



Projektabschlussbericht

Kommunale **Wärmeplanung** der Gemeinde Neunkirchen.

Impressum

Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Neunkirchen

Auftraggeber: Gemeinde Neunkirchen, Bahnhofstraße 3, 57290 Neunkirchen

Durchgeführt durch die BMU Energy Consulting GmbH

Autoren:

Dr.-Ing. Björn Uhlemeyer

Dr.-Ing. Christian Möller

Shreevarshan Sivakumar

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:

Mai 2026

Titelbild-Bildnachweis:

<https://www.neunkirchen-siegerland.de/Neunkirchen-handelt/Umgestaltung-der-Ortsmitte/>

Logo Gemeinde Neunkirchen:

Gemeinde Neunkirchen

Gender-Hinweis:

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

Inhalt

Impressum.....	2
Inhalt.....	3
Kurzfassung.....	5
Abkürzungsverzeichnis.....	7
1 Einleitung.....	9
2 Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung.....	10
2.1 Projektablauf.....	10
2.2 Verbindlichkeit der kommunalen Wärmeplanung	10
2.3 Was kann von der kommunalen Wärmeplanung erwartet werden?.....	11
2.4 Gesetzliche Anforderungen.....	11
2.5 Detaillierte Analyse des Wärmebedarfes.....	17
2.6 Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung	22
2.7 Technologien zur klimaneutralen Wärmeerzeugung	29
2.8 Wärmenetze	37
3 Bestandsanalyse.....	40
3.1 Datengrundlage.....	40
3.2 Vorprüfung	40
3.3 Gebäudebestand und Netzinfrastrukturen.....	40
3.4 Wärmebedarf nach Energieträgern und Sektoren.....	46
3.5 Anzahl versorgter Gebäude.....	54
3.6 Altersstruktur der Heizungen	59
3.7 Wärmebedarfsdichte und Großverbraucher	61
3.8 Anteil der erneuerbaren Energien.....	64
3.9 Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Sektoren.....	65
4 Potenzialanalyse	69
4.1 Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung	69
4.2 Solare Potenziale	70
4.3 Gewässer.....	72
4.4 Abwasser aus Kanälen und Kläranlagen.....	74
4.5 Geothermie.....	75
4.6 Industrielle Abwärme.....	81
4.7 Biomasse.....	81
4.8 Luft-Wasser-Wärmepumpen	82
4.9 Kurzzusammenfassung der Potenzialanalyse.....	85
5 Entwicklung des Zielszenarios	86
5.1 Allgemeines	86

5.2	Grundlagen zum Technologiewechsel	86
5.3	Auswirkungen der Sanierung	88
5.4	Eignung der Gebäude für Wärmeversorgungstechnologien	90
5.5	Zielszenarien	97
6	Umsetzungsstrategie und Maßnahmen.....	111
6.1	Wärmequellenpotenzialprüfung bzw. Machbarkeit Wärmenetz (BEW)	111
6.2	Integrierte Quartierskonzepte	113
6.3	Stromnetzplanung	115
6.4	Energieleitplanung.....	116
6.5	Integration des Wärmeplans in die Bauleitplanung	118
6.6	Erstellung einer Übersicht der zur Verfügung stehenden Beratungsangebote im Bereich energetische Gebäudesanierung sowie Förderung und Ausweitung des Angebots.....	119
6.7	Gasnetzstrategie	120
6.8	Integrierte Tiefbauplanung.....	122
6.9	Lokale Leuchtturmprojekte der Kommune.....	123
6.10	Entwicklung und Umsetzung einer Gesamtstrategie zur Wärmebedarfsreduktion kommunaler Liegenschaften	124
6.11	Sanierungsberatung in Quartieren mit besonderem Sanierungsbedarf.....	126
6.12	Digitale Bürgerinformation über die Wärmewende	127
6.13	Infoveranstaltung mit den Bürgern und Stakeholdern.....	128
6.14	Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung.....	130
6.15	Aktionen und Angebote durch lokalen Energieversorger (und/oder Handwerk) für Heizungen.....	131
7	Partizipations- und Kommunikationsstrategie.....	133
7.1	Einrichtung einer Projektwebseite	133
7.2	Kommunikation über E-Mail.....	133
7.3	Bürgerveranstaltungen.....	133
7.4	Weitere Beteiligungsformate.....	134
8	Verstetigungsstrategie	135
8.1	Akteure der Verstetigung.....	137
8.2	Organisation der Verstetigungsstrategie in Arbeitsgruppen	138
9	Controlling-Konzept.....	141
9.1	Aufgaben der Akteure im Controlling-Prozess.....	142
9.2	Kennzahlen für das Controlling	143
	Literaturverzeichnis.....	145
	Abbildungsverzeichnis.....	148
	Tabellenverzeichnis.....	151

Kurzfassung

Die Wärmewende ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung. Die kommunale Wärmeplanung ist die notwendige Umsetzung des Wärmeplanungsgesetzes und dient als Planungsgrundlage für die Gemeinde Neunkirchen zur Transformation des Wärmesektors. Von den etablierten öl- und gasbasierten Heizungen hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu gelangen, ist eine große Herausforderung. Für die Gemeinde Neunkirchen bedeutet das insbesondere die gasbasierten Heizungen in den urbanen Teilen der Kommune bzw. ölbasierten Heizungen in den eher ländlich geprägten Regionen zu ersetzen. Gas und Öl machen kumuliert 91 % der Wärmeversorgung in Neunkirchen aus. Die erneuerbaren Optionen, wie Strom und Umweltwärme sowie Biomasse, decken im Status quo in etwa die restlichen 9 % des Wärmebedarfs.

Um eine klimaneutrale Wärmeversorgung aufzubauen, sind die Optionen grundsätzlich begrenzt. Insbesondere elektrische Wärmepumpen (Luft-Wasser oder Sole-Wasser) und klimaneutrale Wärmenetze sind zukünftig die vielversprechendsten Versorgungsarten in Deutschland. Biomasse (z.B. Pellet oder biogenes Flüssiggas) kann hierbei als weitere Ergänzung dienen, muss jedoch ressourcenschonend eingeplant werden.

Aufgrund der weitestgehend geringen Siedlungsdichte stellen die Platzverfügbarkeit für Außengeräte und deren Schallemissionen bei Luft-Wasser-Wärmepumpen in Neunkirchen keine nennenswerte Restriktion dar. Knapp 97 % der Gebäude sind aus Sicht der Schallemissionen und der Platzverfügbarkeit für Luft-Wasser-Wärmepumpen geeignet. Aufgrund einer guten Wärmeleitfähigkeit der lokalen Böden sind zudem 65 % der Neunkirchener Gebäude für Sole-Wasser-Wärmepumpen geeignet.

Für einen wirtschaftlichen Betrieb eines zu bauenden Wärmenetzes ist eine entsprechend hohe Wärmebedarfsdichte notwendig. Gemäß des Wärmeabsatzes sind insbesondere das Gemeindezentrum sowie die Gewerbegebiete in Zeppenfeld und Neunkirchen/Struthütten für Wärmenetze geeignet, sodass ein großes Wärmenetzeignungsgebiet identifiziert werden konnte. Auf Seiten der Wärmequellen gibt es verschiedene Lösungsoptionen, um klimaneutrale Wärmenetze zu speisen. In Neunkirchen gibt es in der Nähe der Bebauung genügend Freiflächen, um zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen, Erdsonden oder Solarthermieranlagen zu errichten. Ebenso können die Abwasserkanäle einen kleinen Beitrag als Wärmequelle darstellen. Die lokalen Potenziale für Biomasse, insbesondere feste Biomasse, sind jedoch gering.

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. Die Gemeinde Neunkirchen liegt nach aktuellem Stand nicht am geplanten Wasserstoffkernnetz. Ebenso ist die Gemeinde nur wenig industriell geprägt, sodass eine hohe Verfügbarkeit an Wasserstoff unwahrscheinlich ist. Auf Basis dieser Faktoren wurden keine Eignungsgebiete für Wasserstoff in Neunkirchen identifiziert.

Auf Basis der Erkenntnisse aus Bestands- und Potenzialanalyse sowie der Identifikation der Eignungsgebiete für dezentrale Wärmepumpen und klimaneutrale Wärmenetze wurde ein Hauptszenario für



die Transformation des Wärmesektors aufgestellt. Das Szenario berücksichtigt den Neubau von einem großflächigen Wärmenetz vom Gewerbegebiet im Süden von Salchendorf über das Gemeindezentrum bis in die Gewerbegebiete der Ortsteile Zeppenfeld und Neunkirchen bzw. Struthütten. Im Zieljahr 2045 macht dieses Wärmenetz dann 47 % des Wärmebedarfs in Neunkirchen aus. Der Großteil der zukünftigen Wärmeversorgung wird jedoch über dezentrale Stromheizungen (insb. Luft-Wasser-Wärmepumpen) bereitgestellt. 44 % des Wärmebedarfs, jedoch 81 % der Gebäude, entfallen auf diese strombasierten Heizungen. Auch Biomasse wird mit 10 % des Wärmebedarfs eine wichtige Teillösung darstellen. Neben dem Wechsel auf eine klimaneutrale Heizung spielt auch die Wärmebedarfsreduktion durch Sanierungs- und Effizienzmaßnahmen eine wichtige Rolle in der Dekarbonisierung des Wärmesektors. Für Neunkirchen konnte ein Sanierungspotenzial von 28 % bezogen auf den Wärmebedarf identifiziert werden.

Ergänzend zu dem Hauptszenario wurde ein Nebenszenario betrachtet, welches abweichend vom Hauptszenario eine reine dezentrale Wärmeversorgung, das heißt ohne Wärmenetz, vorsieht. Entsprechend steigt der Anteil dezentraler Lösungsoptionen im Vergleich zum Hauptszenario. Strombasierte Heizungen decken im Zieljahr 2045 80 % des Neunkirchener Wärmebedarfs, während es bei Biomasse knapp 20 % sind.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden 14 Maßnahmen identifiziert, welche teilweise notwendig sind, um die Transformation des Neunkirchener Wärmesektors in Richtung der Klimaneutralität voranzutreiben, oder zumindest einen positiven Beitrag leisten können. Die Maßnahmen richten sich primär an die Gemeinde Neunkirchen selbst (z. B. Informationsformate für die Bürgerinnen und Bürger), aber auch weitere Stakeholder (z.B. die lokalen Gas- und Stromnetzbetreiber oder potenzielle zukünftige Wärmenetzbetreiber) werden mit Maßnahmen adressiert. Eine prioritäre Maßnahme für eine erfolgreiche Wärmewände in Neunkirchen ist insbesondere die Erstellung einer Machbarkeitsstudie für das Wärmenetzgeignungsgebiet. Ebenso ist eine Dekarbonisierung der kommunalen Liegenschaften ein wichtiges Maßnahmenpaket für die Zukunft.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ KostAufG	Kohlendioxidkostenaufteilungsgesetz
COP	Coefficient of Performance
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DN	Diameter Nominal (Nennweite)
EE	Erneuerbare Energien
EEWärmeG	Erneuerbare Energien-Wärmegesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnEV	Energiesparverordnung
EnEG	Energieeinspargesetz
EPBD	EU-Gebäuderichtlinie
EPS	Polystyrol
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FFH	Flora-Fauna-Habitat
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe-Handel-Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GMFH	Großes Mehrfamilienhaus
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
JAZ	Jahresarbeitszahl
K	Kelvin
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
kVA	KiloVoltAmpere
kW	Kilowatt
kWh/m	Kilowattstunden pro Meter
kWh/(m ² *a)	Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KSG	Klimaschutzgesetz
LANUK	Landesamt für Natur- Umwelt und Klima NRW
LG	Landschaftsgesetz
l/s	Liter pro Sekunde
m	Meter
m ³	Kubikmeter
MFH	Mehrfamilienhaus

MNQ	Niedrigwasserabfluss
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
MWh/ha	Megawattstunden pro Hektar
NKI	Nationale Klimaschutzinitiative
NRW	Nordrhein-Westfalen
NWG	Nichtwohngebäude
PUR	Polyurethan
PV	Photovoltaik
PVT	Photovoltaik-Thermisch
RH	Reihenhaus
TA Lärm	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
THG	Treibhausgas
Tsd. t	Tausend Tonnen
Vbh	Vollbenutzungstunden
WE	Wohneinheit
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WSchV	Wärmeschutzverordnung
W/(m*K)	Watt pro Meter und Kelvin
°C	Grad Celsius

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 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 klimaneutralen Wärmeversorgung auf. Über Zwischenstände der Jahre 2030, 2035 und 2040 ist daraus das klimaneutrale Zielszenario für das Jahr 2045 zu entwickeln.

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

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 der Gebäude auf erneuerbare Energien, die insbesondere durch das Gebäudeenergiegesetz (GEG) geregelt wird, gilt es, die leitungsgebundene Wärmeversorgung über Wärmenetze weiter auszubauen und zu beschleunigen.⁴ Wärmenetze sollen gemäß der Vorgaben des WPG bis spätestens 2045 vollständig auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme umgestellt werden, um eine effiziente und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Die relevanten Weichenstellungen für eine erfolgreiche Wärmewende werden nicht nur auf Bundes- und Landesebene, sondern auch auf lokaler Ebene getroffen. Daher entscheiden die langfristigen und strategischen Entscheidungen darüber, wie die Wärmeversorgung organisiert und in Richtung Treibhausgasneutralität transformiert wird. Gemeinsam mit den Bürgerinnen und Bürgern, Unternehmen und Energieversorgern müssen weitere Planungsprozesse vorbereitet, diskutiert, beschlossen und anschließend umgesetzt werden.

¹ Der Bericht bezieht sich auf das Wärmeplanungsgesetz mit dem Stand 04.03.2025.

² Der Bericht bezieht sich auf das Landeswärmeplanungsgesetz mit dem Stand 04.03.2025

³ Der Bericht bezieht sich auf das Bundes-Klimaschutzgesetz mit dem Stand 04.03.2025

⁴ Der Bericht bezieht sich auf das Gebäudeenergiegesetz mit dem Stand 04.03.2025

2 Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung

2.1 Projektablauf

Der inhaltliche Projektablauf der kommunalen Wärmeplanung gliedert sich in vier Hauptphasen: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Szenarienentwicklung (inkl. Einteilung in Wärmeversorgungsgebiete) und die Ableitung von entsprechenden Maßnahmen. In der Bestandsanalyse wird die aktuelle Wärmeversorgung der Kommune analysiert. Dies beinhaltet hierbei beispielsweise die Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs, der verwendeten Energieträger und der 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 Szenarienentwicklung, 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 Phase ist die Definition von geplanten Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele.

