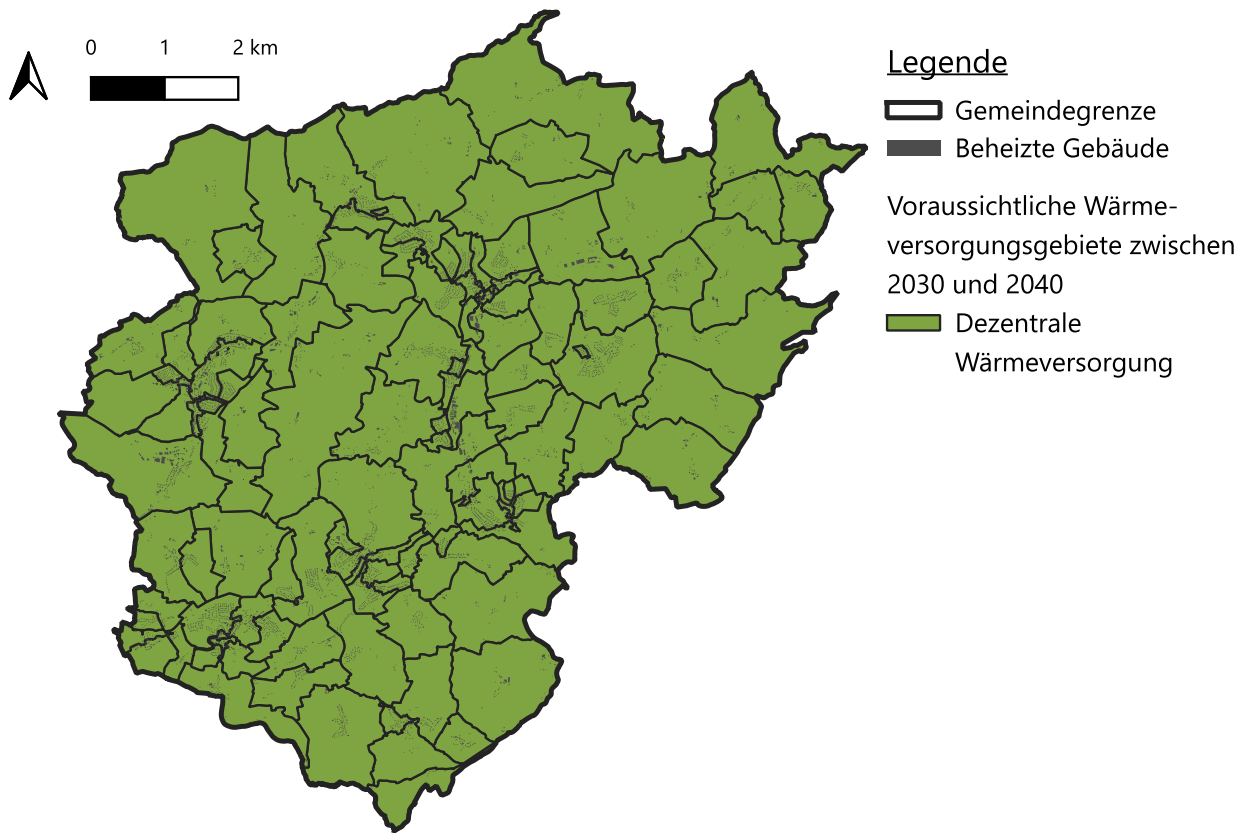


Abbildung 63: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren zwischen 2030 und 2040 (Hauptszenario)

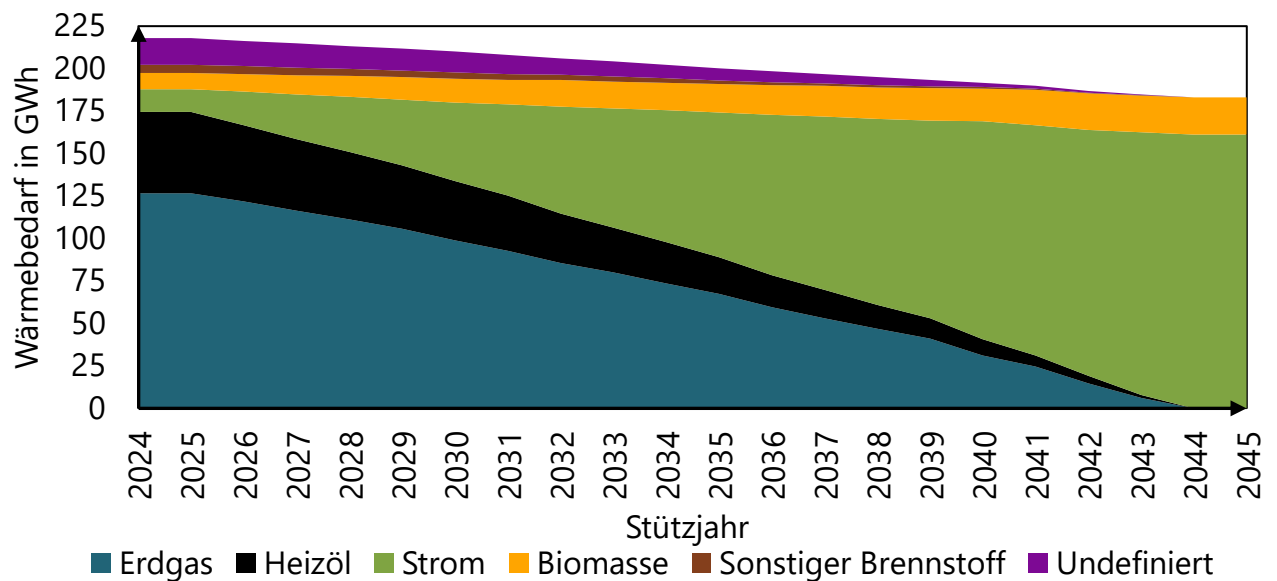


Abbildung 64: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

Der Wechsel auf Wärmepumpen sorgt bereits im Stützjahr 2030 dafür, dass 22 % (46,4 GWh) der Wärme auf strombasierten Heizungen aufbaut. Dies macht elektrische Energie nach Erdgas (98,7 GWh) zum zweit wichtigsten Energieträger der Wärmeversorgung in Kürten. Heizöl macht im Stützjahr 2030 bereits weniger als 17 % (34,9 GWh) aus. Der Entwicklungstrend geht weiter, sodass im Stützjahr 2035 bereits knapp 42 % der Wärme über strombasierte Heizungen (85,1 GWh) bereitgestellt wird. Erdgas mit 34 % (67,4 GWh) und Heizöl mit 11 % (21,5 GWh) verlieren immer mehr an Bedeutung. Durch den Zubau von Pellet-Heizungen steigt der Anteil von Biomasse als Energieträger über die Jahre leicht an.

Für das Stützjahr 2040 liegt der Anteil von Erdgas nur noch bei 16 % mit 30,9 GWh. Während Heizöl nur noch bei 5 % (9,6 GWh) liegt, macht Biomasse 10 % (19,3 GWh) aus. Strom macht mit 128,5 GWh nun bereits 67 % des gesamten Wärmebedarfs aus. Dieser Wert steigt auf 88 % (161 GWh) für das Zieljahr. Biomasse macht dann mit 22 GWh 12 % aus. Erdgas und Heizöl werden im Zieljahr 2045 dann keinen Anteil mehr am Wärmebedarf in Kürten haben.

Durch die Berücksichtigung von Sanierungsmaßnahmen im Rahmen der Technologiewechsel sinkt der Gesamtwärmebedarf vom Status quo im Vergleich zum Zieljahr. Von 218 GWh sinkt dieser auf 210 GWh in 2030, 200 GWh in 2035, 192 GWh in 2040 und dann schließlich auf 183 GWh im Zieljahr 2045. Dies entspricht einer Reduktion des Wärmebedarfs von 16 % von Status quo zum Zieljahr 2045.

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der Verbrauchssektoren ist in Abbildung 65 dargestellt. Wie bereits in der Bestandsanalyse erarbeitet, entfallen große Teile des Wärmebedarfs auf den Haushaltssektor (75,3 %) und den GHD-Sektor (14,6 %). Gebäude der Sektoren „Kommunal“ und „Industrie“ machen entsprechend nur einen geringen Anteil aus. Diese Aufteilung ändert sich auch nur bedingt während der Transformation der Wärmeversorgung. Im Zieljahr 2045 macht der Haushaltssektor 72,8 % (133,2 GWh) aus und der GHD-Sektor 16,3 % (29,8 GWh).

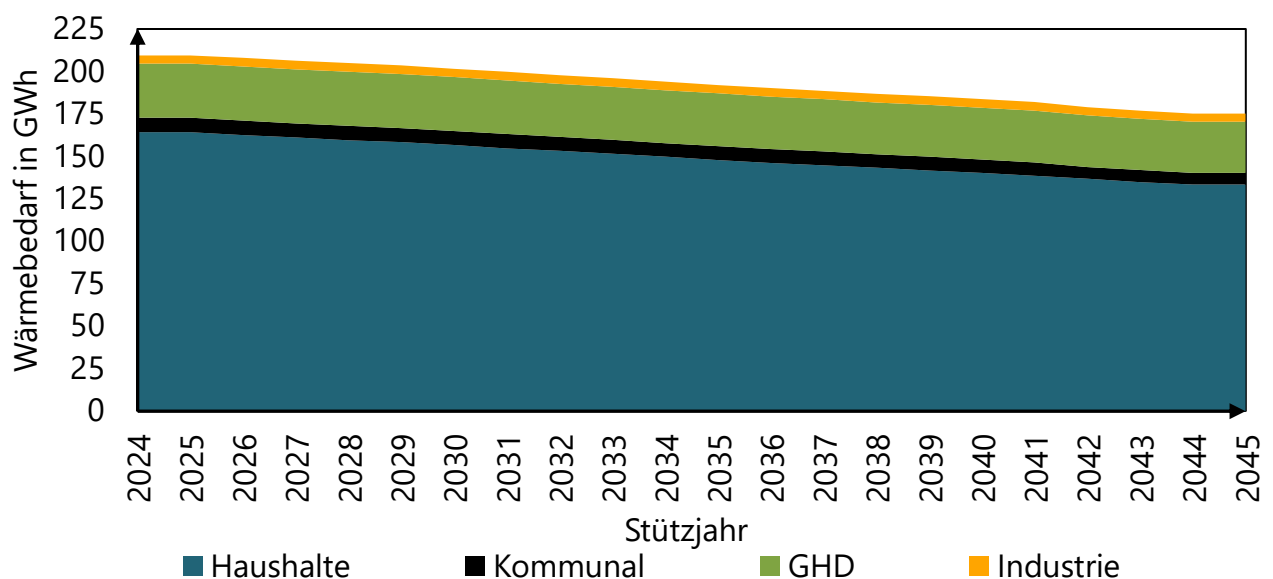


Abbildung 65: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Verbrauchssektoren bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

Durch die Transformation des Wärmesektors in Richtung Strom und Biomasse als Energieträger können auch die THG-Emissionen signifikant reduziert werden. In Abbildung 66 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 2024 bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Energieträger dargestellt. Im kompletten Verlauf bis zum Zieljahr machen Erdgas 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. Die Treibhausgasemissionen sinken auf 42,3 Tsd. t in 2030, 27,7 Tsd. t in 2035 und 13,2 Tsd. in 2040. Im Zieljahr 2045 verbleiben Restemissionen von 1,5 Tsd. t. durch Biomasse und Strom. Dies entspricht dann einer Reduktion von 97 %.