2.2 Verbindlichkeit der kommunalen Wärmeplanung

Im Folgenden wird 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 Wasserstoffnetzausbaugebiet

- (1) „Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Wärmeplanung nach § 23 und unter Abwägung der berührten öffentlichen und privaten Belange gegen- und untereinander kann die planungsverantwortliche Stelle oder eine andere durch Landesrecht hierzu bestimmte Stelle eine Entscheidung über die Ausweisung eines Gebiets zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen [...] treffen. Die Entscheidung erfolgt grundstücksbezogen.*
- (2) Ein Anspruch auf Einteilung eines Grundstücks zu einem Gebiet nach Absatz 1 besteht nicht.“*

und

§ 27 Rechtswirkung der Entscheidung

- (1) [...]
- (2) *Die Entscheidung über die Ausweisung eines Gebiets als Gebiet zum Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen oder als 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 von der kommunalen Wärmeplanung erwartet werden?

Die kommunale Wärmeplanung stellt, wie im vorherigen Abschnitt dargelegt, eine unverbindliche Planung für die Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung dar. Auch wenn die Bürgerinnen und Bürger nicht die direkte Zielgruppe für die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung darstellen, ergibt diese für die Bürgerinnen und Bürger erste Implikationen, die im Folgenden aufgelistet sind:

- 1) Gewissheit: Eine finale Entscheidung, 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. Gleichzeitig werden jedoch ebenso Gebiete in der kommunalen Wärmeplanung erarbeitet, welche mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit zukünftig nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden.
- 2) Heizungsentscheidung: Falls ein Heizungswechsel in einem Gebäude bevorsteht, kann die kommunale Wärmeplanung zur ersten Meinungsbildung beitragen, aber keinen abschließenden Rat geben. Dahingehend ist zu empfehlen, Kontakt zu zertifizierten Energieberatern aufzunehmen. Die kommunale Wärmeplanung ergibt jedoch erste Tendenzen, die bei der Wechselentscheidung berücksichtigt werden können:
 - a. Wenn das Gebäude in einem Wärmenetzeignungsgebiet liegt und
 - i. Die Heizung kurzfristig noch nicht ausgetauscht werden muss, können zunächst die weiteren Machbarkeitsstudien abgewartet werden.
 - ii. Die Heizung kurzfristig ausgetauscht werden muss, sollten Alternativen für eine temporäre oder finale Lösung gesucht werden.
 - b. Wenn das Gebäude nicht in einem Wärmenetzeignungsgebiet liegt, sind dezentrale Alternativen wie Wärmepumpen, Biomasseanlagen oder Hybridheizungen eine sinnvolle Heizungslösung. Je älter die Heizung ist, insbesondere wenn sie mehr als 20 Jahre alt ist, steht vermutlich zeitnah ein potenzieller Heizungswechsel an.

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 dieser Abschnitt zur Beschreibung der 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. Die kommunale Wärmeplanung bezieht sich jedoch insbesondere auf die Analyse des Bestandes. Bei der Sanierung bestehender Gebäude müssen aber 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 in der Wärmeversorgung zur Erreichung der Klimaziele beiträgt.

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 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

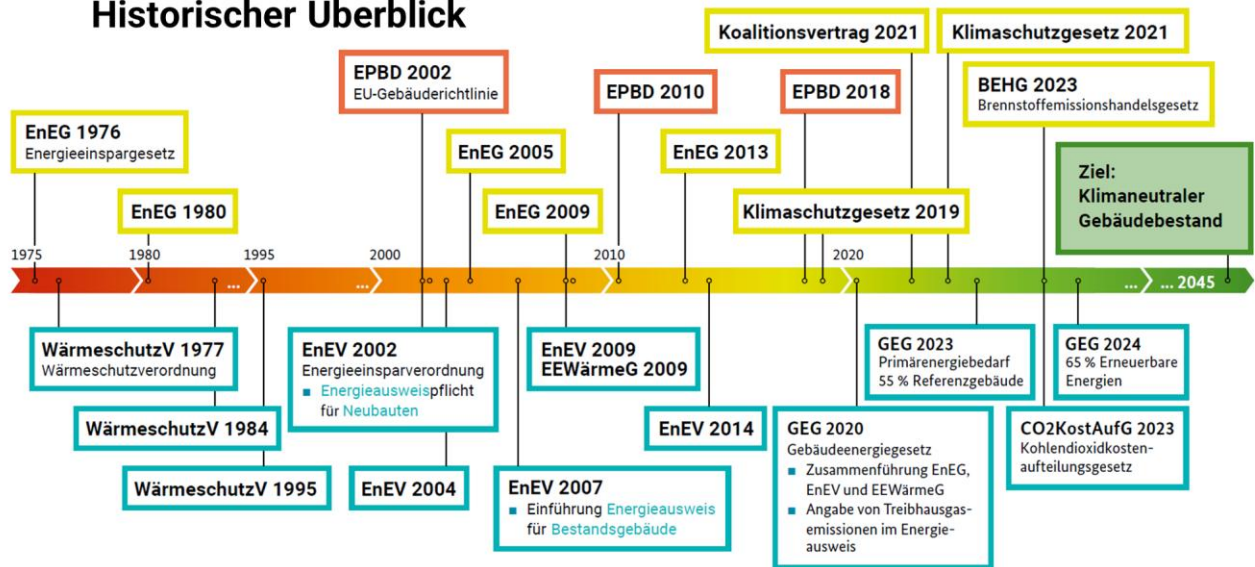


Abbildung 1: Energiesparrecht in Deutschland – Historischer Überblick [2]

Um die Nutzungspflicht von 65 % erneuerbarer Energien zu erfüllen, stehen verschiedene Heizsysteme zur Verfügung, die unterschiedliche Ansätze der 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 strombasierte Heizung, die Umweltwärme (aus Luft, Wasser oder Erde) aufnimmt und mittels elektrischer Energie in nutzbare Wärme umwandelt. Wärmepumpen sind sehr effizient und können mit erneuerbarem Strom betrieben werden.
- **Stromdirektheizung:** Heizsysteme, die elektrische Energie direkt in Wärme umwandeln. Wenn der Strom aus erneuerbaren Quellen stammt, kann diese Technologie die Anforderungen erfüllen.
- **Solarthermische Heizung:** Nutzt Sonnenkollektoren, um Sonnenenergie in Wärme umzuwandeln. Diese Wärme kann direkt für Heizung und Warmwasser genutzt werden.
- **Flüssige oder gasförmige Biomasse:** Heizsysteme, die flüssige oder gasförmige Biomasse (wie Biogas oder Bioöl) verbrennen, um Wärme zu erzeugen. Diese Brennstoffe stammen aus erneuerbaren Quellen.
- **Wasserstoff-Heizung:** Heizsysteme, die Wasserstoff verbrennen. Wenn der Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wird (grüner Wasserstoff), trägt dies zur Erfüllung der Anforderungen bei.
- **Feste Biomasse:** Heizsysteme, die feste Biomasse (wie Holzpellets oder Hackschnitzel) verbrennen. Diese Materialien stammen aus erneuerbaren Quellen und können nachhaltig produziert werden.
- **Wärmepumpen-Hybridheizung:** Eine Kombination aus einer Wärmepumpe und einem zusätzlichen Heizsystem (z.B. Gas- oder Ölkessel) zur Deckung des Spitzenbedarfs. Der überwiegende

Teil der Wärme wird durch die Wärmepumpe bereitgestellt, sodass die Anforderungen erfüllt werden.

- **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. Bei entsprechender Auslegung der Solarthermieheizung oder Kombination mit einer Heizung auf Basis erneuerbarer Energien werden die Anforderungen erfüllt.

2.4.2 Wärmeplanungsgesetz - WPG

Das WPG ist die gesetzliche Grundlage in Deutschland, die die kommunale Wärmeplanung regelt. Ziel des Gesetzes ist es, bis spätestens 2045 eine kosteneffiziente, nachhaltige, sparsame, bezahlbare, resiliente und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung zu erreichen und Endenergieeinsparungen zu erzielen.

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 muss der Wärmeplan bis zum 30. Juni 2026 erstellt werden, während für Gemeinden mit 100.000 Einwohnern oder weniger die Frist bis zum 30. Juni 2028 reicht. Gemeindegebiete mit weniger als 10.000 Einwohnern können ein vereinfachtes Verfahren durch gemeinsame Wärmeplanung nutzen.

Die Wärmeplanung selbst beinhaltet verschiedene Bearbeitungsschritte. Diese umfassen den Beschluss oder die Entscheidung zur Durchführung der Wärmeplanung, Durchführung von Eignungsprüfung, Bestands- und Potenzialanalyse sowie die Entwicklung eines Zielszenarios und einer Umsetzungsstrategie. Im Rahmen des Bearbeitungsprozesses erfolgt eine transparente Kommunikation mit der Öffentlichkeit.

Die Eignungsprüfung untersucht die Eignung des kommunalen Gebiets für Wärme- oder Wasserstoffnetze. Für Gebiete, die sich nicht für solche Netze eignen, kann eine verkürzte Wärmeplanung durchgeführt werden. Der Umgang mit der Eignungsprüfung in dieser Wärmeplanung wird in Kapitel 3 beschrieben. Die Bestandsanalyse ermittelt den aktuellen Wärmebedarf, die genutzten Energieträger und die vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen im Gebiet der Kommune. 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.

Der finale 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.

Die Fortschreibung des Wärmeplans gemäß § 25 erfolgt alle fünf Jahre durch die planungsverantwortliche Stelle. Dabei werden die ermittelten Strategien und Maßnahmen zur Wärmeversorgung



überprüft und bei Bedarf überarbeitet und aktualisiert. Die Entwicklung der Wärmeversorgung bis zum Zieljahr für das gesamte geplante Gebiet wird im Zuge der Fortschreibung aufgezeigt. Prüfgebiete können bis zum Zieljahr als voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete dargestellt werden, wenn eine andere Art der Wärmeversorgung geplant ist.

Die 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.

Gemäß Teil 3 des WPG 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).

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.

2.4.3 Verknüpfung von GEG und WPG

Grundsätzlich sind das GEG und das WPG miteinander verknüpft, da verschiedene Regelungen des GEG von der Ausweisung von Wärmenetz- oder Wasserstoffnetzgebieten abhängen, welche wiederum auf Basis der Erkenntnisse der kommunalen Wärmeplanung ausgewiesen werden. Die

Ausweisung dieser Gebiete erfolgt jedoch nicht automatisch durch die Erarbeitung und Veröffentlichung des kommunalen Wärmeplans, sondern ist ein optionaler Schritt, welcher nachgelagert zur kommunalen Wärmeplanung erfolgt.

Die zentrale Verbindung zwischen beiden Gesetzen besteht darin, dass das GEG – insbesondere beim Heizungstausch – entscheidend auf die kommunale Wärmeplanung des WPG verweist. Abhängig davon, ob ein Gebiet als zukünftiges Wärmenetzgebiet oder Wasserstoffnetzausbaugbiet ausgewiesen wird, gelten unterschiedliche Vorgaben und Optionen beim Heizungseinbau. Das GEG schreibt grundsätzlich gemäß § 71 vor, dass eine neue Heizung mindestens 65 % der Wärme erneuerbar erzeugen muss. Je nach Einwohnerzahl einer Kommune gilt diese Regelung erst ab 01.07.2026 (bei über 100.000 Einwohnern) bzw. 01.07.2028 (bei unter 100.000 Einwohnern). Als Ausnahme gelten wie beschrieben Gebiete, welche als Gebiet zum Neu- oder Ausbau eines Wärmenetzes oder als Wasserstoffnetzausbaugbiet auf Basis der Erkenntnisse der kommunalen Wärmeplanung ausgewiesen werden. In diesen Gebieten gilt diese Regelung einen Monat nach Bekanntgabe der Entscheidung der Ausweisung.

2.5 Detaillierte Analyse des Wärmbedarfes

2.5.1 Raumwärme- und Trinkwarmwasserbedarf

2.5.1.1 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) [3]

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, 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

2.5.1.2 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. Unsaniertere 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 [4]

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

Tabelle 3 zeigt die Entwicklung der Heizlastdichte (in Watt pro Quadratmeter) für verschiedene Gebäudetypen in Abhängigkeit des Baujahrs. Die Heizlastdichte beschreibt die erforderliche Heizleistung pro Fläche und nimmt bei neueren Gebäuden kontinuierlich ab. Freistehende Einfamilienhäuser haben den höchsten Heizbedarf, während Reihenmittelhäuser und größere Mehrfamilienhäuser die geringste Heizlastdichte aufweisen. Die Werte verdeutlichen, dass durch verbesserte Bauweisen und Dämmstandards ab 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 zurückzuführen ist.

Tabelle 3: Heizlastdichte in W/m² für unterschiedliche Baujahre und Gebäudetypen [4]

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

2.5.1.3 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 erbracht werden. Abbildung 2 zeigt, dass in Deutschland die kombinierte Bereitstellung von Heizung und Warmwasser dominiert. Über alle Gebäude hinweg beträgt der Anteil dieser kombinierten Systeme 77 %, und mit zunehmend jüngerem Baujahr steigt dieser Anteil auf 90 %. Daher wird davon ausgegangen, dass der Trend zur integrierten Warmwasseraufbereitung in modernen Gebäuden weiterhin zunehmen wird.

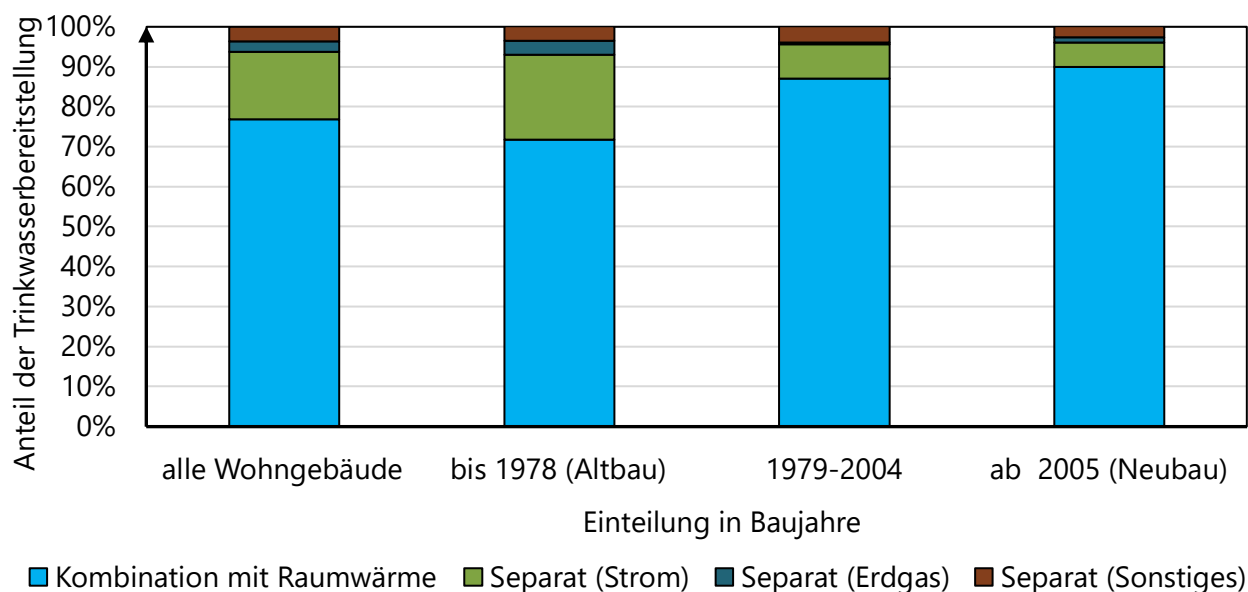


Abbildung 2: Trinkwasserbereitstellung nach Gebäudetyp (eigene Darstellung nach [5])

2.5.1.4 Jahresdauerlinie des Haushaltswärmebedarfs

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 3 ist eine beispielhafte Jahresdauerlinie dargestellt.

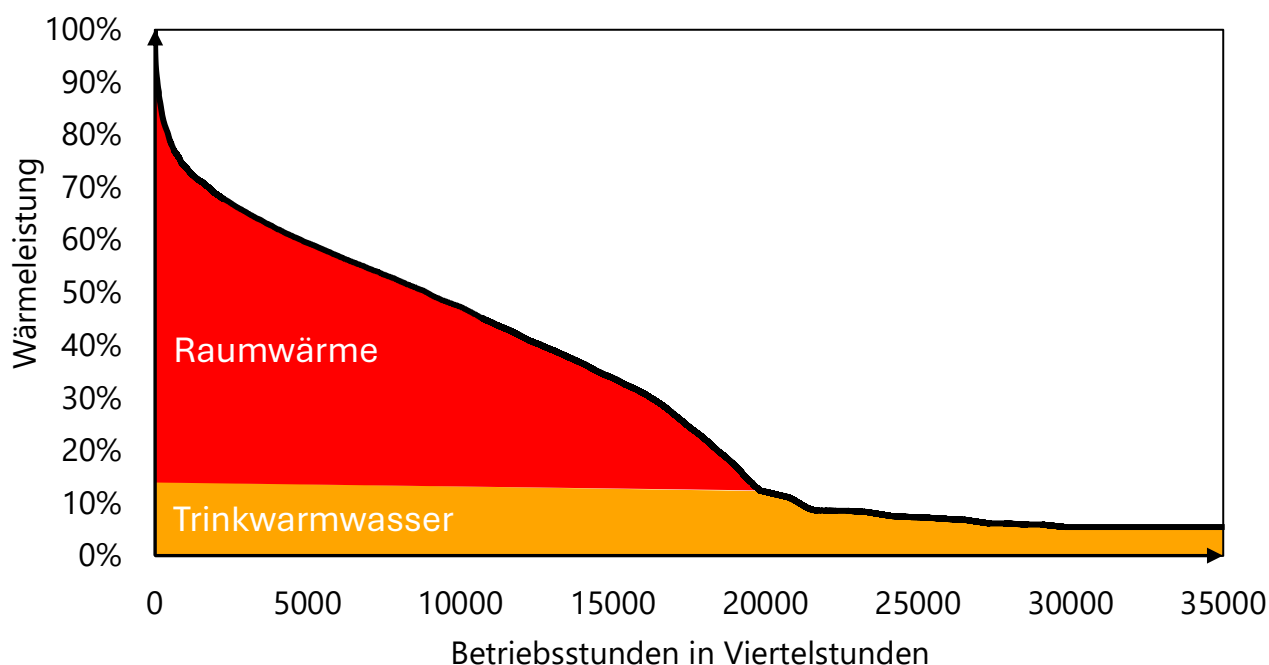


Abbildung 3: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Raumwärme und Trinkwarmwasser (eigene Darstellung nach [6])

Daraus lassen sich 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 4 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 [6].

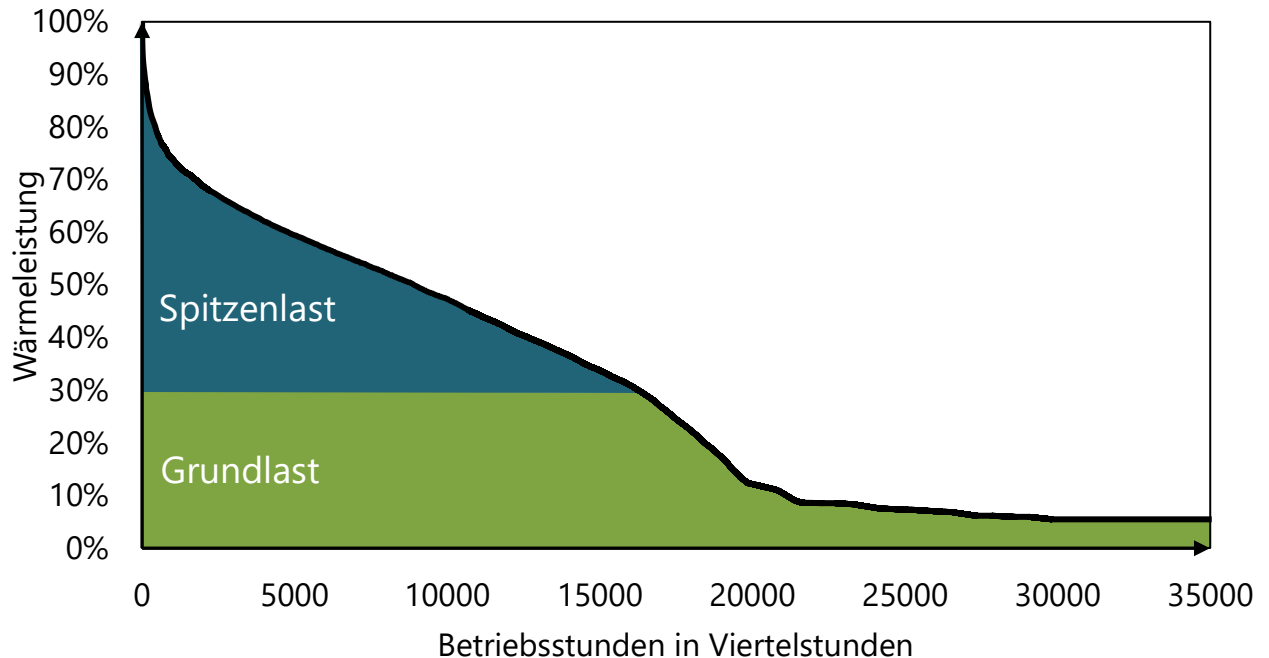


Abbildung 4: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Grundlast und Spitzenlast (eigene Darstellung nach [6])

2.5.2 Prozesswärmebedarf

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

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



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

2.6 Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung

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.

2.6.1 Gebäudehülle

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

Mit den energiepolitischen Veränderungen und der Ölkrise in den 1970er Jahren begannen erste Regelungen zur Verbesserung der Wärmedämmung von Neubauten (siehe Abschnitt 2.4 und 2.5). 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 5 aufgeführt.

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.

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, schieferrechte 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 5: Mögliche Ausführungen der wesentlichen Bauteile von Gebäuden hinsichtlich der Dämmung [7]

2.6.2 Temperaturklassen und Heizkörper

Heizungssysteme werden in Hoch-, Mittel- und Niedrigtemperaturklassen unterschieden, basierend auf der Vorlauftemperatur des Heizwassers, das sie benötigen. Eine Übersicht der drei Heizklassen ist in Abbildung 6 dargestellt.

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

Abbildung 6: Temperaturklassen und Heizkörper [8]

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.

2.6.3 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 Gebäudedämmung ab. Ein Regler passt kontinuierlich die Vorlauftemperatur an die aktuellen Bedingungen an. Durch Gebäudeleitetchnik 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 7 veranschaulicht [8]. Diese Darstellung zeigt, wie sich die Vorlauftemperatur je nach Außentemperatur für Hoch-, Mittel- und Niedrigtemperatur-Heizsysteme verändert.

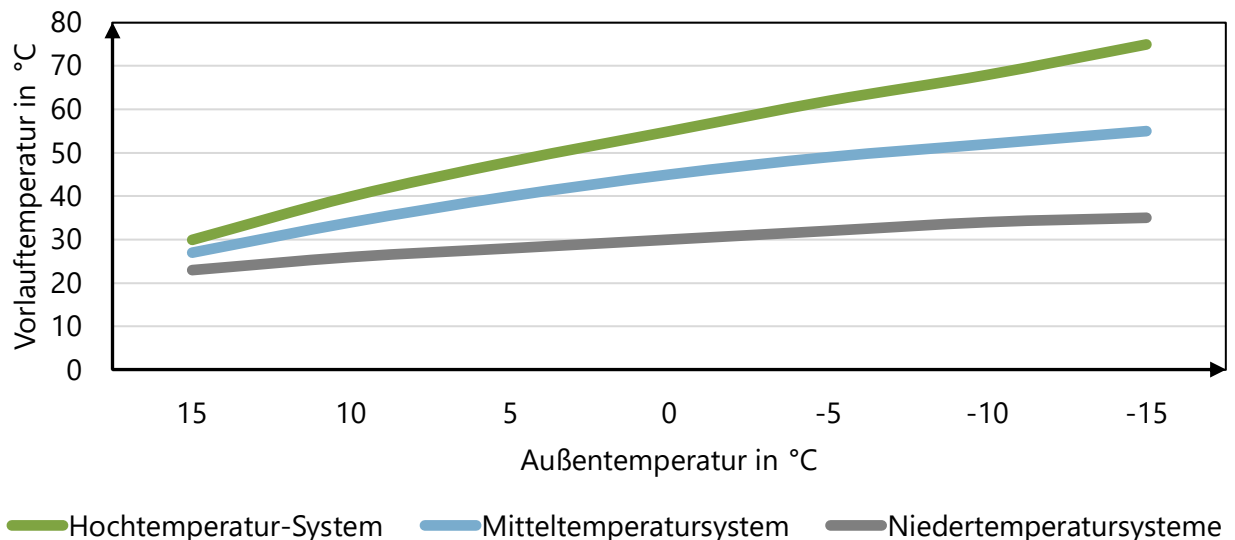


Abbildung 7: Beispielhafte Heizkurven verschiedener Heizsysteme [8]

2.6.4 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 8 zeigt, so wie es auch als Stand der Technik gilt, dass die Außendämmung bevorzugt genutzt wird und insgesamt 75 % aller Wände einnimmt. Die Innendämmung kommt am meisten nur bei Fachwerkhäusern vor, was darauf zurückzuführen ist, dass das Aussehen dort in der Regel denkmalgeschützt ist. Die Dämmung im Zwischenraum ist mit 9 % ebenfalls weniger relevant, was daran liegt, dass diese nur bei zweischaligen Mauerwerken mit Hohlraum möglich ist.

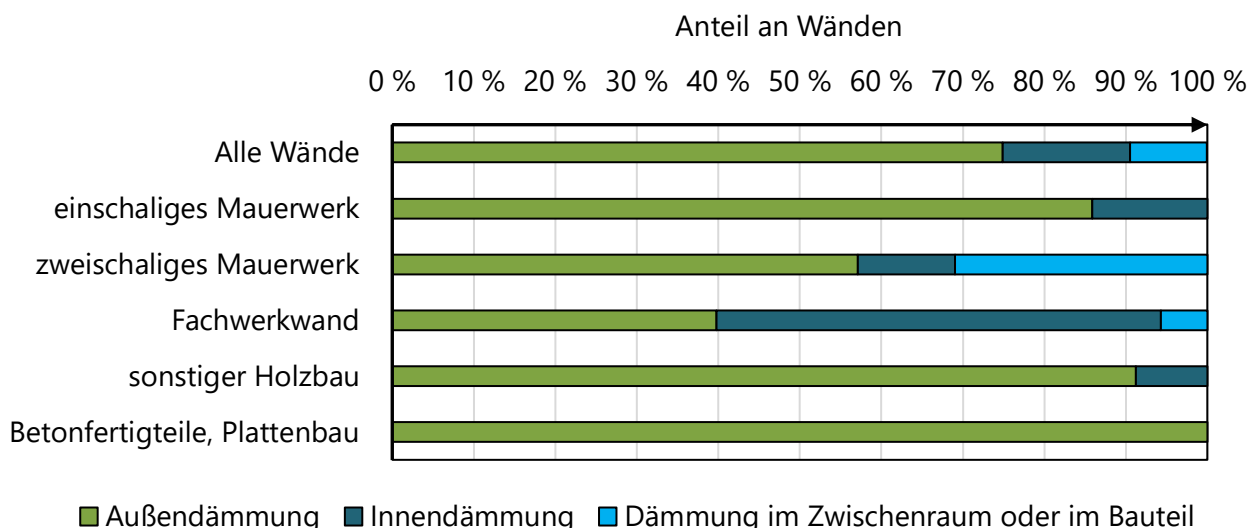


Abbildung 8: Art der Wärmedämmung im Überblick und nach Wandtypen (eigene Darstellung nach [5])

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.