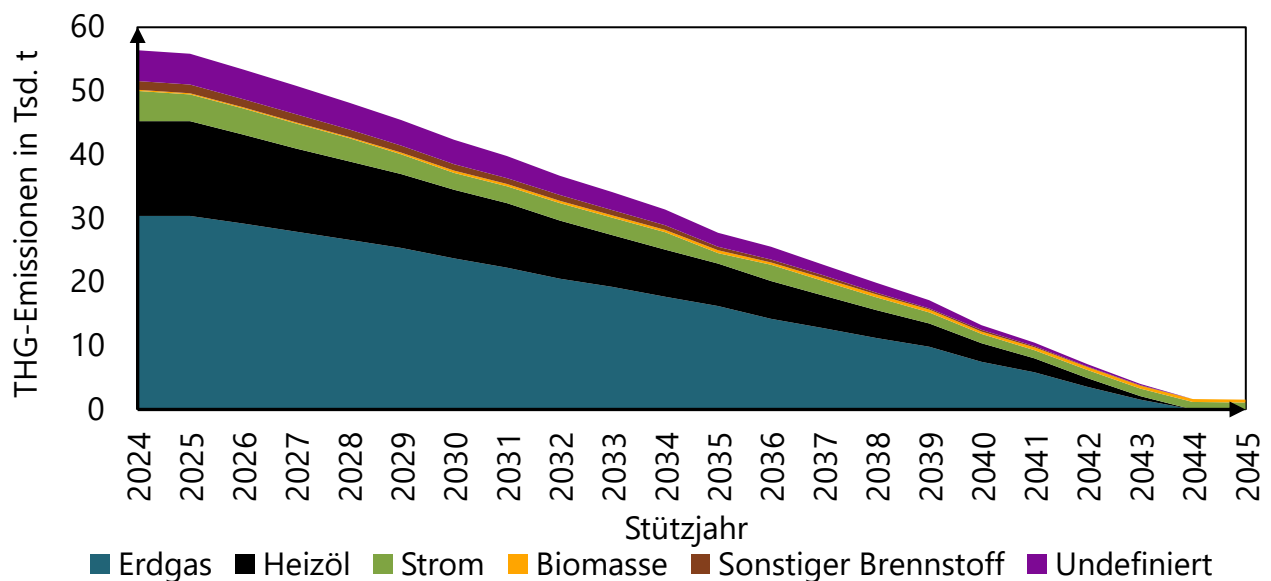


Abbildung 66: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario)

Wie bereits im Kontext von Abbildung 64 beschrieben, entwickelt sich die Wärmeversorgung von Kürten 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 67 dargestellt.

Es wird ersichtlich, dass der Wärmebedarf, welcher über Erdgas gedeckt wird, näherungsweise linear sinkt. Dieser sinkt auf 98,7 GWh im Jahr 2030, 67,4 GWh im Jahr 2035 und 30,9 GWh im Jahr 2040. Im Zieljahr 2045 wird in keinem Gebäude in Kürten 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.

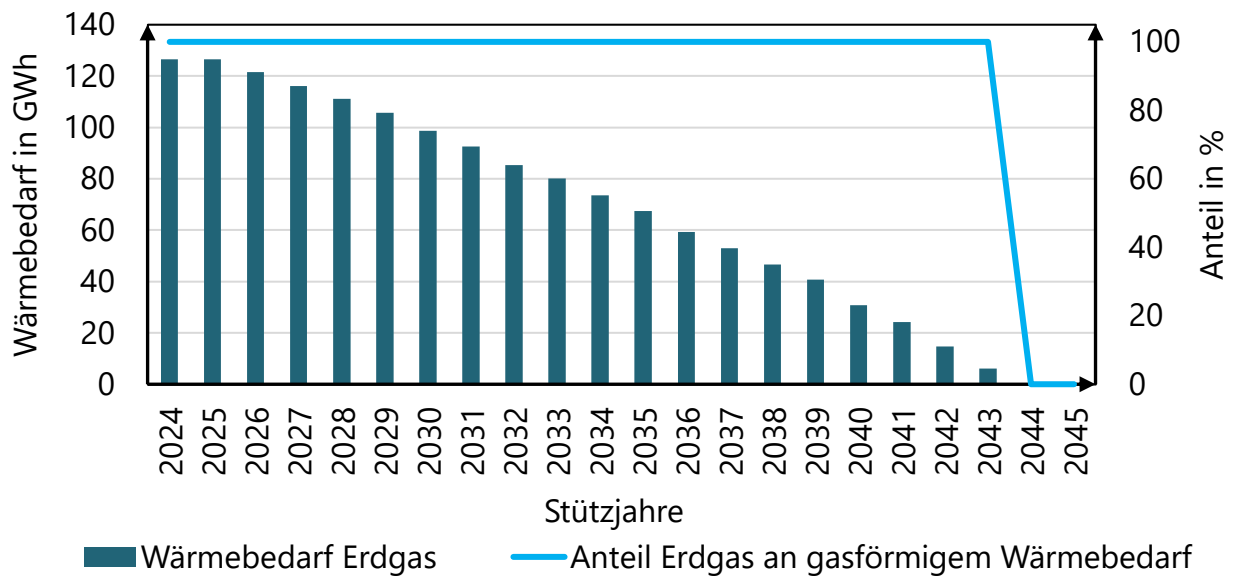


Abbildung 67: Jährlicher Wärmebedarf der gasnetzversorgten Gebäude (Hauptszenario)

Ergänzend ist in Abbildung 68 die Anzahl an Gebäuden (sowohl absolut als auch relativ) dargestellt, welche am Erdgasnetz angeschlossen sind. Auch hier ist eine nahezu lineare Reduktion erkennbar. Von 3.520 Gebäuden in 2024 (entspricht 58 % aller Gebäude) sinkt die Anzahl auf 2.649 (44 %) im Jahr 2030, 1.689 (28 %) im Jahr 2035 und 770 (13 %) im Jahr 2040. Ab dem Jahr 2044 sind keine Gebäude mehr am Gasnetz angeschlossen.

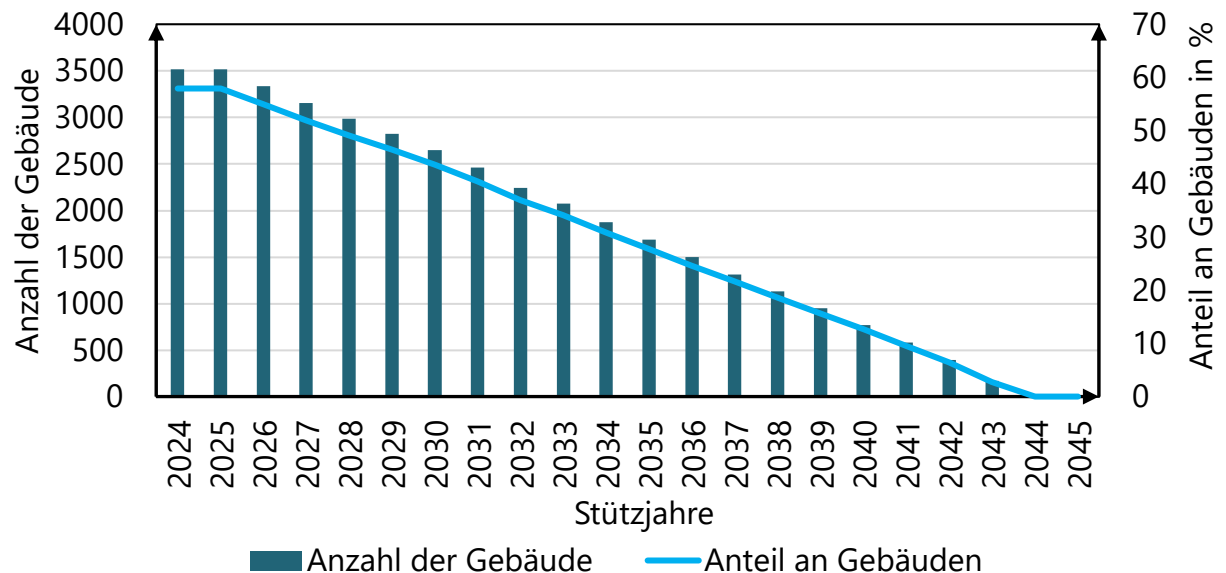


Abbildung 68: Anzahl der Gebäude am Gasnetz (Hauptszenario)

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 Wärmepumpen einen hohen Gleichzeitigkeitsfaktor aufweisen. Die elektrische Belastung durch die im Hauptszenario verteilten Wärmepumpen unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeitskurve aus [29] für das Zieljahr 2045 auf Baublockebene ist in Abbildung 69 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass in den Baublöcken, welche dichtere Bebauung aufweisen (insbesondere in den Gemeindeteilzentren), die elektrische Zusatzlast durch Wärmepumpen verhältnismäßig hoch ist. Es gibt insgesamt vier Baublöcke mit einer Zusatzlast zwischen 639 kW und 968 kW, was wiederum je nach Dimensionierung der Kapazität von ein bis drei Ortsnetzstationen entsprechen würde.¹⁰ Insgesamt überschreiten 20 der 104 Baublöcke die Leistung von 250 kW. In den ländlich geprägten Gebieten ist die zusätzliche Last eher moderat. Auf das komplette Gemeindegebiet bezogen liegt die Zusatzbelastung unter Annahme eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,78 bei 18,7 MW [29]. Vereinfacht entspricht dies der Kapazität von 47 Ortsnetzstationen der Bemessungsscheinleistung 400 kVA. Die Auswertung der Zusatzbelastung zeigt auf, dass eine dezentrale Wärmeversorgung eine nennenswerte Belastung für die Stromnetze darstellen wird, weswegen die Betrachtung der Stromnetze zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen wird (siehe Kapitel 6).

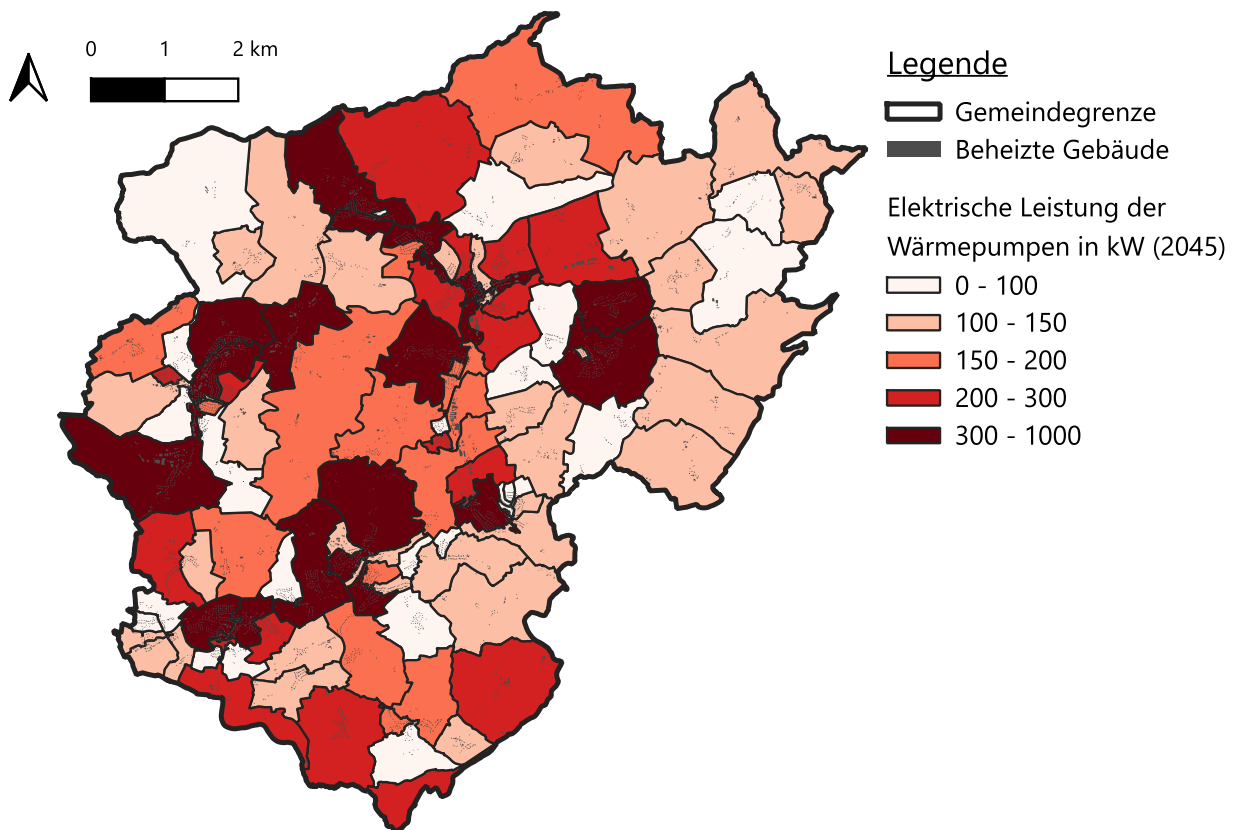


Abbildung 69: Elektrische Leistung der Wärmepumpen im Stützjahr 2045 auf Baublockebene (Hauptszenario)

¹⁰ Typische Leistungsklassen (Bemessungsscheinleistung) für Ortsnetztransformatoren im ländlichen und suburbanen Gebieten sind 250 kVA, 400 kVA und 630 kVA.

5.5.2 Nebenszenario Wasserstoff

Wie in Abschnitt 5.4 thematisiert, gibt es Eignungsgebiete in der Gemeinde Kürten, in welchen das Erdgasnetz perspektivisch auf Wasserstoff umgestellt werden könnte. Das Nebenszenario „Wasserstoff“ beschreibt in Ergänzung zum Hauptszenario (siehe Abschnitt 5.5.1) ein Szenario für die Wärmeversorgung, in welchem das Erdgasnetz in den definierten Eignungsgebieten auf Wasserstoff umgestellt wird. Für diese Umstellung wird nach Rücksprache mit dem lokalen Gasnetzbetreiber das Stützjahr 2040 angesetzt. Für das Szenario wird dann angenommen, dass alle Gebäude, welche im Status quo bereits am Gasnetz in den Eignungsgebieten angeschlossen sind, zukünftig auf Wasserstoff als Heiztechnologie setzen.

Die genutzten Heizungstechnologien für das Zieljahr 2045 im Nebenszenario Wasserstoff sind in Abbildung 70 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass das Nebenszenario Wasserstoff im Zieljahr 2045 für Kürten weiterhin eine primäre Versorgung der Gebäude über dezentrale Lösungen vorsieht. Hierbei ist zu erkennen, dass 4.771 der 6.077 Gebäude (dies entspricht 78,5 %) zukünftig mit strombasierten Lösungen beheizt werden. Im Fokus stehen dabei Wärmepumpen, welche 76 % der Gebäude ausmachen. 13 % der Gebäude werden mit Wasserstoff beheizt und 9 % mit Pellet-Heizungen.

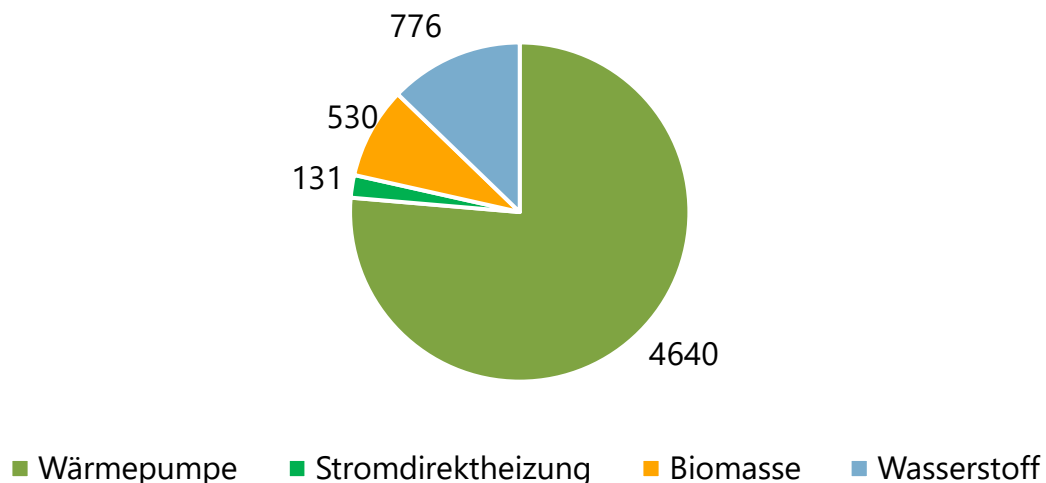


Abbildung 70: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wasserstoff)

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der verwendeten Energieträger vom heutigen Status quo bis zum Zieljahr 2045 für das Nebenszenario Wasserstoff ist in Abbildung 71 dargestellt.

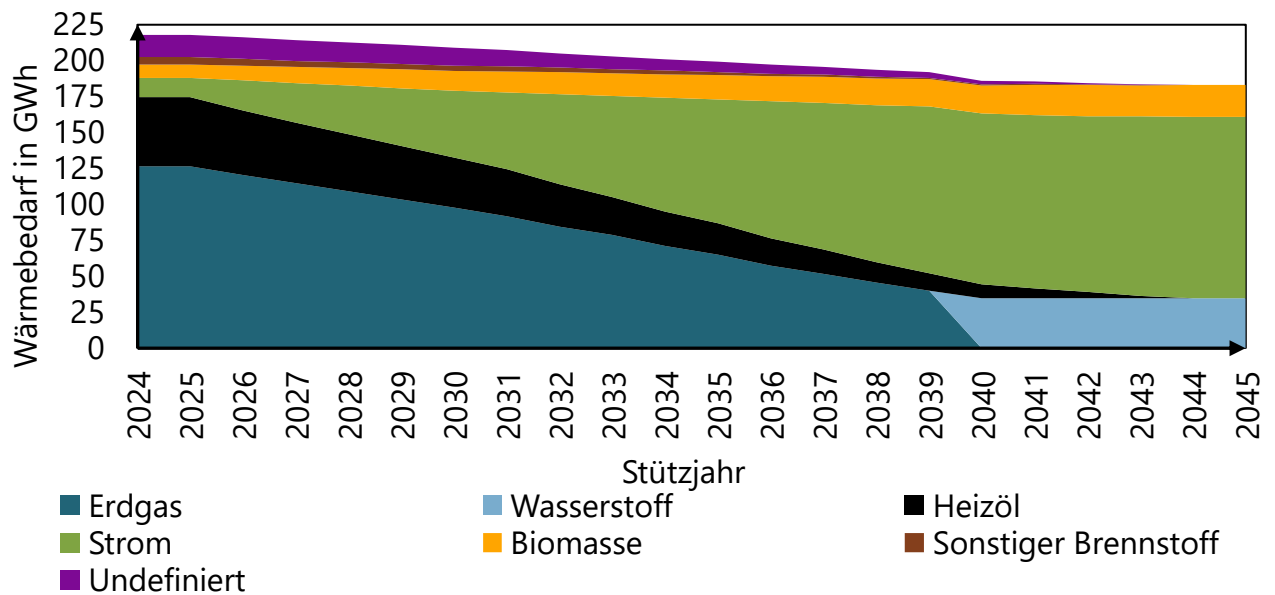


Abbildung 71: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wasserstoff)

Der Wechsel auf Wärmepumpen sorgt bereits im Stützjahr 2030 dafür, dass 22 % (46,5 GWh) der Wärme auf strombasierten Heizungen aufbaut. Dies macht elektrische Energie nach Erdgas (97,7 GWh) zum zweit wichtigsten Energieträger der Wärmeversorgung in Kürten. Heizöl macht im Stützjahr 2030 bereits weniger als 17 % (34,9 GWh) aus. Der Entwicklungstrend geht weiter, sodass im Stützjahr 2035 bereits knapp 43 % der Wärme über strombasierte Heizungen (86,3 GWh) bereitgestellt wird. Erdgas mit 33 % (65,1 GWh) und Heizöl mit 11 % (21,5 GWh) verlieren immer mehr an Bedeutung.

Für das Stützjahr 2040 ist in diesem Szenario die Umstellung des Gasnetzes von Erdgas auf Wasserstoff vorgesehen. Der Anteil des Wärmebedarfs, welcher dann durch Wasserstoff gedeckt wird, liegt für das Stützjahr 2040 bei 18,6 % mit 34,7 GWh. Während Heizöl nur noch bei 5 % (9,6 GWh) liegt, macht Biomasse 10 % (19,3 GWh) aus. Strom macht mit 119 GWh nun bereits 64 % des gesamten Wärmebedarfs aus. Dieser Wert steigt auf 69 % (126,3 GWh) für das Zieljahr. Biomasse macht dann mit 22 GWh 12 % aus. Wasserstoff verbleibt bei 19 % und Erdgas sowie Heizöl werden im Zieljahr 2045 dann keinen Anteil mehr am Wärmebedarf in der Gemeinde Kürten haben.

Durch die Transformation des Wärmesektors in Richtung Strom, Wasserstoff und Biomasse als Energieträger können auch die THG-Emissionen signifikant reduziert werden. In Abbildung 72 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 2024 bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Energieträger dargestellt.

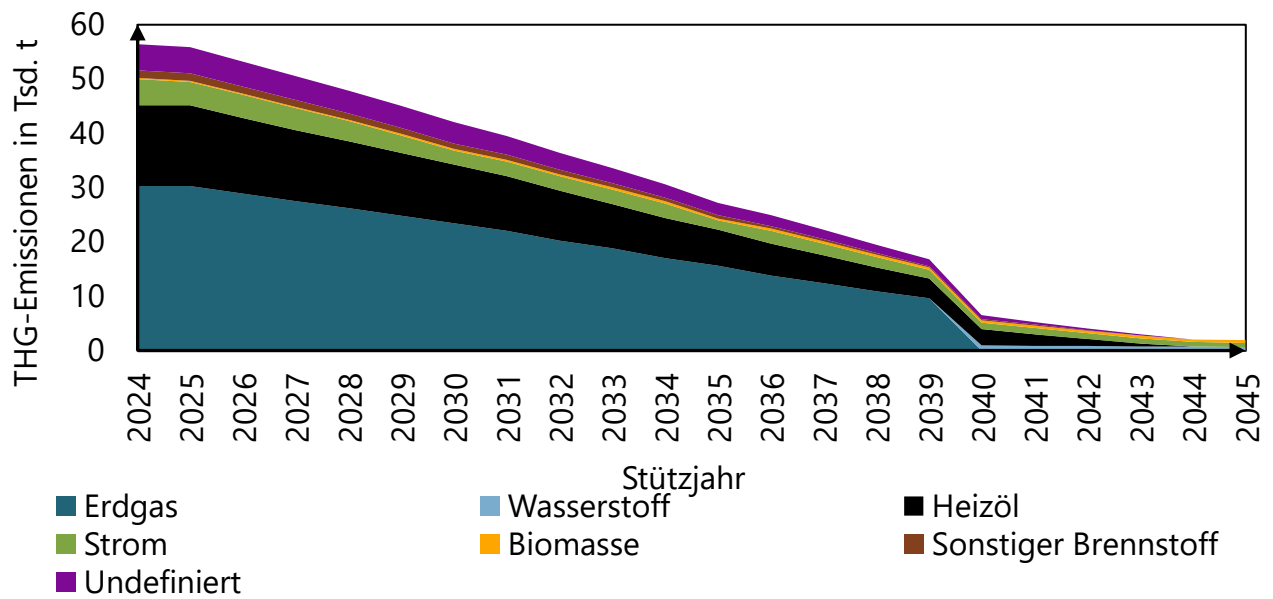


Abbildung 72: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wasserstoff)

Im kompletten Verlauf bis zum Zieljahr machen Erdgas und Heizöl weiterhin große Teile der jährlichen Treibhausgasemissionen aus. Im Jahr 2040 sinken die gesamten THG-Emissionen durch die Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff signifikant. Biomasse spielt durch die geringen Emissionsfaktoren generell 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. Die gesamten Treibhausgasemissionen sinken auf 42 Tsd. t in 2030, 27,1 Tsd. t in 2035 und 6,6 Tsd. in 2040. Im Zieljahr 2045 verbleiben Restemissionen von 1,9 Tsd. t. durch Biomasse, Wasserstoff und Strom. Dies entspricht dann einer Reduktion von fast 97 %.