Die Außenwanddämmung bietet im Vergleich zur Innenwanddämmung deutliche bauphysikalische Vorteile. Bei der Außenwanddämmung werden alle tragenden Außenwände und Zwischendecken vollständig isoliert, wodurch Wärmebrücken weitestgehend vermieden werden. Zudem reduziert diese Methode das Risiko von Tauwasserbildung und Feuchteschäden 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 Nachteile mit sich. Die äußere Erscheinung des Hauses wird durch die angebrachte Dämmschicht verändert, was auch Anpassungen an Fenstern, Dachüberständen und Grundstücksgrenzen nach sich ziehen kann. Bei kleineren Fenstern kann die Verdickung der Außenwände zudem zu einer verminderten Lichtdurchlässigkeit führen. In vielen Fällen überwiegen die Vorteile der Außendämmung die Nachteile, insbesondere wenn es um die Vermeidung von Wärmebrücken und Feuchtigkeitsschäden geht. Ausnahmen bestehen jedoch, etwa wenn eine Fassade aus denkmalpflegerischen Gründen erhalten bleiben soll oder bei Ferienhäusern, die schnell aufgeheizt werden müssen, wo eine Innendämmung oft die bessere Wahl darstellt.

2.6.5 Fenster

Es gibt verschiedene Ausführungen von Fenstern in Wohngebäuden. Typische Ausführungen sind 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 9 zeigt den aktuellen Bestand der Verglasungen in deutschen Wohngebäuden nach [5] und verdeutlicht, dass die Zweifachverglasung mit 94 % 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.

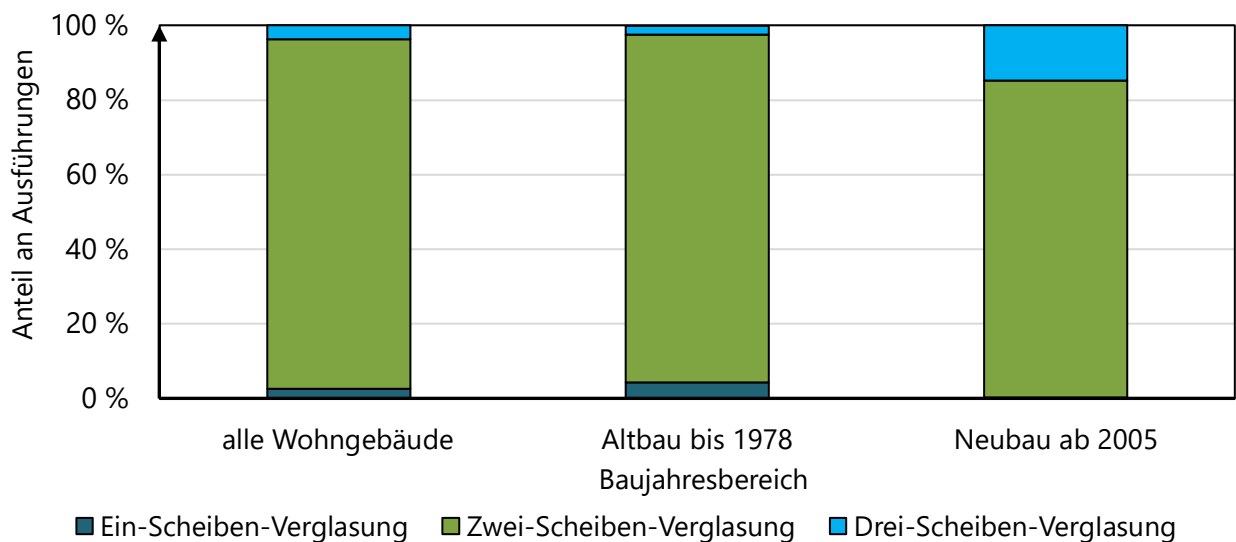


Abbildung 9: Verglasungsarten nach Fensterbaujahr in Deutschland (eigene Darstellung nach [5])

2.6.6 Historische Sanierungsraten

Unter der 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 10 ist dargestellt, wie sich die Sanierungsrate je Sanierungsmaßnahme unterscheidet [9]. 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.

Sanierungsrate in Deutschland pro Jahr

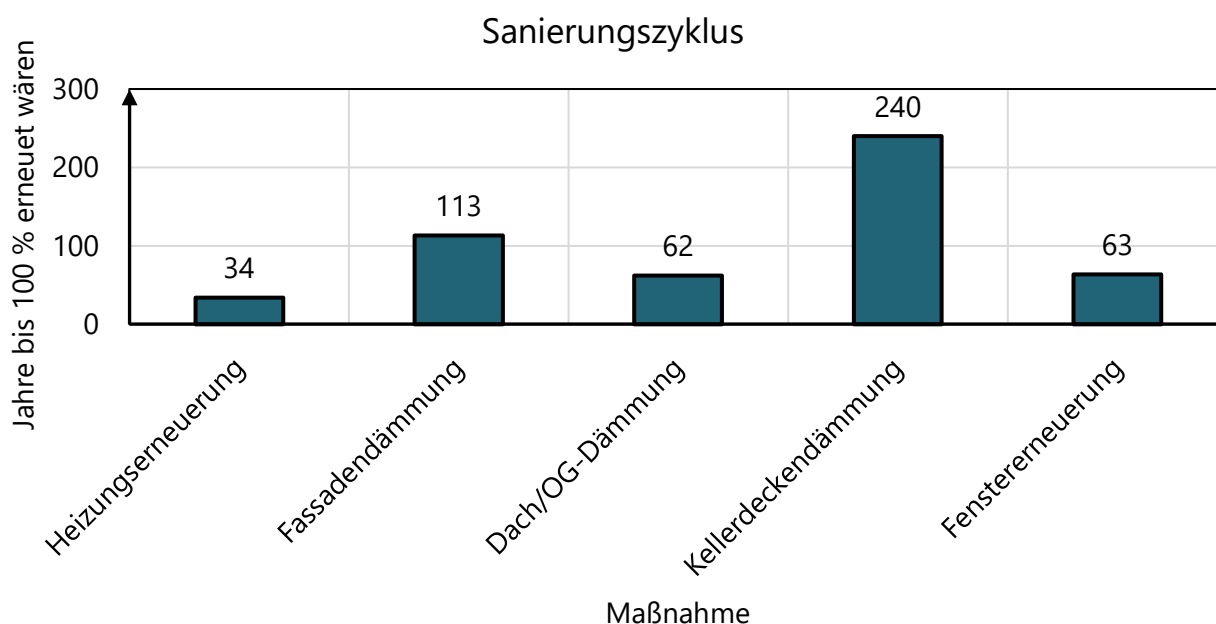
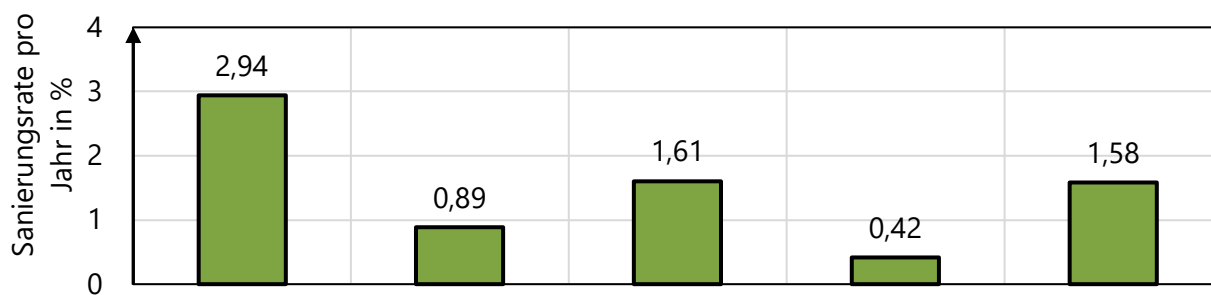


Abbildung 10: Sanierungsraten und Sanierungszyklus (eigene Darstellung nach [9])

Hingegen werden 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, häufiger durchgeführt. 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.

2.6.7 Sanierung im Status quo

Die Dämmung von Gebäudehüllen spielt eine zentrale Rolle bei der Reduktion des Wärmebedarfs. Der Zustand der Dämmung unterscheidet sich dabei je nach Baualtersklasse deutlich. Abbildung 11 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 42 %, der gedämmten Fußböden/Kellerdecken 37 % und der gedämmten Dächer 78 %.

In Altbauten mit Baujahr bis 1978 ist der Anteil deutlich niedriger: Nur 34 % der Außenwände, 23 % der Fußböden/Kellerdecken und 70 % der Dächer sind gedämmt. Die höchsten Dämmungsanteile finden sich in Neubauten ab 2010: 75 % der Außenwände, 82 % 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.

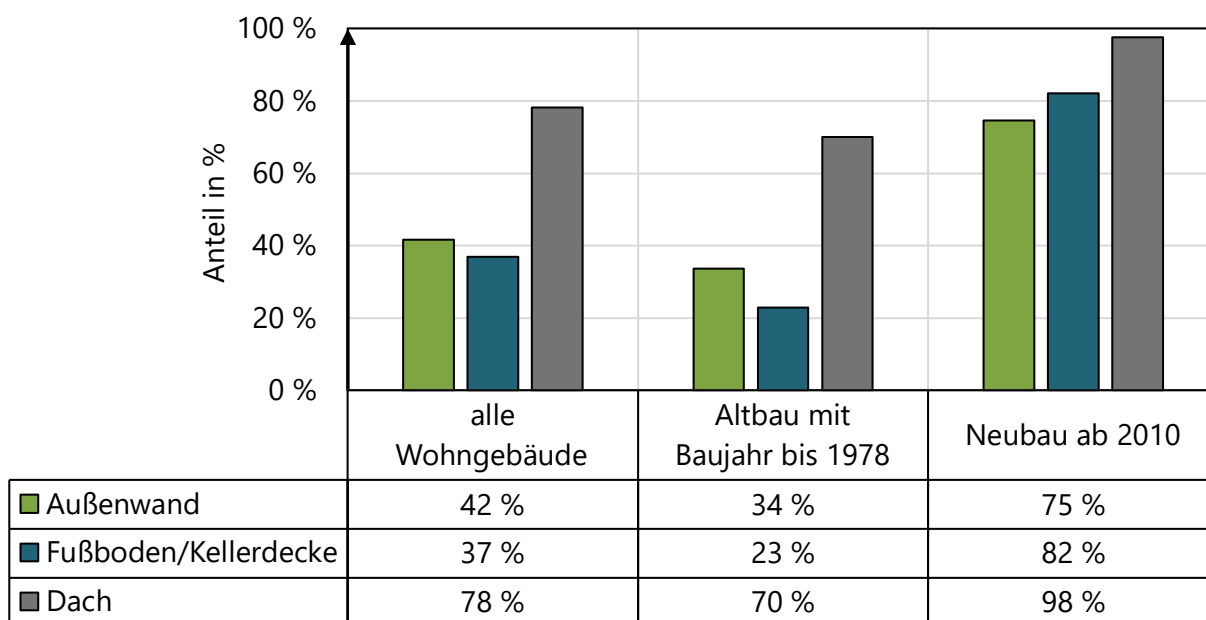


Abbildung 11: Prozentualer Anteil der gedämmten Flächen von Außenwänden, Fußböden, Kellerdecken und Dächern in verschiedenen Wohngebäudetypen, unterteilt nach Baujahren (eigene Darstellung nach [10] mit Stand 2016)

Die nachträgliche Dämmung von Bauteilflächen zeigt deutliche Unterschiede je nach Gebäudetyp und Baujahr (siehe Abbildung 12).

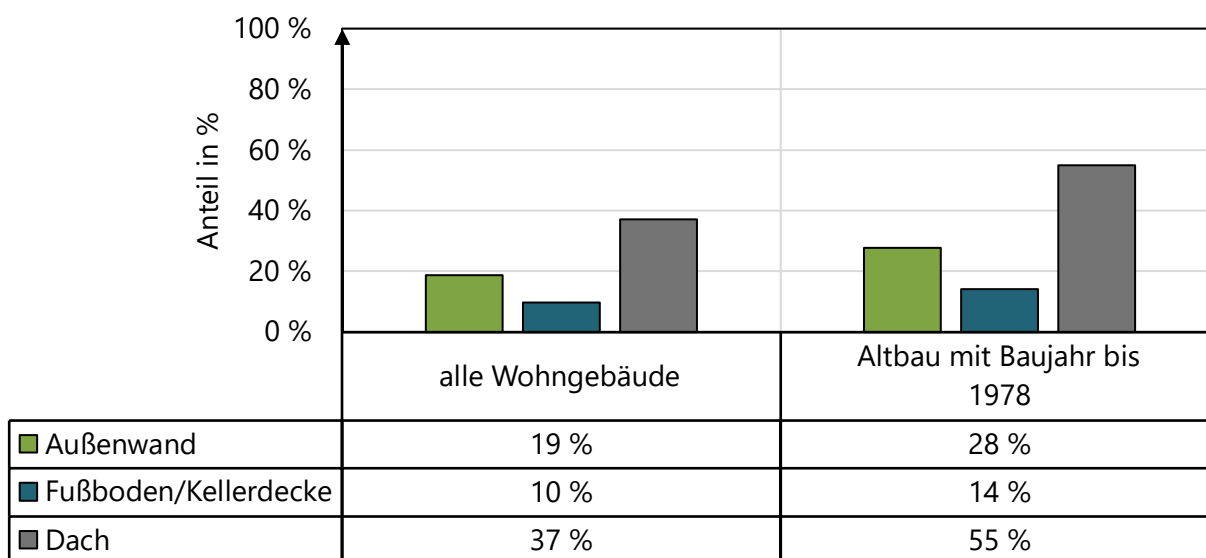


Abbildung 12: Nachträglich gedämmte Bauteilfläche von Außenwänden, Fußböden/Kellerdecken und Dächern (eigene Darstellung nach [10] mit Stand 2016)



Abbildung 12 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.

2.7 Technologien zur klimaneutralen 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. Im Folgenden werden verschiedene Technologien zur Erzeugung klimaneutraler Wärme beschrieben.