Zusammenfassend ist in Abgrenzung zum Hauptszenario zu erkennen, dass auch wenn die als Wasserstoff-Eignungsgebiete definierten Bereiche primär auf Wasserstoff setzen, trotzdem dezentrale Heizungslösungen (insbesondere Wärmepumpen) bezogen auf das ganze Gemeindegebiet den Großteil der Gebäude ausmachen. Jedoch ist ebenso zu erkennen, dass Wasserstoff in der Gemeinde Kürten eine wichtige Teillösung darstellen kann, welche die Abhängigkeit von strombasierten Lösungen und damit potenziell auch die Belastung der Stromnetze reduzieren kann. Wie in Abschnitt 6.1.3 ausgeführt, ist die Transformation des Gasnetzes jedoch eine komplexe Herausforderung für den Netzbetreiber, weshalb hier weitergehende Analysen im Nachgang der kommunalen Wärmeplanung durch die BEW Bergische Energie- und Wasser-GmbH zu empfehlen sind, um die Umsetzbarkeit der Umstellung der Eignungsgebiete auf Wasserstoff weiter zu verifizieren.



5.5.3 Nebenszenario Wärmenetz

Gemäß den Auswertungen in Kapitel 4 und Abschnitt 5.4 kann gezeigt werden, dass Wärmenetze eine Alternative zu dezentralen Heizungen oder Wärmeversorgung aufbauend auf Wasserstoffnetzen darstellen können. In diesem Nebenszenario wird in Abgrenzung zum Hauptszenario im Gemeindeteilzentrum Kürten ein klimaneutrales Wärmenetz errichtet und betrieben. Die Festlegung dieses Bereichs für ein Wärmenetz im Vergleich zu anderen Teilen der Gemeinde erfolgt auf Basis der verhältnismäßig hohen Wärmebedarfsdichte (siehe Abbildung 40 und Abbildung 41), dem Vorhandensein von großen Wärmeverbrauchern, welche in Teilen keine Wärmepumpeneignung attestiert wird, sowie lokal vorhandener Wärmequellen.

Im Zieljahr 2045 sind dann 324 Gebäude an diesem Wärmenetz angeschlossen, was wiederum 5 % aller Gebäude in der Gemeinde Kürten ausmacht. Diese Gebäude sind kartographisch in Abbildung 73 dargestellt. Der Bereich erstreckt sich von der Gesamtschule Kürten im Süden bis zu den zwei Supermärkten im Osten und dem Wohngebiet des Gemeindeteilzentrums Kürten im Norden. Für das Zieljahr 2045 weisen diese Gebäude kumuliert einen Wärmebedarf von 16 GWh (unter Berücksichtigung von 15 % Netzverlusten) auf.

Als Wärmequellen werden das Wasser der Kürtener Sülz (siehe Abschnitt 4.3.1) und Erdwärme über oberflächennahe Geothermie vorgesehen, welche durch elektrische Wärmepumpen nutzbar gemacht werden. Um das Gemeindeteilzentrum Kürten herum befinden sich mehrere Freiflächen, welche zur Bereitstellung von Wärme mittels Erdwärmesonden geeignet erscheinen. Unter den getroffenen Annahmen (Rückführung von Wärme an den Boden im Sommer) entspricht der Flächenbedarf für die Sonden knapp 60.000 m², was wiederum knapp 26 % der größeren Freiflächen im Umkreis des Wärmenetzes entspricht. Sollten Ergebnisse bei weiteren Machbarkeitsanalysen im Nachgang der kommunalen Wärmeplanung zeigen, dass in der Praxis nicht genügend Flächen für Geothermie zur Verfügung stehen, wären hier Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft geeignete Alternativen zur Geothermie. Zur Spitzenlastabdeckung wird ergänzend zu den Wärmepumpen ein Holzkessel vorgesehen. Aus energetischer Sicht ergibt sich in der getroffenen Dimensionierung eine Aufteilung von 61 % Umweltwärme (Wasser- und Erdwärme), 38 % Strom (für den Betrieb der Wärmepumpen) und 1 % Holz. Dementsprechend wird das Wärmenetz vollständig klimaneutral betrieben. Das Szenario unterliegt der Annahme, dass das Wärmenetz im Stützjahr 2035 in Betrieb genommen wird (Gesamtschule und Rathaus schließen sich in diesem Jahr an) und alle Gebäude, welche in Abbildung 73 dargestellt sind, sich bis spätestens zum Stützjahr 2040 an das Wärmenetz anschließen. Das Szenario geht dementsprechend von einer Anschlussquote von 100 % aus, was in der Realität den Best-Case widerspiegeln würde.

Die genutzten Heizungstechnologien für das Zieljahr 2045 im Nebenszenario Wärmemetz sind in Abbildung 74 dargestellt.

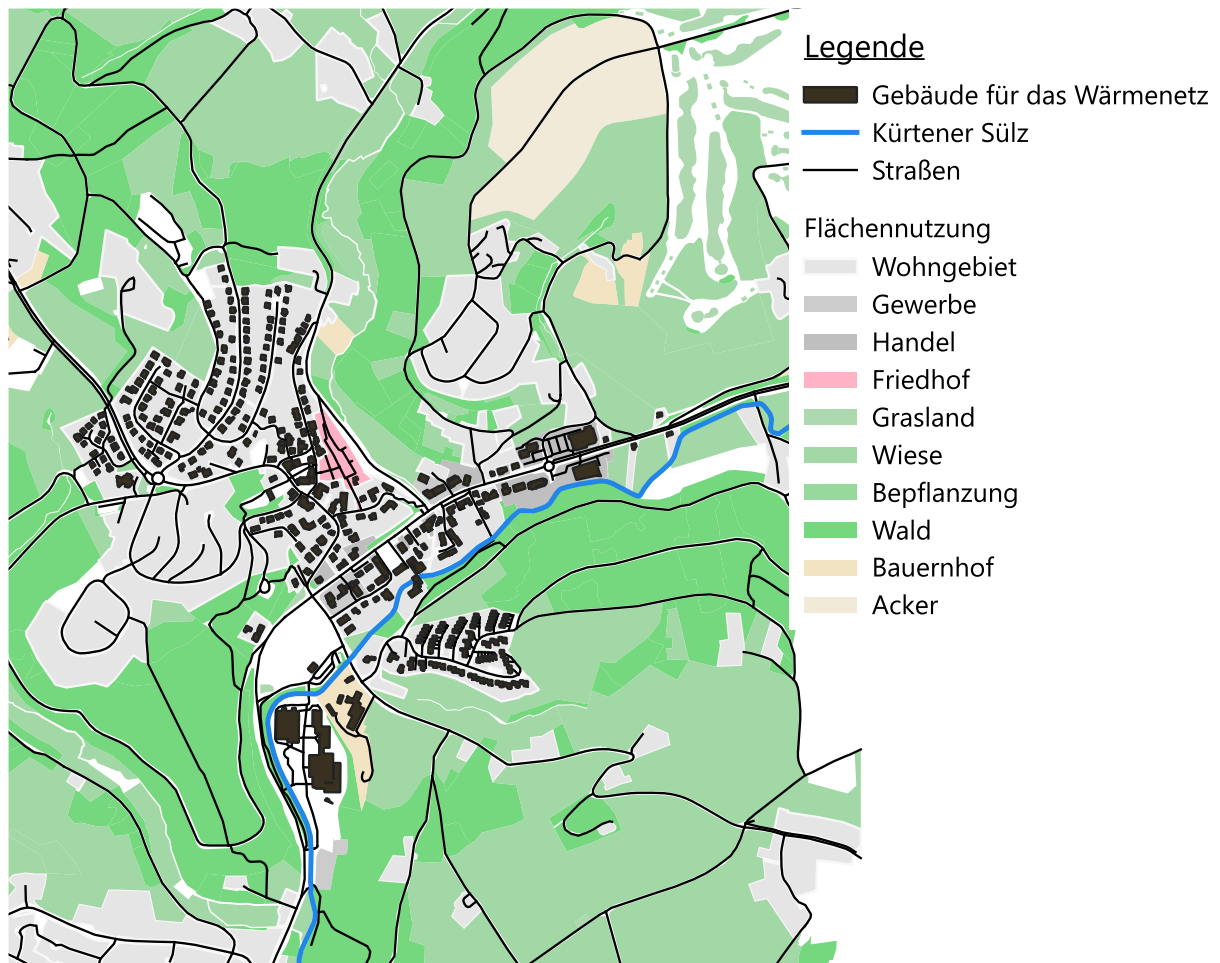


Abbildung 73: Kartographische Darstellung der Gebäude am Wärmenetz (Nebenszenario Wärmenetz)

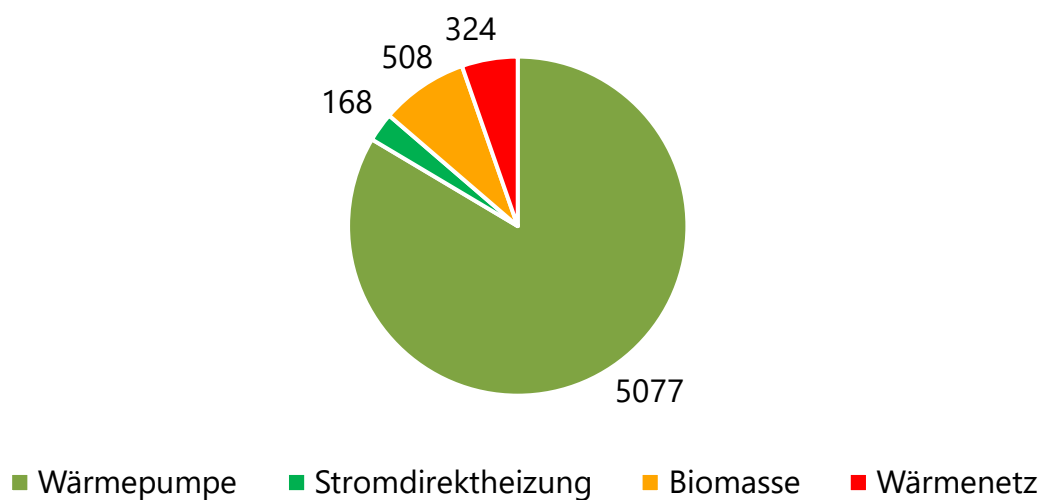


Abbildung 74: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wärmenetz)

Es ist zu erkennen, dass das Nebenszenario Wärmenetz im Zieljahr 2045 für die Gemeinde Kürten weiterhin eine primäre Versorgung der Gebäude über dezentrale Lösungen vorsieht. Hierbei ist zu erkennen, dass 5.245 der 6.077 Gebäude (dies entspricht 86,3 %) zukünftig mit strombasierten Lösungen beheizt werden. Im Fokus stehen hierbei Wärmepumpen, welche 84 % der Gebäude ausmachen. 8 % der Gebäude nutzen Pellet-Heizungen und nur 5 % der Gebäude sind an das Wärmenetz angeschlossen.

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der verwendeten Energieträger vom heutigen Status quo bis zum Zieljahr 2045 für das Nebenszenario Wärmenetz ist in Abbildung 75 dargestellt.

Der Wechsel auf Wärmepumpen sorgt bereits im Stützjahr 2030 dafür, dass 20 % (42,4 GWh) der Wärme auf strombasierten Heizungen aufbaut. Dies macht elektrische Energie nach Erdgas (102,3 GWh) zum zweit wichtigsten Energieträger der Wärmeversorgung in Kürten. Heizöl macht im Stützjahr 2030 bereits weniger als 17 % (35 GWh) aus. Der Entwicklungstrend geht weiter, sodass im Stützjahr 2035 bereits knapp 41 % der Wärme über strombasierte Heizungen (81,8 GWh) bereitgestellt wird. Erdgas mit 32 % (64,1 GWh) und Heizöl mit 12 % (23,7 GWh) verlieren immer mehr an Bedeutung. Im gesetzten Szenario wird das Wärmenetz im Stützjahr 2035 in Betrieb genommen und deckt knapp 2 % des Wärmebedarfs mit 4,5 GWh ab.

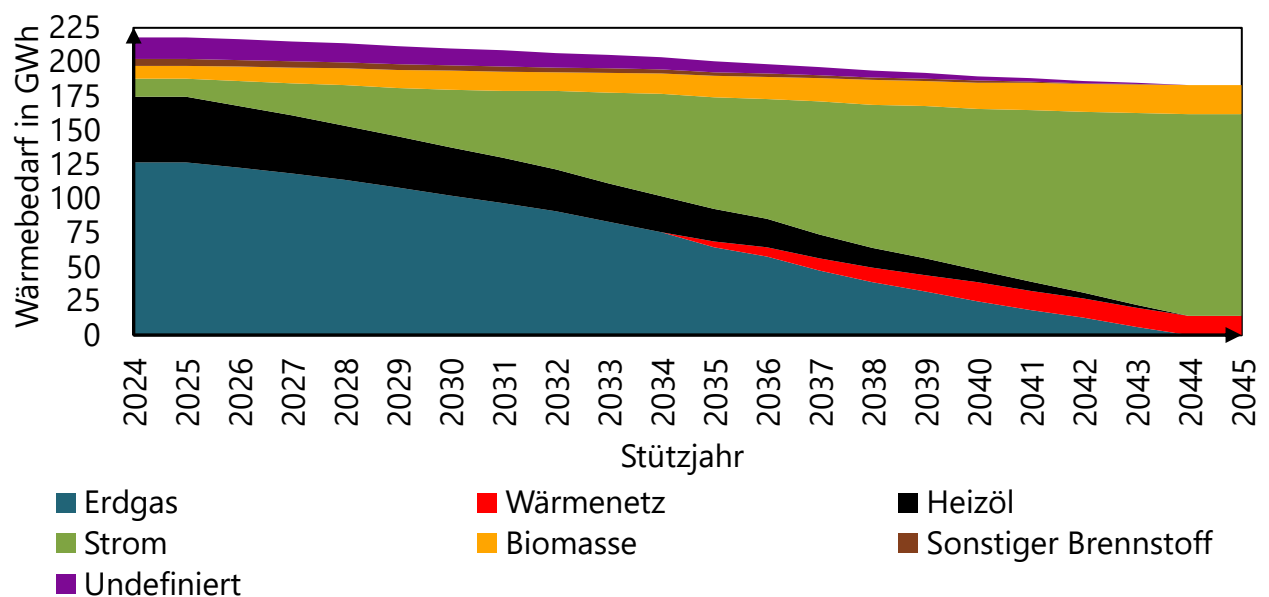


Abbildung 75: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wärmenetz)

Für das Stützjahr 2040 liegt der Anteil von Erdgas nur noch bei 13 % mit 24,9 GWh. Während Heizöl nur noch bei 5 % (9 GWh) liegt, macht Biomasse 10 % (19,3 GWh) aus. Strom macht mit 117,8 GWh nun bereits 62 % des gesamten Wärmebedarfs aus. Der Anteil des über das Wärmenetz gedeckten Wärmebedarfs macht mit 14 GWh nun über 7 % des Gesamtwärmebedarfs aus.

Dieser Wert steigt auf 8 % bei weiterhin 14 GWh für das Zieljahr. Der Anteil von Strom steigt auf 81 % (147,6 GWh). Biomasse macht mit 21,5 GWh 12 % aus. Erdgas und Heizöl werden im Zieljahr 2045 dann keinen Anteil mehr am Wärmebedarf in Kürten haben.

Durch die Transformation des Wärmesektors in Richtung Strom, Biomasse und dem Wärmenetz als Energieversorgungsoptionen können auch die THG-Emissionen signifikant reduziert werden. 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 und Heizöl weiterhin große Teile der jährlichen Treibhausgasemissionen aus. Biomasse spielt durch die geringen Emissionsfaktoren generell 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. Auch das Wärmenetz trägt nur geringfügig zu den THG-Emissionen bei, da dieses mit Inbetriebnahme abgesehen vom Strommix, der 38 % ausmacht, klimaneutral ist. Die gesamten Treibhausgasemissionen sinken auf 43 Tsd. t in 2030, 28 Tsd. t in 2035 und 12 Tsd. in 2040. Im Zieljahr 2045 verbleiben Restemissionen von 1,5 Tsd. t. durch Biomasse, Strom und dem Wärmenetz. Dies entspricht dann einer Reduktion von über 97 %.

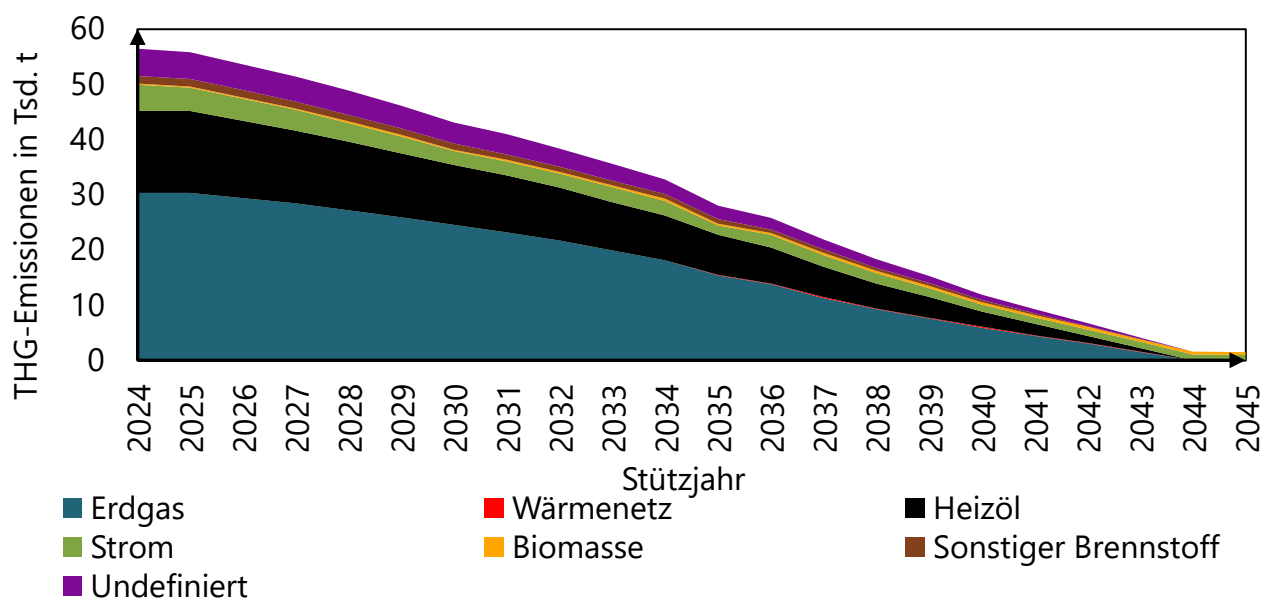


Abbildung 76: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wärmenetz)

Zusammenfassend ist in Abgrenzung zum Hauptszenario zu erkennen, dass trotz Inbetriebnahme eines Wärmenetzes im Gemeindeteil Kürten, dezentrale Heizungsanlagen (insbesondere Wärmepumpen) bezogen auf das ganze Gemeindegebiet den Großteil der Gebäude ausmachen. Jedoch ist ebenso zu erkennen, dass ein Wärmenetz in der Gemeinde Kürten eine Teillösung darstellen könnte. Da auch das Wärmenetz einen entscheidenden Anteil an Strombedarf aufweist, kann in Summe die Abhängigkeit von strombasierten Lösungen nur bedingt verringert werden, jedoch würden diese Wärmepumpen aufgrund der Leistung eher in der Mittelspannung angeschlossen werden, was wiederum die Niederspannungsebene entlasten würde. Wie in Abschnitt 6.1.5 ausgeführt, müsste die

wirtschaftliche und technische Machbarkeit für das beschriebene Wärmenetz in einer detaillierten nachgelagerten Untersuchung verifiziert werden.

5.6 Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr 2045

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus Abschnitt 5.5 werden in diesem Abschnitt die Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr 2045 nach §19 WPG kartographisch thematisiert. Die Einteilung der Baublöcke in die Eignungswahrscheinlichkeiten erfolgt auf Basis der anteiligen gebäudescharfen Eignung:

- 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

In Abbildung 77 ist die Eignung der Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ dargestellt. In Abgrenzung zur Eignung für Wärmepumpen (siehe Abschnitt 5.4) ist hier auch die Eignung für Pellet-Heizungen mit eingeflossen, welche wiederum eine wichtige dezentrale Versorgungsoption darstellt. Es ist gemäß Abbildung 77 zu erkennen, dass alle Baublöcke in Kürten eine „sehr wahrscheinliche Eignung“ für dezentrale Wärmeversorgungsoptionen aufweisen. Dies zeigt sich ebenso im Hauptszenario (siehe Abschnitt 5.5.1), in welchem 97 % der Gebäude über Wärmepumpen und Pellet-Heizungen versorgt werden.