2.7.1 Wärmepumpen

2.7.1.1 Allgemeines

Eine Wärmepumpe 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 kann folgendermaßen zusammengefasst werden [11]:

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

Dieser Kreislauf setzt sich kontinuierlich fort, solange die Wärmepumpe in Betrieb ist und Wärme für das Heizsystem benötigt wird. Wärmepumpen nutzen die 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) angegeben, der das Verhältnis von abgegebener Heizleistung zur aufgenommenen elektrischen Leistung angibt. Moderne Wärmepumpen können einen COP von über 4 erreichen (abhängig von Jahreszeit und Quellmedium), was bedeutet, dass sie mehr als das Vierfache der eingesetzten elektrischen Energie als Heizenergie erzeugen können. Zusätzlich zur Heizfunktion können Wärmepumpen auch im Sommer für die Kühlung genutzt werden. Hierbei wird der Kreisprozess umgekehrt, wodurch die Wärme aus dem Innenraum abgeführt und nach außen transportiert wird. [11]



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.

2.7.1.2 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 10.000 und 25.000 Euro für ein Einfamilienhaus liegen. Sie haben auch den Vorteil, dass Luft als Wärmequelle leicht verfügbar ist. Jedoch ist die Effizienz dieser Systeme oft geringer als bei anderen Wärmepumpen. Besonders bei geringen Außentemperaturen sinkt der COP erheblich. Darüber hinaus ist in dicht bebauten Gebieten oft nur begrenzt Platz für Außengeräte von Luftwärmepumpen verfügbar. Ein weiterer Nachteil sind die potenziellen Schallemissionen, die als störend empfunden werden können. Die Lebensdauer einer Luftwärmepumpe beträgt in der Regel 15 bis 20 Jahre. [12], [13]

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.

2.7.1.3 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. [14]

Erdkollektoren werden flächig unterhalb der Frostgrenze in etwa 1,5 Metern Tiefe verlegt, weshalb sie auch als Flächenkollektoren bezeichnet werden. In dieser Tiefe wird die Erdwärme hauptsächlich durch im Erdreich gespeicherte Sonnenenergie und Regenwasser bereitgestellt. Die Fläche über den Kollektoren sollte daher nicht überbaut oder versiegelt werden, und tiefwurzelnde Pflanzen sollten dort nicht gepflanzt werden. Einmal verlegt, sind die Kollektoren an der Oberfläche nicht mehr sichtbar. [14]

Ein Quadratmeter an Bodenfläche kann etwa 25 Watt Wärme liefern (Spanne: 10 bis 40 W/m²). Bei Annahme einer Jahresarbeitszahl (JAZ; Verhältnis der erzeugten Wärmemenge zur verbrauchten elektrischen Energie über ein gesamtes Jahr) von 4 wird für eine Heizleistung von 10 Kilowatt etwa 300 Quadratmeter an Kollektorfläche benötigt. Der Platzbedarf kann reduziert werden, wenn die Rohre als Körbe oder übereinander geschichtete Grabenkollektoren verlegt werden.

2.7.1.4 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind platzsparend, da sie im Vergleich zu Kollektoren vertikal und nicht horizontal in den Boden eingebracht werden. Die Sonden werden in der Regel bis in eine Tiefe von 100m gebohrt. Erdwärmesonden heizen besonders effizient, da sie auf das hohe Temperaturniveau der



Wärmequelle zugreifen. Ab einer Tiefe von etwa 10 Metern liegt die Temperatur ganzjährig bei etwa 10 °C. [15]

Obwohl Erdwärmesonden hohe Kosten für Bohrarbeiten verursachen, bieten sie einen höheren Wirkungsgrad und damit niedrigere laufende Stromkosten im Vergleich zu Flachkollektoren. Die Kosten für die Wärmepumpe betragen bei einem Einfamilienhaus etwa 9.000 bis 11.000 Euro. Zusätzlich fallen noch Kosten für die Bohrung an, welches insbesondere bei Gebäuden mit geringem absoluten Wärmebedarf einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben. Laut [12] erreichen Erdwärmepumpen eine durchschnittliche Jahresarbeitszahl von 3,1 bis 4,6 je nach Sanierungszustand des Gebäudes. 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.

2.7.1.5 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.

2.7.1.6 Grundwasser

Eine Grundwasser-Wärmepumpe (auch als Wasser-Wasser-Wärmepumpe bezeichnet) bietet einen mindestens ebenso hohen Wirkungsgrad wie eine Erdwärmepumpe, da Grundwasser auch im Winter Temperaturen von 8 bis 10 °C aufweist. Grundwasser-Wärmepumpen können eine Jahresarbeitszahl von über 5 erreichen, was sie besonders wirtschaftlich macht. [12]



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 Investitionskosten liegen typischerweise zwischen 20.000 € und 40.000 €, können jedoch je nach lokaler Gegebenheit stark variieren. [16]

2.7.1.7 See- und Flusswasserwärme

Die Nutzung von See- und Flusswasserwärme zur Energiegewinnung ist eine Form der Nutzung von Umweltwärme, die auf Oberflächengewässer als Wärmequelle zurückgreift. Dabei wird die relativ konstante Temperatur des Wassers genutzt, um Gebäude zu heizen oder zu kühlen. Die Technologie funktioniert durch einen Wärmeübertrager im Gewässer, der vom Wasser durchlaufen wird und dessen Wärmeenergie auf ein integriertes Kältemittel übertragen wird. Das erwärmte Kältemittel wird dann zur Wärmepumpe transportiert, die die Wärme durch Verdichtung und Kondensation auf ein höheres Temperaturniveau bringt. 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.

2.7.2 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.

Feste Biomasse 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 Wärmeversorgung.

2.7.3 Solare Energiequellen

Die Nutzung solarer Energie spielt eine entscheidende Rolle in der Energie- und Wärmewende, da sie eine nachhaltige, erneuerbare und wirtschaftliche Energiequelle darstellt. Photovoltaik (PV) und Solarthermie bieten Potenzial für eine breitere Anwendung. Herausforderungen sind die intermittierende Verfügbarkeit, Flächenbedarf für solare Anlagen (insb. als Freiflächenanlagen) und Effizienz in

kälteren Klimazonen. Aufgrund der Volatilität von Solarenergie sind Speichermöglichkeiten und Netzingregation 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.

2.7.3.1 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.

2.7.3.2 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 Solarthermieranlagen.

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.

2.7.3.3 Solarthermie-Freiflächenanlage

Solarthermie-Freiflächenanlagen nutzen große offene Flächen zur direkten Gewinnung von Solarenergie. 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



konkurrenzfähig. Solarthermie-Freiflächenanlagen sind eine nachhaltige Lösung zur Wärmeerzeugung, die zur Reduktion von CO₂-Emissionen und zur Energiewende beitragen können.

2.7.3.4 PV-Freiflächenanlage

Photovoltaik-Freiflächenanlagen nutzen große offene Flächen zur direkten Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie. 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. 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.

2.7.4 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 Abwassersysteme. Die Abwasserwärmenutzung ist eine effiziente und nachhaltige Nutzung erneuerbarer Wärmequellen für eine verbesserte Energieeffizienz.

2.7.5 Biogas

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

Das Biogas wird nach der Fermentation aufbereitet, um Verunreinigungen wie Wasserstoffsulfid und Feuchtigkeit zu entfernen. Anschließend kann es zur Erzeugung von Wärme und Strom verwendet werden. Dies geschieht entweder durch die Verbrennung des Biogases in Blockheizkraftwerken (BHKW), die gleichzeitig Strom und Wärme produzieren, oder durch seine Nutzung in Gasturbinen oder Brennstoffzellen zur ausschließlichen Stromerzeugung.



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 technologischen Innovationen in der Biogastechnologie sind entscheidend, um die Effizienz zu steigern und die Wirtschaftlichkeit dieser nachhaltigen Energiequelle zu verbessern.

2.7.6 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. Grundsätzlich können die Herausforderungen bei der Integration von Industrieabwärme sehr von lokalen Gegebenheiten abhängen.

2.7.7 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.

2.7.8 Hybridsysteme

Eine Hybridheizung kombiniert verschiedene Heiztechnologien, um die Vorteile der jeweiligen Systeme zu nutzen. 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 für diese 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 13 veranschaulicht, wie die Wärmeanforderungen im Jahresverlauf variieren und wie ein Hybridheizsystem diese Anforderungen durch die Kombination von Gas- und Wärmepumpentechnologie effizient abdecken kann.

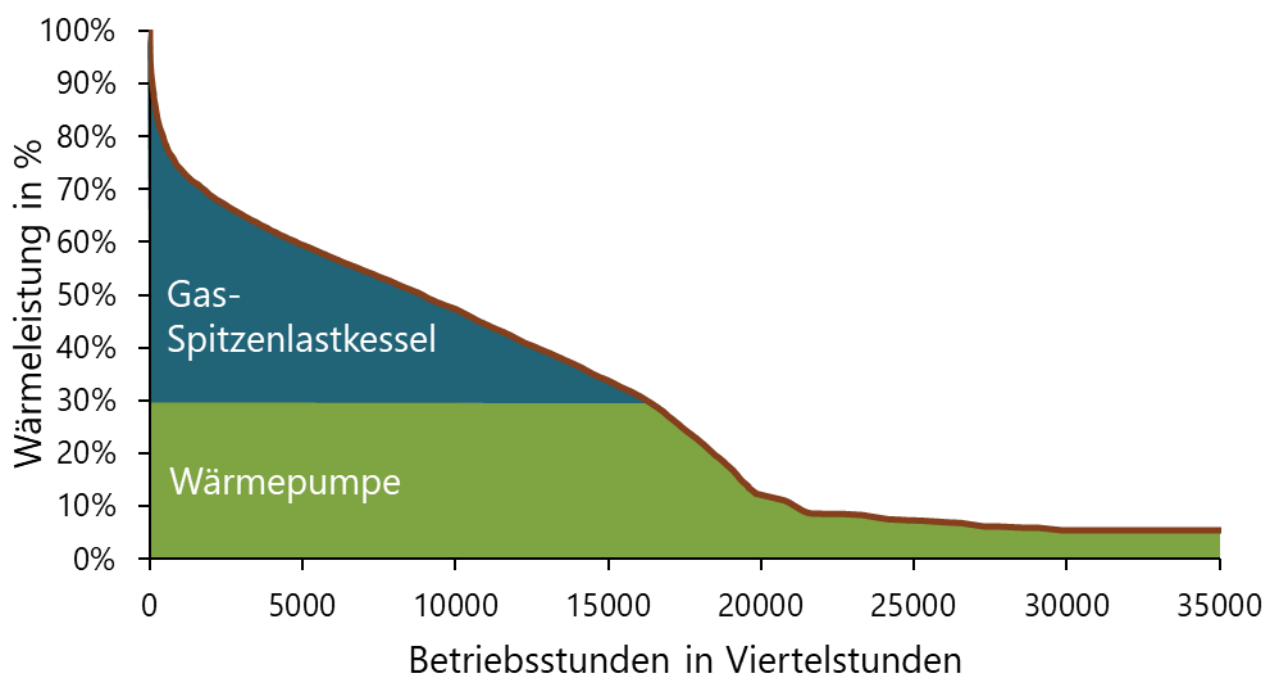


Abbildung 13: Typische Wärme-Jahresdauerlinie von Haushalten für ein Hybridsystem [6]



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 ein Gasnetz, wenn kein Wärmenetz vorhanden ist, oft schneller und einfacher nutzbar ist.

2.7.9 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. Wasserstoff ist vielseitig einsetzbar, von der Verbrennung in Heizkesseln bis zur Nutzung in Brennstoffzellen für Wärme und Strom. [17]

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. Die Integration in die bestehende Erdgasnetzinfrastruktur wird begrenzt durch Materialeigenschaften und Korrosionsprobleme, die teilweise Austauschmaßnahmen zur Folge haben, um die Erdgasnetzstrukturen für Wasserstoff nutzbar zu machen. [17]

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. Gleichzeitig gibt es andere Verbrauchssektoren, insbesondere Verkehr und Industrie, welche einen hohen Wasserstoffbedarf haben. Deshalb liegt Fokus im Wärmesektor häufig auf andere Technologien. [17]

2.8 Wärmenetze

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, Solarthermieranlagen 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.

Je nach zu versorgendem Gebäudebestand (Neu- oder Altbau) sowie dem Temperaturniveau der Wärmequellen können die Temperaturniveaus der Wärmenetzinfrastruktur verschiedenen ausgestaltet werden. 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.

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

Die Bestandsanalyse bildet die wesentliche Grundlage für die Entwicklung und Optimierung von Wärmeversorgungssystemen in der kommunalen Wärmeplanung (gemäß § 15 WPG). Im Rahmen der Bestandsanalyse findet eine Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs und der daraus resultierenden Treibhausgasemissionen statt. Gleichzeitig werden Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen und den Baualtersklassen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie Ermittlung der Beheizungsstruktur der Wohn- und Nichtwohngebäude ausgewertet. Auf Basis dieser umfassenden Analyse dieser Faktoren können gezielt Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und Reduzierung der CO₂-Emissionen entwickelt werden.

3.1 Datengrundlage

Für die Erstellung der Bestandsanalyse ist eine umfassende Datensammlung und -aufbereitung notwendig. In Tabelle 4 sind die Datenquellen aufgeführt, die zur fundierten Erfassung der aktuellen Wärmestruktur herangezogen wurden. Diese umfassen beispielsweise Informationen zur Versorgungsinfrastruktur, zum Gebäudebestand und zum Wärmebedarf.

Tabelle 4: Datengrundlage für die Bestandsanalyse

Bezeichnung	Inhalte	Quelle
ALKIS	Flurstücke (mit Flächennutzung)	[18]
Westnetz GmbH	Verbrauchs- und Infrastrukturdaten zu Gas- und Stromnetz	-
INSPIRE Baudenkmäler	Baudenkmäler	[19]
Kehrdaten der Schornsteinfeger	Dezentrale Heizungstechnologien (Verbrennungstechnologien)	-
Wärmebedarfsmodell (LANUK)	Statistische Daten zu Wärmebedarf, Sanierungsstand, Gebäudenutzung und Ähnlichem	[20]
Zensus 2022	Informationen zu Heizungstechnologien und Baujahresklassen	[21]

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 werden. Diese Teilgebiete können im Rahmen einer Vorprüfung identifiziert werden. Um für das gesamte Gemeindegebiet von Neunkirchen eine belastbare Aussage über die heutige und zukünftige Wärmeversorgung treffen zu können, wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung für alle Teilgebiete eine vollständige Wärmeplanung durchgeführt.