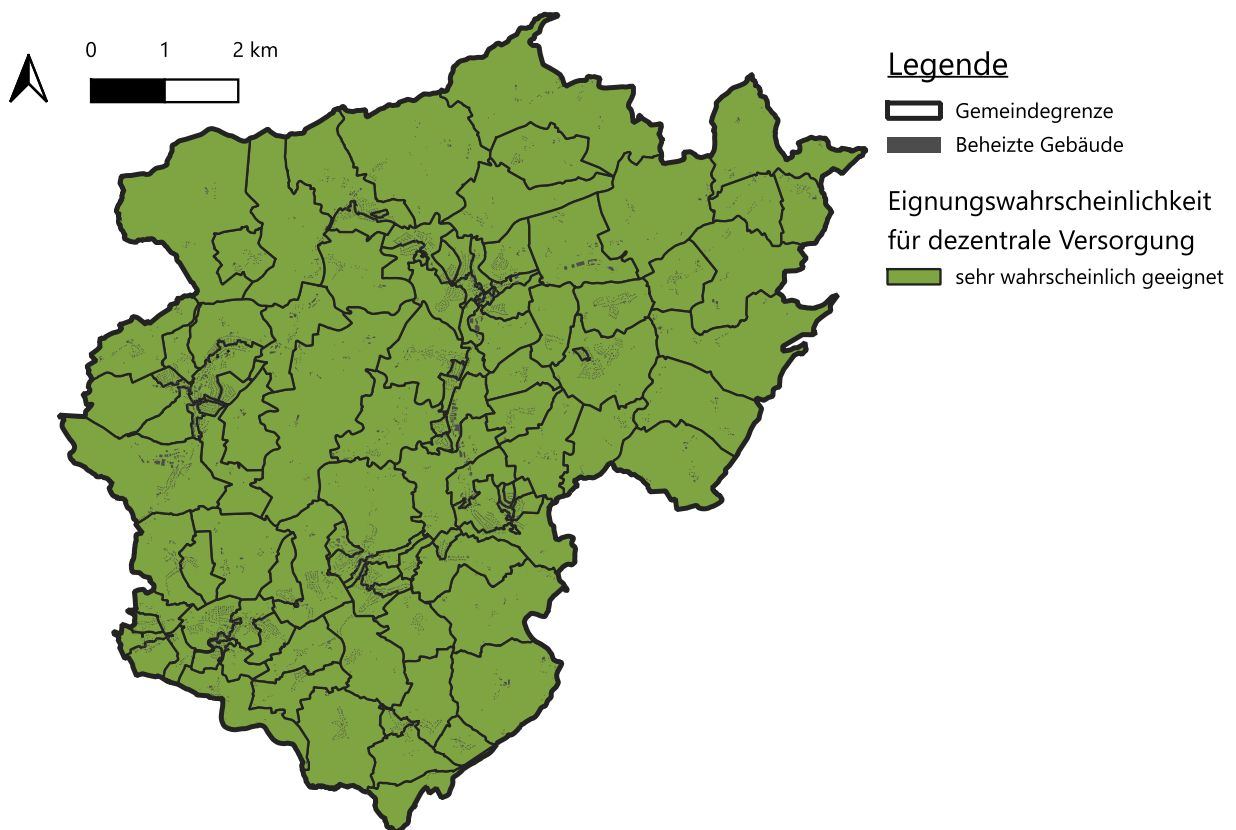


Abbildung 77: Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ für das Zieljahr 2045

In Abbildung 78 ist die Eignung der Wärmeversorgungsart „Wärmenetz“ dargestellt. Wie bereits in Abschnitt 5.4 dargelegt, sind die Gemeindeteilzentren von Bechen, Biesfeld, Dürscheid und Kürten aufgrund ausreichender hoher Wärmebedarfsdichten aus Sicht der Bedarfsseite für Wärmenetze geeignet. Auch das Quartier Eichhof im Gemeindeteil Biesfeld weist hier eine Eignung auf.

Auch auf Seite der Wärmequellen gibt es um Eignungsgebiete herum genügend Freiflächen, welche die Wärmeerzeugung über Solarthermie oder zentrale Wärmepumpen (z.B. oberflächennahe Geothermie und Außenluft) ermöglichen. Zusätzlich gibt es im Gemeindeteilzentrum Kürten oder im Quartier Eichhof die Möglichkeit, die Wärmequelle der Kürtener Sülz zu nutzen.

Es kann zusammengefasst werden, dass die Gemeindeteilzentren aus Sicht von Bedarf und Erzeugung eine „wahrscheinliche Eignung“ oder „sehr wahrscheinliche“ Eignung für die Versorgung über Wärmenetze aufweisen. Die äußeren Baublöcke dieser Gemeindeteilzentren weisen nur einen geringen Anteil geeigneter Gebäude auf, was wiederum für eine „unwahrscheinliche Eignung“ spricht. Die ländlichen Bereiche des Gemeindegebiets sind aufgrund von geringem Wärmebedarf als „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ zu bewerten.

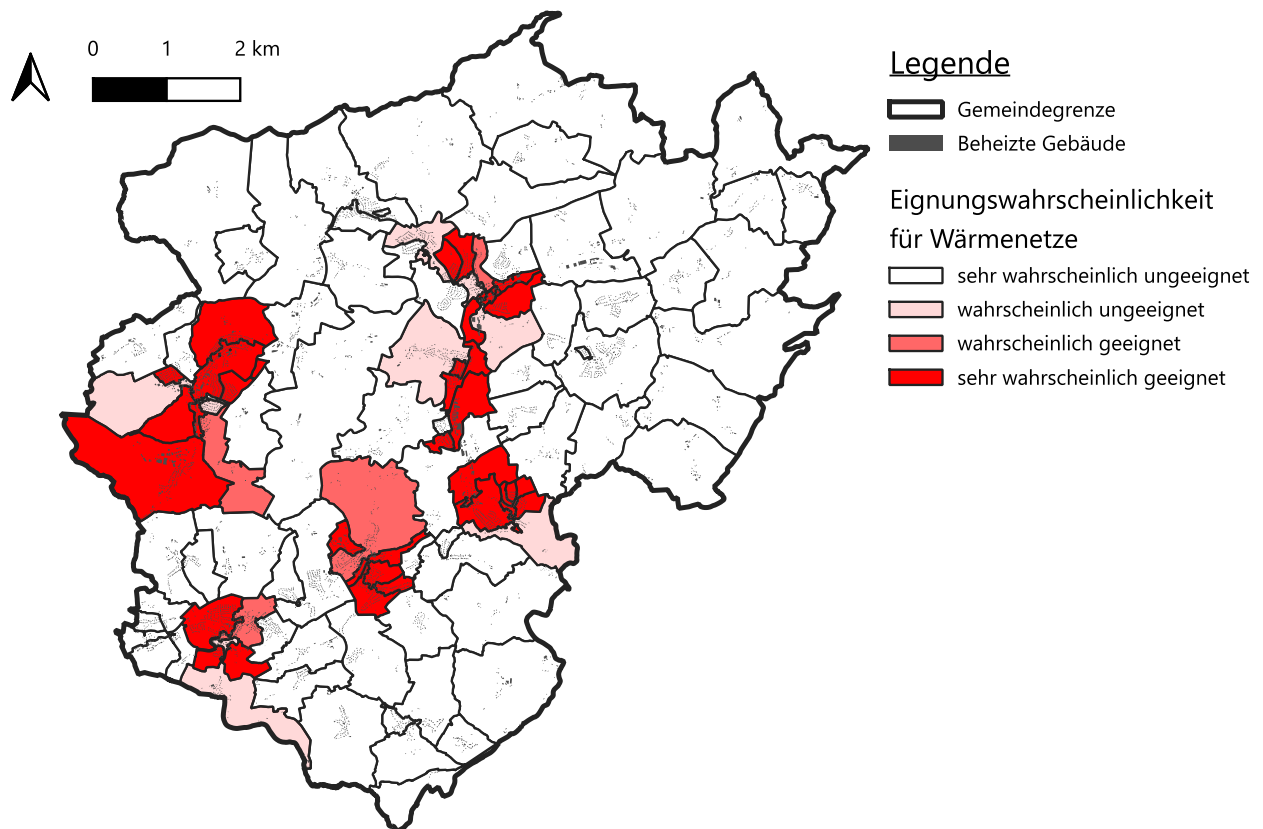


Abbildung 78: Wärmeversorgungsart „Wärmenetz“ für das Zieljahr 2045

In Abbildung 79 ist die Eignung der Wärmeversorgungsart „Wasserstoff“ dargestellt. Gemäß den Erkenntnissen aus Abschnitt 5.4 sind weitestgehend nur die Gemeindeteilzentren von Bechen und Kürten als Eignungsgebiete für Wasserstoff (bzw. weitere grüne Gase) ausgewiesen. Nur ein Baublock im Gemeindeteil Bechen erreicht hierbei einen Anteil der geeigneten Gebäude (liegt im definierten

Eignungsgebiet für ein Wasserstoffnetz und hat bereits einen vorhandenen Gasnetzanschluss) von über 75 %, was wiederum einer „sehr wahrscheinlichen Eignung“ entspricht. Die weiteren Baublöcke in den Gemeindeteilzentren weisen weitestgehend eine „wahrscheinliche Eignung“ auf.

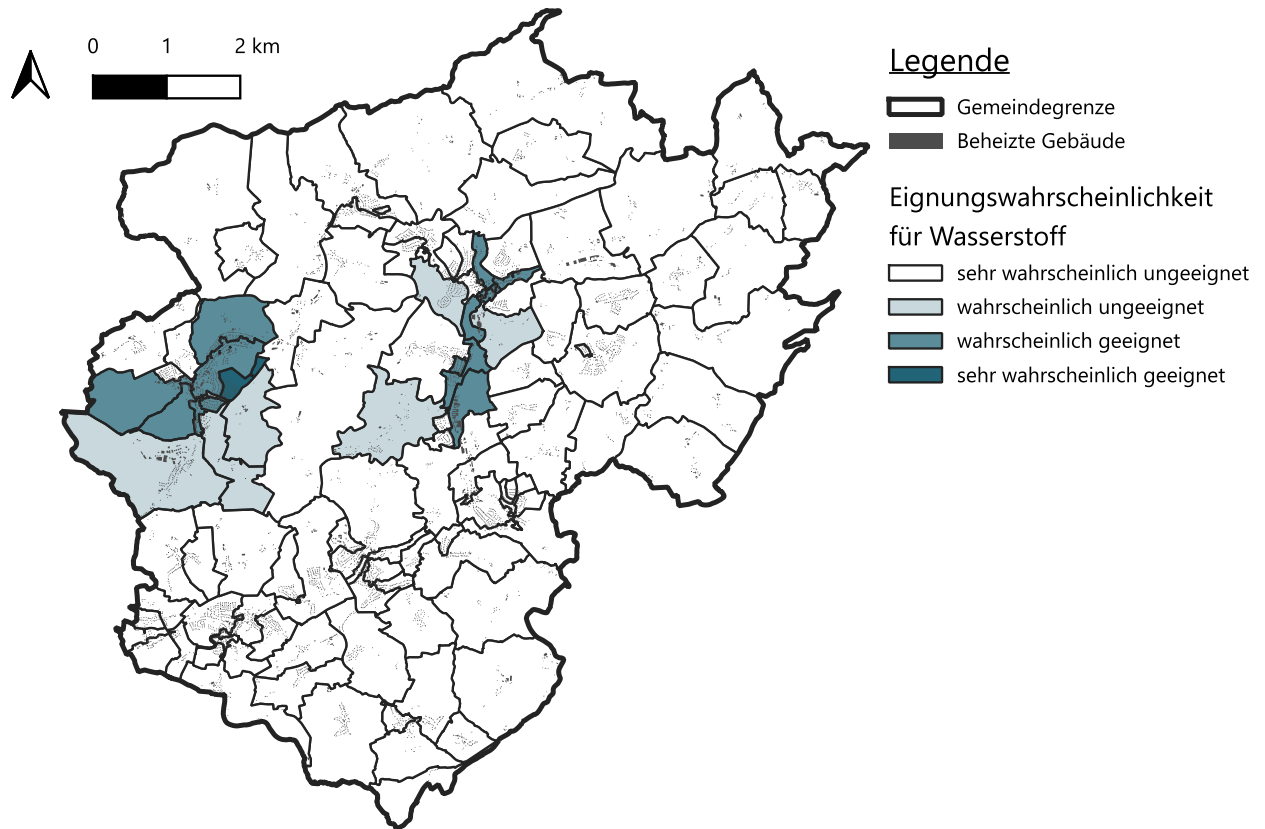


Abbildung 79: Wärmeversorgungsart „Wasserstoff“ für das Zieljahr 2045

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

6.1.1 Maßnahme 1: Durchführung weiterer Informationsveranstaltungen zur Wärmewende

Infoveranstaltungen mit den Bürgerinnen und Bürgern stellen einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung dar. 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 Kürten vermutet werden kann, dass dezentrale Wärmelösungen bei Klimaneutralität den größten Anteil in der Gemeinde 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 und sind somit ein wiederkehrendes Element. Diese Regelmäßigkeit sorgt für eine kontinuierliche Kommunikation und schafft Verlässlichkeit im Dialog mit den Bürgerinnen und 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 Energieversorgern, dem Handwerk und dem Verbraucherschutz. Eine gezielte Bewerbung der Veranstaltung und die Einladung der Bürgerinnen und Bürger sowie 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 Bürgerinnen und 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 Gemeinde Kürten 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 Bürgerinnen und 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 lokalen Energieversorgern 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