3.3 Gebäudebestand und Netzinfrastrukturen

3.3.1 Flächennutzung

Die Gemeinde Neunkirchen befindet sich im südlichen Teil von Westfalen und des Siegerlandes, im sogenannten „Dreiländereck“, und gehört verwaltungstechnisch zum Kreis Siegen-Wittgenstein. Mit einer Gesamtbevölkerung von etwa 13.000 Einwohnerinnen und Einwohnern untergliedert sich

Neunkirchen in sechs Ortsteile: Neunkirchen, Salchendorf, Zeppenfeld, Struthütten, Altenseelbach und Wiederstein. In Abbildung 14 ist die Flächennutzung der Gemeinde Neunkirchen dargestellt.

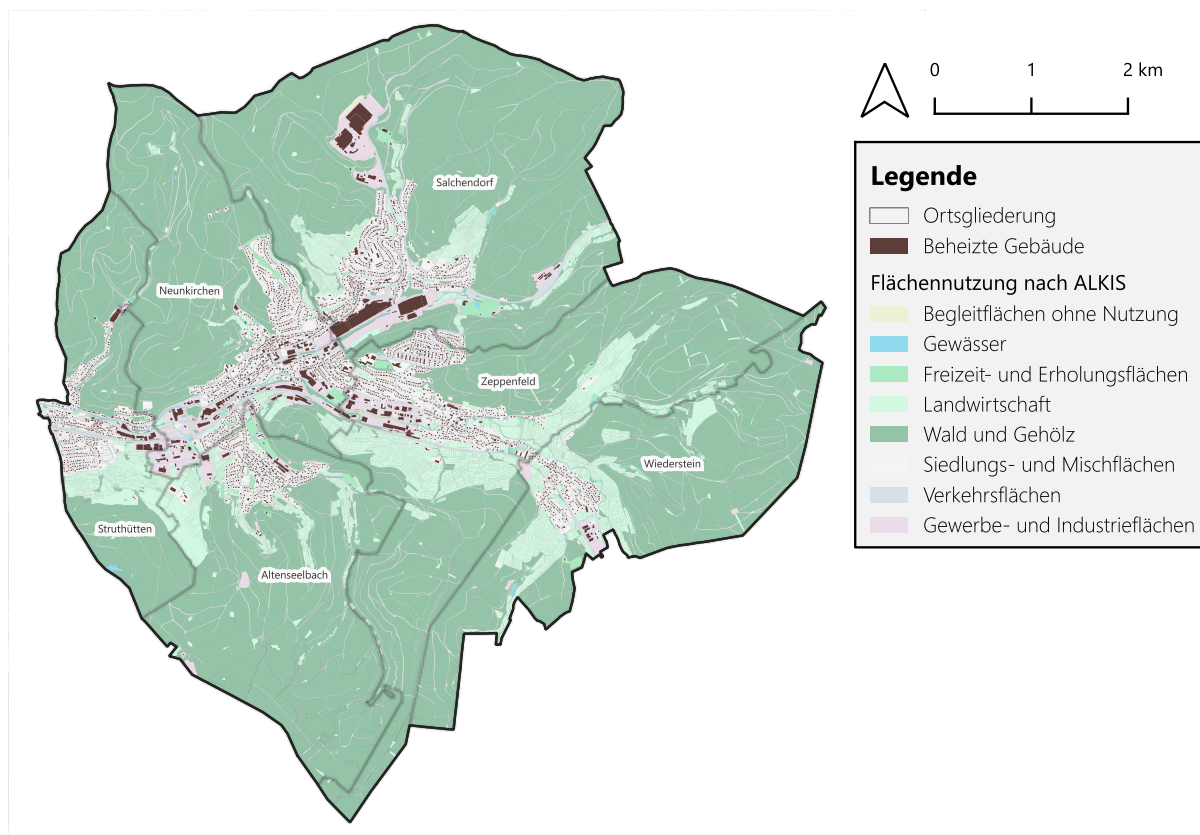


Abbildung 14: Flächennutzung der Gemeinde Neunkirchen [18]

Die Gemeinde liegt inmitten einer reizvollen Mittelgebirgslandschaft und wird von der Heller durchflossen, einem linken Nebenfluss der Sieg. Die Bebauung konzentriert sich vor allem in den Ortskernen und verläuft wie ein durchgehender Streifen von Struthütten im Westen, über Altenseelbach, Neunkirchen, Zeppenfeld und Salchendorf bis nach Wiederstein im Osten. In jedem Ortsteil sind die Gebäude vor allem im Zentrum angeordnet, sodass ein zusammenhängender „Bebauungsgürtel“ entsteht. Außerhalb dieser zentralen Siedlungsbereiche dominieren großflächig Wald- und Gehölzflächen (dunkelgrün) sowie landwirtschaftliche Flächen (hellgrün). Besonders auffällig ist, dass mehr als zwei Drittel des Gemeindegebiets aus nicht bebauten Waldgebieten besteht, wodurch die bewohnten Flächen vergleichsweise kompakt erscheinen. Größere rosa markierte Flächen innerhalb der Siedlungsstruktur, zumeist auch durch große Gebäude erkennbar, weisen auf Gewerbe- und Industriegebiete hin, die vor allem in Neunkirchen und in Zeppenfeld sowie in Teilen von Salchendorf liegen.

3.3.2 Baublöcke als Aggregationsebene

Die kommunale Wärmeplanung verfolgt nicht das Ziel, konkrete Heizungstechnologien auf Gebäudeebene zu empfehlen, sondern soll der Kommune als Planungsgrundlage dienen. Um eine sinnvolle Auswertungsgröße vorliegen zu haben und Datenschutzerfordernissen zu gewährleisten, wird gemäß WPG für die kartographische Auswertung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Aggregationsebene „Baublock“ verwendet. Ein Baublock ist eine Gruppe von mindestens fünf Gebäuden, welche von sämtlichen Seiten von Straßen, Schienen oder sonstigen natürlichen oder baulichen

Grenzen eingeschlossen ist. Für das Gemeindegebiet von Neunkirchen ergeben sich nach dieser Definition 261 Baublöcke, die im Rahmen der Wärmeplanung ausgewertet werden.

3.3.3 Gebäudebestand

Die Gebäudestruktur der Gemeinde Neunkirchen wird von Einfamilienhäusern dominiert. In Abbildung 15 ist die Anzahl der Gebäude je Gebäudetyp als Säulendiagramm dargestellt. Die Gesamtheit der beheizten Gebäude in Neunkirchen beläuft sich auf 4.123. Der überwiegende Teil des Gebäudebestands entfällt mit rund 87 % auf Einfamilienhäuser. Große Mehrfamilienhäuser machen etwa 2,4 %, Mehrfamilienhäuser rund 4,2 %, Reihenhäuser etwa 1,2 % und Nichtwohngebäude ca. 5,3 % des Gesamtbestands aus.

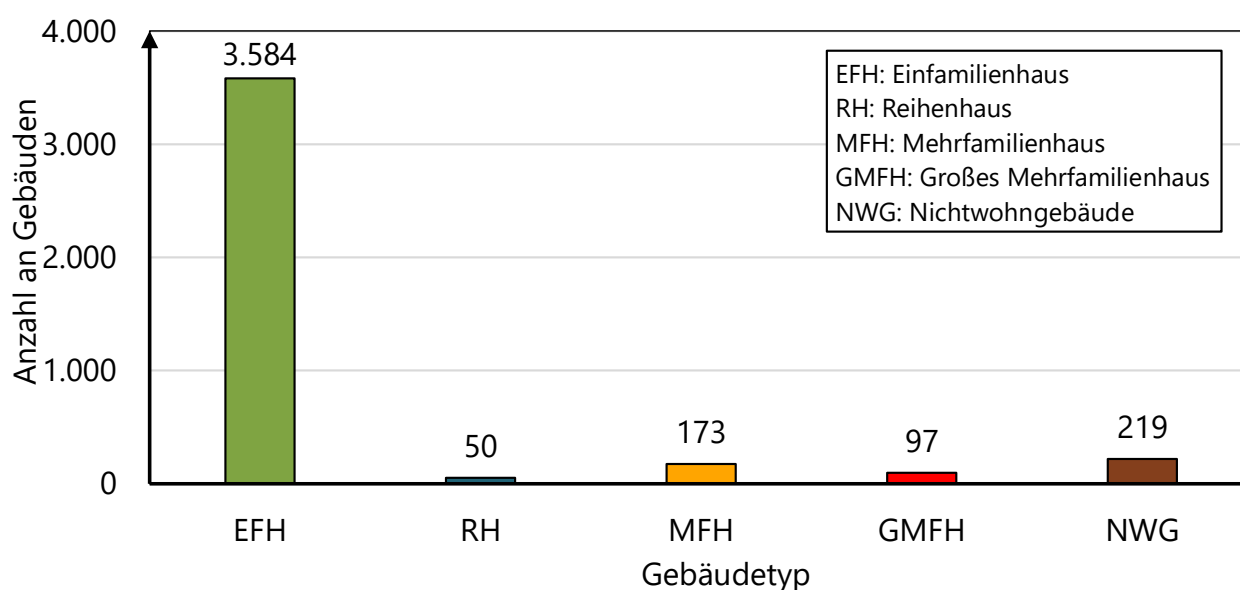


Abbildung 15: Anzahl der Gebäude je Gebäudetyp

In Abbildung 16 ist ergänzend der primäre Gebäudetyp (nach Anzahl der Gebäude) auf Baublockebene dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Großteil der Baublöcke, insbesondere im ländlichen Raum, durch Einfamilienhäuser geprägt wird. 234 der 261 Baublöcke beinhalten primär Einfamilienhäuser, was ca. 90 % aller Baublöcke entspricht. Dies unterstreicht den dominierenden Anteil an Einfamilienhäusern im Gemeindegebiet. Im Ortsteil Neunkirchen gibt es darüber hinaus einige Baublöcke, welche primär Reihenhäuser oder große Mehrfamilienhäuser aufweisen. 22 der Baublöcke im Gemeindegebiet beinhalten primär Nichtwohngebäude, die insbesondere in den verschiedenen Gewerbegebieten zu finden sind.

Neben dem Gebäudetyp ist für die Wärmeversorgung von Gebäuden das Baujahr von Relevanz, da dieses den spezifischen Wärmebedarf (je nach Sanierungsstand) stark beeinflusst. In Abbildung 17 ist die Anzahl an Gebäuden je Baujahresklasse für die Gemeinde Neunkirchen dargestellt. Wie der Auswertung zu entnehmen ist, stammt ein großer Anteil der Gebäude aus den Baujahren zwischen 1900 und 1945. Diese machen mit insgesamt 1.369 Gebäuden 33 % des Gebäudebestandes aus. Gebäude dieser Baujahresklasse zeichnen sich grundsätzlich durch einen relativ hohen spezifischen Wärmebedarf von über 125 bis 150 kWh/(m²*a) aus [22]. Ebenso gibt es in Neunkirchen viele Gebäude aus den Jahren 1946 bis 1960 (rund 16 % der Gebäude) sowie 1961 bis 1970 (ca. 11 % der

Gebäude). Diese beiden Baujahresklassen gelten im Vergleich zu anderen Klassen als energieineffizient, da die Gebäude einen spezifischen Wärmebedarf von über 150 kWh/(m²*a) erreichen können [22]. Neubauten mit einem Baujahr ab 2016 machen 0,8% des Gebäudebestands aus und stellen damit einen äußerst geringen Anteil dar. Neubauten erreichen einen spezifischen Wärmebedarf von unter 50 kWh/(m²*a) [22].

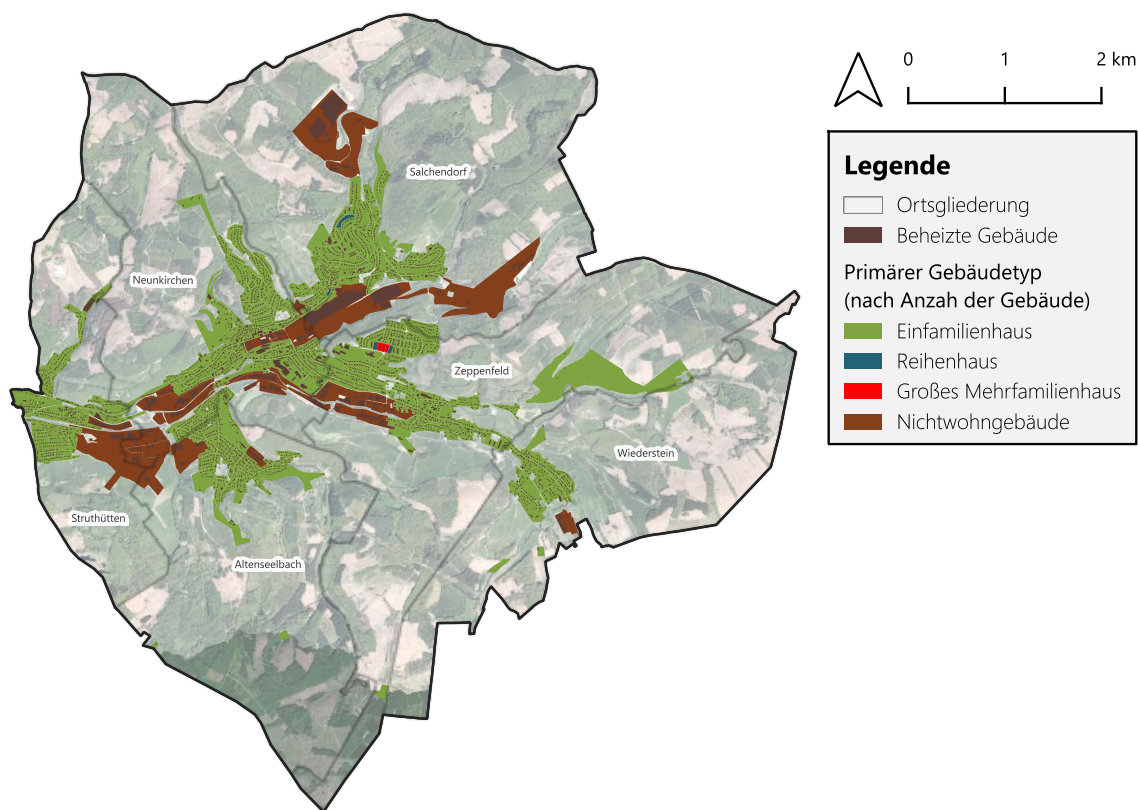


Abbildung 16: Primärer Gebäudetyp auf Baublockebene



Abbildung 17: Anzahl der Gebäude je Baujahresklasse

Die primäre Baujahrsalterklasse (nach Anzahl der Gebäude) auf Baublockebene ist in Abbildung 18 visualisiert. Anhand dieser ist zu erkennen, dass das Alter der Gebäudestruktur in Neunkirchen je nach Ortsteil variiert. Ein Großteil der ältesten Gebäude (bis 1945) konzentriert sich im Ortskern von Neunkirchen, wo zusammenhängende Flächen dieser Baualtersklasse dominieren. Auch in Struthütten und Zeppenfeld treten deutliche Cluster auf, während in den übrigen Ortsteilen nur kleinere Vorkommen zu finden sind. Insgesamt entfallen fast 45 % aller Baublöcke im Gemeindegebiet auf diese Altersklasse. Im Gegenzug machen Baublöcke mit Gebäuden aus den Jahren 1946 bis 1960 rund 13 % des Gesamtbestands aus. Diese wenigen Baublöcke befinden sich hauptsächlich in Neunkirchen und Zeppenfeld, mit weiteren zwölf Baublöcken in den vier übrigen Ortsteilen.