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 Kürtener Gasnetzes eine grundsätzliche Eignung für Wasserstoff aufweisen. Dementsprechend sind für die identifizierten Gebiete Gasnetzumstellungsmaßnahmen zu planen. Für die nicht als zukünftige Grün gasnetze identifizierten Gebiete sind Gasnetzstilllegungsmaßnahmen zu planen.

Bezüglich des zeitlichen Horizonts sollte zeitnah nach Projektende der kommunalen Wärmeplanung mit dieser Maßnahme gestartet werden. Ausgehend von einer abgeschätzten Dauer der Planungsmaßnahmen zwischen sechs 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 BEW Bergische Energie- und Wasser-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. Zudem könnte die Auslegung einer interkommunalen Biogas-Anlage geprüft werden. Die identifizierten Maßnahmen müssen dann mit der Kommune und den zuständigen Behörden abgestimmt werden, um im Anschluss durchgeführt werden zu können.

Die erwarteten Kosten für die Gasnetzstrategie (Planungsmaßnahmen), belaufen sich auf schätzungsweise 30.000 € bis 70.000 €, je nach Stand der bisherigen Strategie und dem davon abhängigen Aufwand der weiteren Planungen. Durch potenzielle Synergien durch interkommunale Betrachtungen könnten die Kosten für Gemeindegebiet Kürten reduziert werden. Die Kosten für die Netzumstellungs- und Netzstilllegungsmaßnahmen können erst mit vorliegender Gasnetzstrategie verlässlich abgeschätzt werden. Der Kostenträger der Gasnetzstrategie ist die BEW Bergische Energie- und Wasser-GmbH. 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.

6.1.4 Maßnahme 4: Überplanung der Stromnetzinfrastruktur

Die Stromnetzplanung stellt eine essenzielle Grundlage für die Integration dezentraler Technologien und den Ausbau erneuerbarer Energien in Kommunen dar. Besonders in Gebieten, die einen starken Fokus auf dezentrale Lösungen legen, ist eine strategische Überprüfung und ggf. Anpassung der bestehenden Netzstruktur unabdingbar. Sollten bereits konkrete Stromnetzplanungen existieren, könnte es erforderlich sein, diese zu überarbeiten, um den zukünftigen Anforderungen, unter anderem Prognosen zum Wärmemarkt aus der KWP, gerecht zu werden. Wie in Kapitel 5 dargelegt, wird die dezentrale Versorgung zukünftig eine entscheidende Rolle in Kürten spielen, was wiederum eine erhöhte Auslastung der Stromnetze zur Folge hat (siehe Abschnitt 5.5.1). Dementsprechend ist eine Aktualisierung und Überprüfung der Stromnetzplanung für Kürten unabdingbar.

Nach Projektabschluss der kommunalen Wärmeplanung sollten die Ergebnisse in die Strom-Zielnetzplanung einfließen. In einigen Teilgebieten könnte es sinnvoll sein, die Ergebnisse zur Machbarkeit von Wärmenetzen (s. Kapitel 6.1.5) abzuwarten, um einerseits Synergieeffekte zu nutzen und andererseits eine fundierte Abschätzung über den Energiebedarf für die Stromnetzplanung zu haben. Der gesamte Prozess von der Zielnetzplanung bis zur tatsächlichen Ausführungsplanung von Maßnahmen, ist langfristig angelegt und erfordert eine kontinuierliche Anpassung und Überprüfung, ehe Maßnahmen durchgeführt und umgesetzt werden. Auch für die Umsetzung und Realisierung der Maßnahmen wird Zeit benötigt.

Beim zuständigen Stromnetzbetreiber, der RheinNetz GmbH, werden die aktuellen Ergebnisse der KWP neben weiteren Rahmenparametern wie z.B. der Prognose zum Ausbau der erneuerbaren Energien oder der Durchdringung der E-Mobilität etc., genutzt, um die langfristige Zielnetzplanung zu aktualisieren. Mit diesen Prozessschritten soll sichergestellt werden, dass der Um- und Ausbau der Netze effizient und zeitgerecht erfolgt. Im nächsten Schritt werden konkrete Netzausbaumaßnahmen in 5-Jahres-Paketen identifiziert. Die ersten fünf Jahre bedürfen einer sorgfältigen Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden und weiteren relevanten Akteuren. Für die Maßnahme der Stromnetzplanung ist die RheinNetz GmbH verantwortlich.

Die Kosten für die reine Netzplanung können stark variieren, da die Detailtiefe ebenso variieren kann. Dementsprechend wird für das Gemeindegebiet von Kürten auf eine Kostenschätzung verzichtet. Auch hier können jedoch potenzielle Preisreduktionen durch Synergien zwischen Kommunen gehoben werden. Fördermöglichkeiten für diese Maßnahmen sind bislang nicht bekannt, sodass eine Finanzierung primär durch den Netzbetreiber erfolgen muss.

Die Stromnetzplanung ist ein entscheidender Schritt, um die Infrastruktur an die Anforderungen einer dezentralen und nachhaltigen Energieversorgung anzupassen. Sie erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen der Kommune und dem Stromnetzbetreiber sowie eine klare zeitliche und finanzielle Planung.

6.1.5 Maßnahme 5: Machbarkeitsstudie Wärmenetze

Die Machbarkeitsstudie für Wärmenetze stellt einen zentralen Schritt dar, um im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung identifizierte potenzielle Wärmenetze auf ihre Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit hin zu prüfen. Nachdem solche Netzprojekte im Rahmen der kommunalen

Wärmeplanung als potenziell geeignet identifiziert wurden, gilt es, deren Machbarkeit zu konkretisieren, um fundierte Entscheidungen treffen zu können. Voraussetzung ist der klare Wille der Verantwortlichen, sei es von der Kommune oder einem potenziellen Netzbetreiber, diese Projekte weiter zu verfolgen und deren Machbarkeit prüfen zu lassen.

Die Maßnahme sollte zeitnah nach Abschluss der KWP gestartet werden, um Verzögerungen zu vermeiden und durch Wärmenetze beeinflusste Planungen, z.B. der Stromnetzinfrastuktur (s. Kapitel 6.1.4), zu ermöglichen. Die eigentliche Machbarkeitsstudie, als reine Planungsmaßnahme, nimmt in der Regel sechs bis zwölf Monate in Anspruch.

Als erster Schritt sollte die Finanzierung geklärt werden. Dies kann entweder durch Beantragung von Fördermitteln im Rahmen der BEW-Förderung oder durch alternative Finanzierungsquellen erfolgen. Gegebenenfalls ist eine Ausschreibung der Planungsleistung erforderlich, um geeignete Partner für die Studie zu gewinnen. Daraufhin erfolgt die eigentliche Untersuchung der Wärmenetzmachbarkeit nach den Vorgaben, beispielsweise des BEW-Merkblatts. Dabei werden unter anderem folgende Aspekte beleuchtet: die Auflistung der potenziellen Projektbeteiligten bzw. Akteure (darunter Kommune, Fachplaner und mögliche Betreiber), die Analyse des Standorts und der spezifischen Bedingungen für das geplante Wärmenetzsystem, die Entwicklung eines Konzepts für das Wärmenetz (einschließlich technischer und wirtschaftlicher Parameter) und die Erstellung eines Zeitplans sowohl für die Machbarkeitsstudie als auch für den späteren Bau des Wärmenetzes.

Die Kosten für die Machbarkeitsstudie bewegen sich in einem Bereich von 20.000 bis 200.000 Euro, können jedoch je nach Projektumfang auch darüber hinausgehen. Die exakten Kosten für den späteren Netzausbau sind in dieser Phase nicht verlässlich abzuschätzen. Der Kostenträger können die Kommune oder der potenzielle Netzbetreiber sein, je nachdem wer das Wärmenetz betreiben wird. Die Finanzierung der Machbarkeitsstudie kann über die BEW-Förderung erfolgen, welche Planungskosten subventioniert.

Die Durchführung einer Machbarkeitsstudie für Wärmenetze ist ein notwendiger Schritt, um langfristig nachhaltige und wirtschaftliche Lösungen für die kommunale Wärmeversorgung zu schaffen. Die frühzeitige Klärung von Finanzierung und Zuständigkeiten sowie eine strukturierte Herangehensweise an die Planung sind entscheidend für den Erfolg der Maßnahme.

6.2 Verstetigungsstrategie

Die Umsetzung einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Wärmeversorgung in der Gemeinde Kürten 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 6 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.

Im Rahmen der Verstetigung muss auch weiter geprüft werden, ob auf Basis der kommunalen Wärmeplanung und potenzieller Nachfolgeuntersuchungen der Plan gefasst wird, dass ein Wärmenetz in die Umsetzung gebracht werden soll. Ein potenzieller Wärmenetzbetreiber wäre für die technische Umsetzung, einschließlich Planung, Bau und Betrieb von Wärmenetzen sowie der Integration erneuerbarer Energien zuständig.

Tabelle 6: 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.
Wärmenetzbetreiber	Unterstützung bei der Analyse der Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes.	Technische Umsetzung: Planung, Bau und Betrieb von Wärmenetzen sowie der Integration erneuerbarer Energien.
Gasnetzbetreiber (BEW Bergische Energie- und Wasser-GmbH)	Strategische Planung der Maßnahmen für das Gasnetz (z.B. Umwidmung oder Stilllegung).	Transformation des Gasnetzes Richtung Klimaneutralität.
Stromnetzbetreiber (RheinNetz GmbH)	Anschluss der strombasierten Heizungen an das Stromnetz.	Überplanung der Stromnetzinfrastrukturen auf Basis der Herausforderungen der Energie- und Wärmewende.
Bürgerinnen und Bürger	Aktive Beteiligung an Planungsprozessen und Informationsveranstaltungen.	Eigene Investitionen: Investitionen in erneuerbare Heizsysteme wie Wärmepumpen oder Solarthermieanlagen 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, Energieberaterinnen/Energieberater und Fachfirmen	Installation, Wartung und Reparatur von Wärmeversorgungsanlagen. Hierbei spielen die Weiterbildung und Spezialisierung der Mitarbeiter eine wichtige Rolle.	Beratung: Fachkundige Beratung von Haushalten und Unternehmen zur Auswahl und Implementierung der besten Heizlösungen.
Finanzinstitute	Finanzierungslösungen: Bereitstellung von maßgeschneiderten Finanzierungslösungen und Krediten für Investitionen in erneuerbare Wärmotechnologien.	Fördermittelberatung: Beratung zu verfügbaren Förderprogrammen und Unterstützung bei der Beantragung.