Gebäude aus den Baujahren 1961 bis 1980 prägen das Gemeindegebiet Neunkirchens deutlich stärker. Baublöcke, in denen diese Baujahre dominieren, machen fast 30 % des Gesamtbestands aus. Die Verteilung dieser Baublöcke konzentriert sich vor allem auf Bereiche rund um den Ortskern von Neunkirchen sowie auf die Ortsteile Salchendorf und Zeppenfeld. In geringerem Umfang finden sie sich auch in Wiederstein und Struthütten. Gebäude aus den Baujahren 1981 bis 2000 stellen mit lediglich 23 Baublöcken die zweitkleinste Baualtersklasse im Gemeindegebiet dar, wie bereits in Abbildung 17 dargestellt. Diese Baublöcke sind flächenmäßig klein, enthalten nur wenige Gebäude und verteilen sich über alle Ortsteile. Die höchste Bebauungsdichte innerhalb dieser Kategorie findet sich in Wiederstein und Zeppenfeld. Zuletzt sind die Baublöcke zu nennen, die primär Gebäude ab dem Baujahr 2001 beinhalten. Diese machen jedoch auf Baublockebene nur 3 % aus und befinden sich vor allem in größeren Ausprägungen in Neunkirchen und Salchendorf sowie in deutlich geringeren Anteilen in Altenseelbach, Zeppenfeld und Wiederstein.

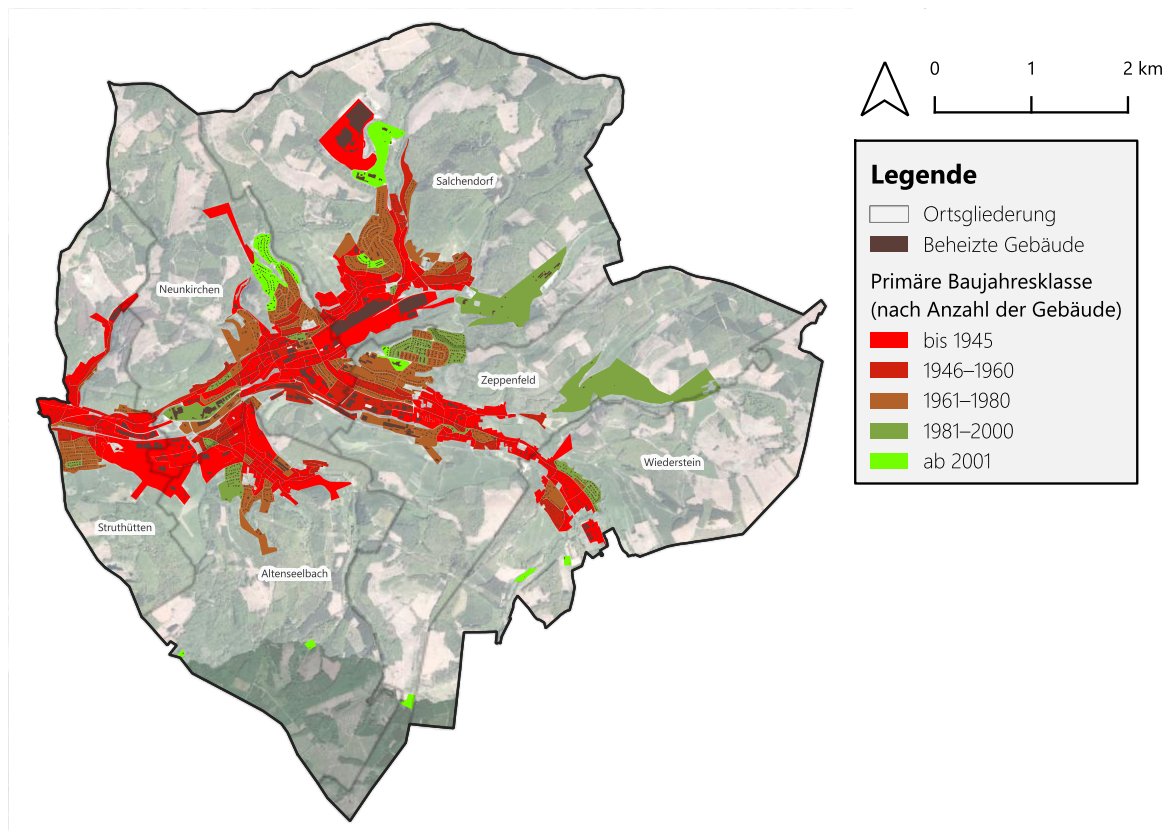


Abbildung 18: Primäre Baujahresklasse auf Baublockebene

In Abbildung 19 ist der spezifische Wärmebedarf aller Gebäude in Neunkirchen dargestellt. Rund 66 % der Gebäude liegen im Bereich zwischen 100 und 200 kWh/(a*m²). Ein Wärmebedarf von über 200 kWh/(a*m²) betrifft 20,1 % der Gebäude und weist auf ein niedriges energetisches Niveau hin. Umgekehrt gelten 14 % der Gebäude mit einem Bedarf unter 100 kWh/(a*m²) als energieeffizient. Diese Verteilung steht im Zusammenhang mit der Altersstruktur des Bestands, insbesondere bei Baujahren vor 1945 sowie zwischen 1946 und 1980.

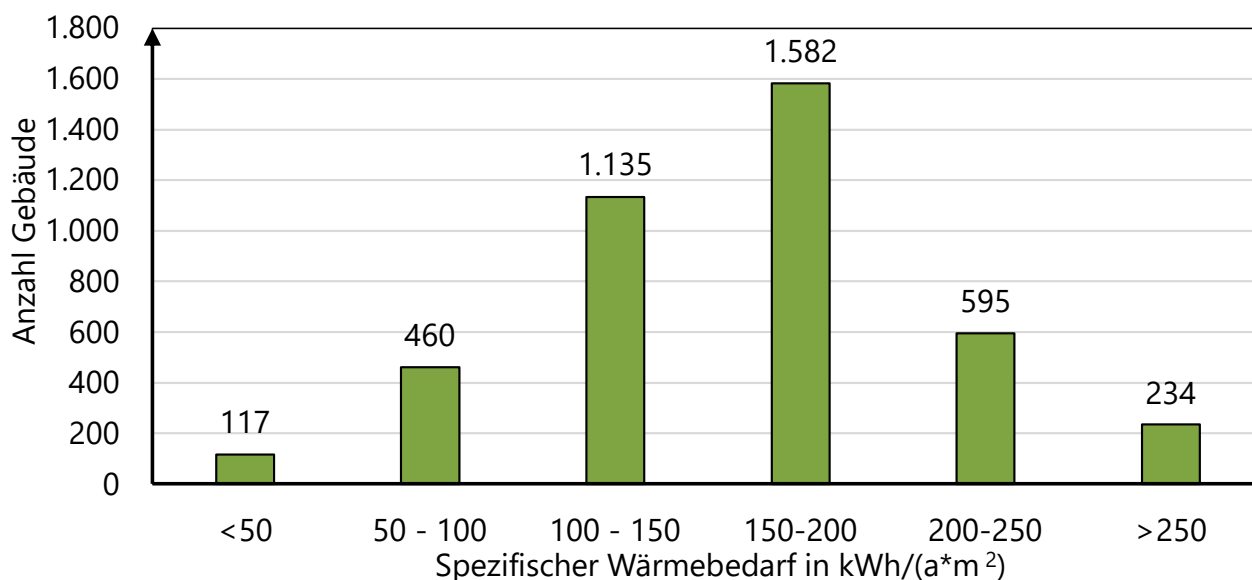


Abbildung 19: Spezifischer Wärmebedarf aller Gebäude

Aufgrund des hohen Anteils an Gebäuden, die vor 1945 errichtet wurden, spielt das Thema Denkmalschutz in Neunkirchen zumindest eine kleine Rolle. In der Gemeinde sind 27 Gebäude als Bau- denkmäler deklariert [19]. Der Großteil dieser Gebäude befindet sich im Ortskern von Neunkirchen und in Salchendorf.

3.3.4 Netzinfrastrukturen

3.3.4.1 Erdgasnetz

Die Wärmeversorgung über das öffentliche Erdgasnetz, betrieben durch die Westnetz GmbH, spielt in Neunkirchen eine zentrale Rolle. Abbildung 20 zeigt auf Baublockebene die Lage des Erdgasnetzes. Es wird deutlich, dass nahezu das gesamte bebaute Gemeindegebiet an das Gasnetz angeschlossen ist. Ausgenommen hiervon sind lediglich sechs Baublöcke, die in verschiedenen Ortsteilen am Rande der Bebauung oder in den ländlichen Gebieten liegen. Insgesamt bestehen in Neunkirchen 2.237 Netzanschlüsse, was rund 54 % der insgesamt 4.123 Gebäude im Gemeindegebiet entspricht. Die Inbetriebnahme der ersten Leitungen erfolgte im Jahr 1954. Auf die gesamte Gemeinde bezogen liegt die Trassenlänge des Netzes bei 116 km.

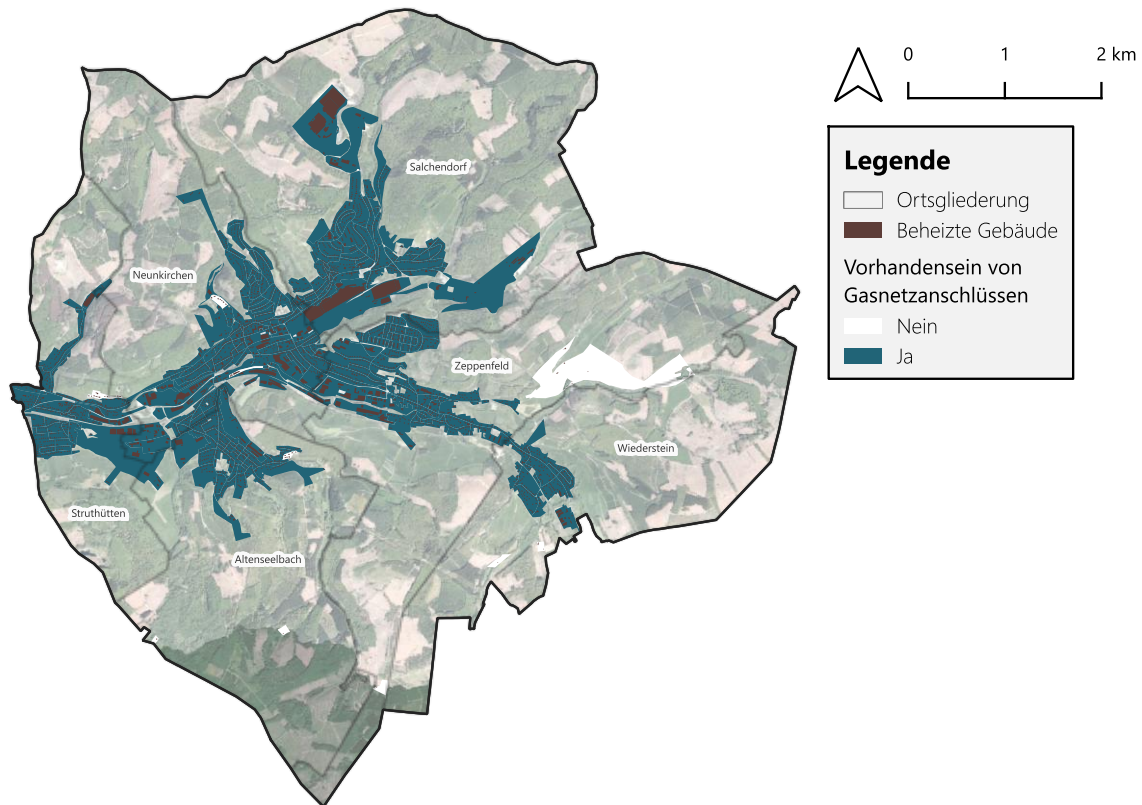


Abbildung 20: Lage des Erdgasnetzes auf Baublockebene

3.3.4.2 Wärmenetze

In der Gemeinde Neunkirchen werden keine Wärmenetze betrieben.

3.3.4.3 Wasserstoffnetze

In der Gemeinde Neunkirchen werden keine Wasserstoffnetze betrieben.

3.3.4.4 Wärme- und Gasspeicher

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

3.3.4.5 Anlagen für Wasserstoff oder synthetische Gase

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

3.3.4.6 Abwasser

Im Gemeindegebiet von Neunkirchen befindet sich keine eigene Kläranlage. Der Themenkomplex Abwasser wird im Kontext der Potenzialanalyse detailliert beschrieben und ausgewertet.