Auch die Entwicklungen im Bereich des Wasserstoffes sind kontinuierlich zu beobachten, um auf potenzielle notwendige Anpassungen hinsichtlich der Gasnetzstrategie zu reagieren. Dies und die Transformation des Gasnetzes Richtung Klimaneutralität liegt im Aufgabenbereich des lokalen Gasnetzbetreibers (BEW Bergische Energie- und Wasser-GmbH).

Wie in den Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung zu sehen ist, werden strombasierte Heizungen zukünftig in der Gemeinde Kürten eine wichtige Rolle spielen. Der lokale Stromnetzbetreiber (Rheinnetz GmbH) muss durch entsprechende Planungs- und Umsetzungsmaßnahmen gewährleisten, dass die entsprechende Stromnetzkapazität vorliegt, um diese Transformation des Wärmesektors zu stemmen.

Es wäre der Wärmewende zuträglich, wenn die Bürgerinnen und 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 sowohl bezüglich Wirtschaftlichkeit und Klimaneutralität als geeignet erscheinen.

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 sowie Energieberaterinnen und Energieberater sind als erste Anlaufstelle für die Bürgerinnen und Bürger ebenfalls in der Verantwortung. Diese sind zuständig für die Installation, Wartung und Reparatur von Wärmeversorgungssystemen und bieten fachkundige Beratung für Haushalte und Unternehmen zur Auswahl und Implementierung der besten Heizlösungen. Finanzinstitute stellen maßgeschneiderte Finanzierungslösungen und Kredite für Investitionen in erneuerbare Wärmetechnologien bereit und beraten zu verfügbaren Förderprogrammen und unterstützen bei der Beantragung.

6.2.2 Maßnahmen zur Verstetigung

Die Verstetigungsstrategie für die kommunale Wärmeplanung in der Gemeinde Kürten 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	■ 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.
- Berichterstellung: Erstellung und Verteilung der regelmäßigen Berichte.
- Prüfung der Maßnahmen anderer Akteure (siehe Abschnitt 6.1.3 und Abschnitt 6.1.4)

Lokale Netzbetreiber, Energieversorger sowie Schornsteinfegerinnen 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 Berichtserstellung.
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 Gemeinde Kürten 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] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, „ALKIS Flurstücke - Flächen“. [Online]. Verfügbar unter: <https://open.nrw/dataset/alkis-flurstuecke-flaechen-bi>
- [13] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW, „ELWAS-WEB“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/help/index.xhtml?anchor=_pegel&page=#
- [14] Geofabrik, „OpenStreetMap Data Extracts“. [Online]. Verfügbar unter: <https://download.geofabrik.de/>



- [15] Geologischer Dienst NRW, „IS GT DS - Informationssystem Geothermie von Nordrhein-Westfalen - Datensatz“. [Online]. Verfügbar unter: <https://open.nrw/dataset/is-gt-ds-informations-system-geothermie-von-nordrhein-westfalen-datensatz-geo-nrw>
- [16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Daten kommunale Wärmeplanung“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/klima/kwp/
- [17] 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
- [18] 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/
- [19] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, „Wärmestudie NRW“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/waermestudienrw_ergebnisse
- [20] Wupperverband, „Große Dhünn-Talsperre“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.wupperverband.de/unsere-anlagen/talsperren/grosse-dhuenn-talsperre>
- [21] 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
- [22] M. Peters, S. Steidle, und H. Böhsich, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden“, Stuttgart, Dez. 2020.
- [23] Behörde für Umwelt und Energie, „Wärmekataster Handbuch“, Hamburg, 2019.
- [24] Statistisches Bundesamt, „Stromerzeugung 2023: 56 % aus erneuerbaren Energieträgern“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/03/PD24_087_43312.html
- [25] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), „Excel-Tabelle zu den Ergebnissen der LANUV-Potenzialstudien“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/energie/ee/EE-Potenziale-Energieatlas-NRW_EPSG25832_Excel.xlsx
- [26] FfE, „Wärmepumpen an Fließgewässern - Analyse des theoretischen Potenzials in Bayern“, 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ffe.de/wp-content/uploads/2024/04/Waermepumpen-an-Fliessgewaessern.pdf>
- [27] 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
- [28] Bundesnetzagentur, „Was-ser-stoff-Kern-netz“, Was-ser-stoff-Kern-netz. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>
- [29] 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 nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]	25
Abbildung 4: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Raumwärme und Trinkwarmwasser [7]	26
Abbildung 5: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Grundlast und Spitzenlast[7]	27
Abbildung 6: Mögliche Ausführungen der wesentlichen Bauteile von Gebäuden hinsichtlich der Dämmung nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [9]	29
Abbildung 7: Temperaturklassen und Heizkörper [10]	30
Abbildung 8: Beispielhafte Heizkurven verschiedener Heizsysteme [10]	31
Abbildung 9: Art der Wärmedämmung im Überblick und nach Wandtypen nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]	31
Abbildung 10: Verglasungsarten nach Fensterbaujahr in Deutschland nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]	33
Abbildung 11: Sanierungsrate und -zyklus nach Umweltbundesamt [11]	34
Abbildung 12: Prozentualer Anteil der gedämmten Flächen von Außenwänden, Fußböden, Kellerdecken und Dächern in verschiedenen Wohngebäudetypen, unterteilt nach Baujahren (Stand 2010), nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]	35
Abbildung 13: Nachträglich gedämmte Bauteilfläche von Außenwänden, Fußböden/Kellerdecken und Dächern (Stand 2010) nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [6]	36
Abbildung 14: EE-Technologien zur Wärmeerzeugung	37
Abbildung 15: Typische Wärme-Jahresdauerlinie von Haushalten für ein Hybridsystem [7]	46
Abbildung 16: Flächennutzung in Kürten [14]	51
Abbildung 17: Dominierender Gebäudetyp auf Baublockebene	52
Abbildung 18: Anzahl der Gebäude je Baujahresklasse	53
Abbildung 19: Dominierende Baujahresklasse auf Baublockebene	54
Abbildung 20: Lage des Erdgasnetzes auf Baublockebene	55
Abbildung 21: Jährlicher Wärmebedarf (alle Sektoren) in GWh	56
Abbildung 22: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Haushalte) in GWh	57
Abbildung 23: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Kommune) in GWh	58
Abbildung 24: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor GHD) in GWh	58
Abbildung 25: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Industrie) in GWh	59
Abbildung 26: Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene	59
Abbildung 27: Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene	60
Abbildung 28: Anteil von Strom am Wärmebedarf auf Baublockebene	61
Abbildung 29: Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene	62
Abbildung 30: Anteil von sonstigen Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene	62
Abbildung 31: Anteil von undefinierten Energieträgern am Wärmebedarf auf Baublockebene	63
Abbildung 32: Dominierender Energieträger (bezogen auf Wärmebedarf) auf Baublockebene	64
Abbildung 33: Anzahl Gebäude nach Energieträger	65



Abbildung 34: Anzahl der Gebäude mit Erdgas zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	66
Abbildung 35: Anzahl der Gebäude mit Heizöl zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	66
Abbildung 36: Anzahl der Gebäude mit Strom zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	67
Abbildung 37: Anzahl der Gebäude mit Biomasse zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	67
Abbildung 38: Anzahl der Gebäude mit sonstigem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	68
Abbildung 39: Anzahl der Gebäude mit undefiniertem Energieträger zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	69
Abbildung 40: Wärmeflächendichte auf Baublockebene	70
Abbildung 41: Wärmelinien-dichte auf Straßenzugebene	71
Abbildung 42: Lokalisation von Großverbrauchern auf Baublockebene	71
Abbildung 43: Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers	72
Abbildung 44: Jährliche Treibhausgasemissionen (alle Sektoren) in Tsd. T	73
Abbildung 45: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Haushalte) in Tsd. T	73
Abbildung 46: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Kommune) in Tsd. T	74
Abbildung 47: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor GHD) in Tsd. T	74
Abbildung 48: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Industrie) in Tsd. t	75
Abbildung 49: Zusammenfassung der Potenziale für die Wärmeversorgung nach der Wärmestudie NRW [19]	77
Abbildung 50: Potenzialflächen für Freiflächen-Photovoltaikanlagen [18]	78
Abbildung 51: Verlauf der Kärntener Sülz	80
Abbildung 52: Jährliches Wärmepotenzial der Kärntener Sülz im Jahresmittelwert zwischen 2000 und 2023	81
Abbildung 53: Standorte der Kläranlagen	82
Abbildung 54: Oberflächennahe Geothermie: Ausschlussgebiete und Wärmeleitfähigkeit des Bodens in 100m Tiefe	84
Abbildung 55: Lösungsraum der Wärmetechnologien	88
Abbildung 56: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs durch Sanierung	90
Abbildung 57: Baublöcke mit erhöhtem Sanierungspotenzial	90
Abbildung 58: Eignung der Gebäude in Abhängigkeit der Technologien	93
Abbildung 59: Eignung von Wärmepumpen auf Baublockebene	94
Abbildung 60: Eignung von Wärmenetzen auf Baublockebene	94
Abbildung 61: Eignung von Wasserstoffnetzen auf Baublockebene	95
Abbildung 62: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Hauptszenario)	96
Abbildung 63: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete in den Stützjahren zwischen 2030 und 2040 (Hauptszenario)	97
Abbildung 64: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario)	97



Abbildung 65: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Verbrauchssektoren bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario).....	98
Abbildung 66: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Hauptszenario).....	99
Abbildung 67: Jährlicher Wärmebedarf der gasnetzversorgten Gebäude (Hauptszenario)	100
Abbildung 68: Anzahl der Gebäude am Gasnetz (Hauptszenario)	100
Abbildung 69: Elektrische Leistung der Wärmepumpen im Stützjahr 2045 auf Baublockebene (Hauptszenario).....	101
Abbildung 70: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wasserstoff).....	102
Abbildung 71: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wasserstoff)	103
Abbildung 72: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wasserstoff).....	104
Abbildung 73: Kartographische Darstellung der Gebäude am Wärmenetz (Nebenszenario Wärmenetz)	106
Abbildung 74: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wärmenetz)	106
Abbildung 75: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wärmenetz).....	107
Abbildung 76: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 (Nebenszenario Wärmenetz)	108
Abbildung 77: Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ für das Zieljahr 2045	109
Abbildung 78: Wärmeversorgungsart „Wärmenetz“ für das Zieljahr 2045	110
Abbildung 79: Wärmeversorgungsart „Wasserstoff“ für das Zieljahr 2045.....	111



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakterisierung der Wohngebäude nach Baujahresklassen nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [4]	23
Tabelle 2: Typische Heizwärmebedarfe von Wohngebäuden [5]	24
Tabelle 3: Heizlastdichte in W/m^2 für unterschiedliche Baujahre und Gebäudetypen [5]	25
Tabelle 4: Datengrundlage für die Bestands- und Potenzialanalyse	50
Tabelle 5: Betrachtete Sanierungsklassen	89
Tabelle 6: Aufgaben der Akteure	117