3.4 Wärmebedarf nach Energieträgern und Sektoren

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

- Erdgas (Versorgung über das öffentliche Erdgasnetz)

- Heizöl
- Wärmenetz (liegt im Bestand in Neunkirchen nicht vor)
- Strom (Wärmepumpen und Direktheizungen)
- Wasserstoff (liegt im Bestand in Neunkirchen nicht vor)
- Biomasse (holzbasierte und weitere feste, flüssige und gasförmige Energieträger aus Biomasse)
- Sonstige Brennstoffe (insbesondere Kohle und Flüssiggas)

Der jährliche Gesamtwärmebedarf für die Gemeinde Neunkirchen liegt bei 241,4 GWh (siehe Abbildung 21). Davon entfallen 153,1 GWh auf den Energieträger Erdgas, welcher 63 % des Gesamtwärmebedarfs und damit den größten Teil aller Energieträger ausmacht. Heizöl ist der zweitwichtigste Energieträger mit 68,6 GWh (28 % des Gesamtwärmebedarfs). Biomasse sowie Strom und Umweltwärme stellen mit 6 % bzw. 2 % aktuell nur einen geringen Anteil dar. Sonstige Brennstoffe machen nur 0,1 % des Wärmebedarfs in Neunkirchen aus.

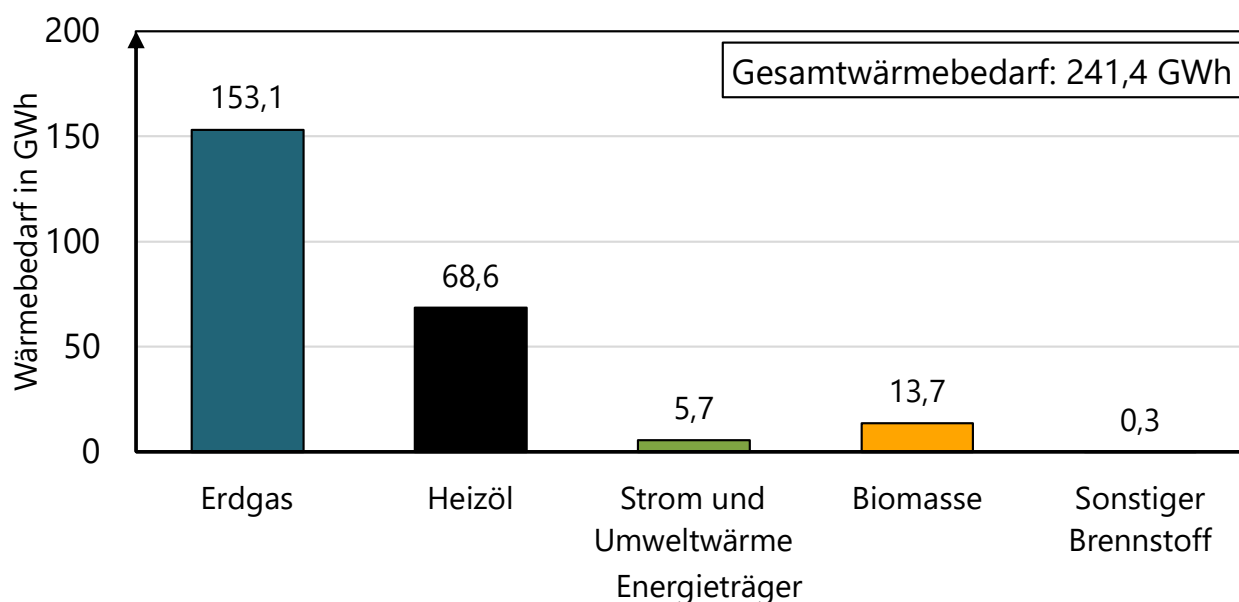


Abbildung 21: Jährlicher Wärmebedarf (alle Sektoren) in GWh

Mit 126,6 GWh (siehe Abbildung 22) macht der Haushaltssektor (Wohngebäude) 52 % des jährlichen Wärmebedarfs aus. Damit ist er bezogen auf den Wärmebedarf der wichtigste Sektor im Vergleich zu den Sektoren Gewerbe-Handel-Dienstleistung (GHD), Industrie und öffentliche Gebäude. Die Verteilung des Wärmebedarfs auf die einzelnen Energieträger weicht hierbei im Vergleich zum Gesamtwärmebedarf von Neunkirchen ab. 46 % des Wärmebedarfs werden über Erdgas gedeckt, sodass dieser Anteil ein Stück geringer ist im Vergleich zur sektorübergreifenden Betrachtung. Alle anderen Energieträger haben im Gegenzug einen erhöhten Anteil. Hier sind insbesondere Heizöl (41 %) und Biomasse (9 %) zu nennen.

Wie Abbildung 23 zu entnehmen ist, entfallen 6,9 GWh (etwa 3 % des jährlichen Gesamtwärmebedarfs) auf den öffentlichen Sektor, was ihn zum sektorübergreifend kleinsten Verbraucher macht. Diesem Sektor werden kommunale Gebäude und Einrichtungen der öffentlichen Versorgung zugeordnet. Im Vergleich zum Gesamtwärmebedarf sowie dem Haushaltssektor ist der Anteil von Erdgas im kommunalen Sektor mit 77 % weiterhin dominant. Heizöl deckt rund 9 % des Wärmebedarfs ab,

während Biomasse mit 14 % einen deutlich größeren Anteil einnimmt. Strombasierte Lösungen sind mit weniger als 1 % vertreten. Sonstige Brennstoffe spielen im kommunalen Sektor in Neunkirchen keine Rolle.

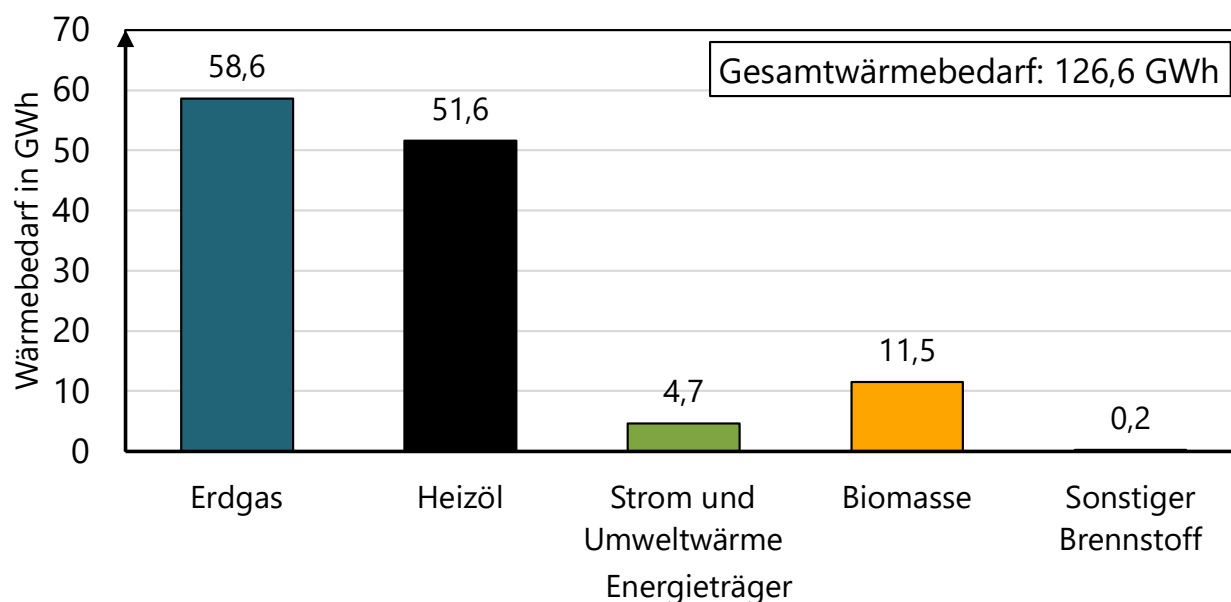


Abbildung 22: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Haushalte) in GWh

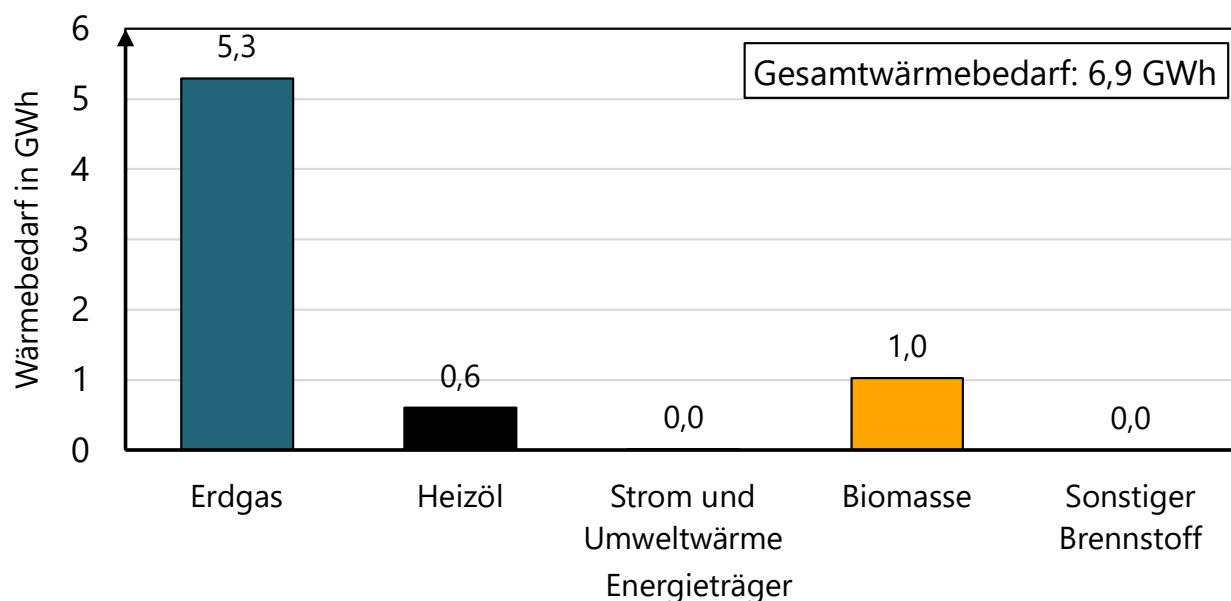


Abbildung 23: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor öffentliche Gebäude) in GWh

Der jährliche Wärmebedarf für den GHD-Sektor aufgeteilt auf die Energieträger ist in Abbildung 24 dargestellt. Mit 77,7 GWh macht dieser etwa 32 % des Gesamtwärmebedarfs aus und liegt damit deutlich über dem öffentlichen Sektor. Die Energieträgerverteilung ist ähnlich zum Haushaltssektor: Rund 83 % der Wärme wird über Erdgas bereitgestellt, während Heizöl mit 15 % den zweitgrößten Anteil stellt. Strom sowie Biomasse liegen jeweils bei etwa 1 %, während sonstige Brennstoffe keine Rolle spielen.

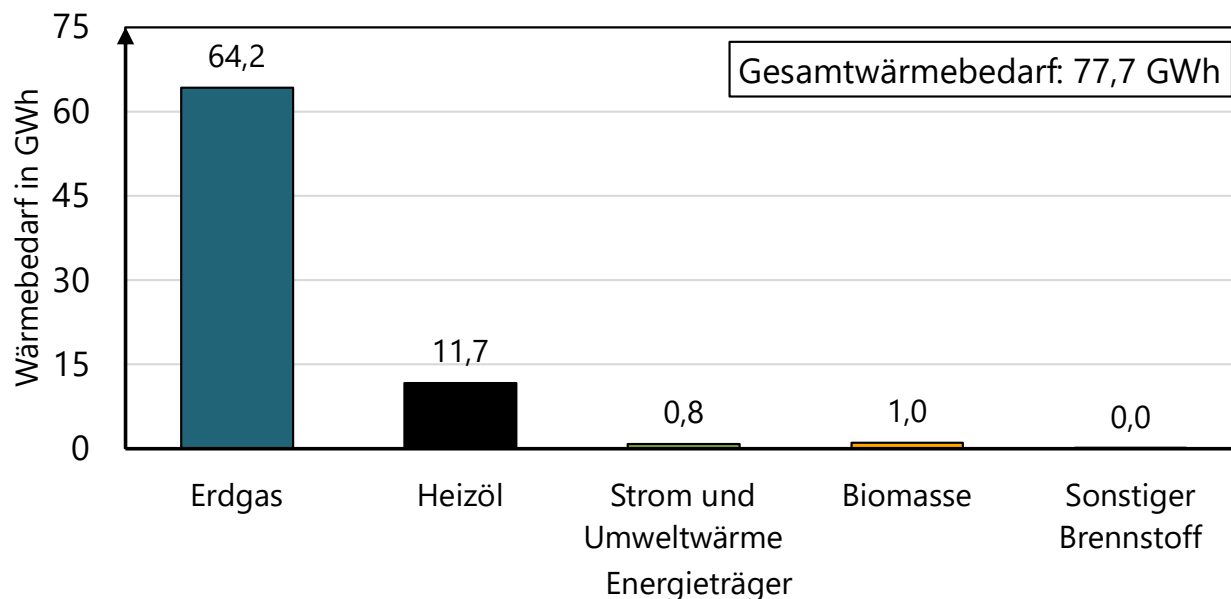


Abbildung 24: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor GHD) in GWh

Zuletzt ist der Industriesektor zu betrachten, welcher in Abbildung 25 visualisiert ist. Dieser Sektor weist einen jährlichen Wärmebedarf von 30,2 GWh auf, was etwa 13 % des Gesamtwärmebedarfs in Neunkirchen entspricht. Erdgas stellt mit rund 83 % den mit Abstand wichtigsten Energieträger dar. Heizöl trägt etwa 16 % zur Wärmeversorgung bei. Strom und Biomasse spielen mit jeweils unter 1 % eine untergeordnete Rolle. Sonstige Brennstoffe kommen im Industriesektor nicht zum Einsatz.

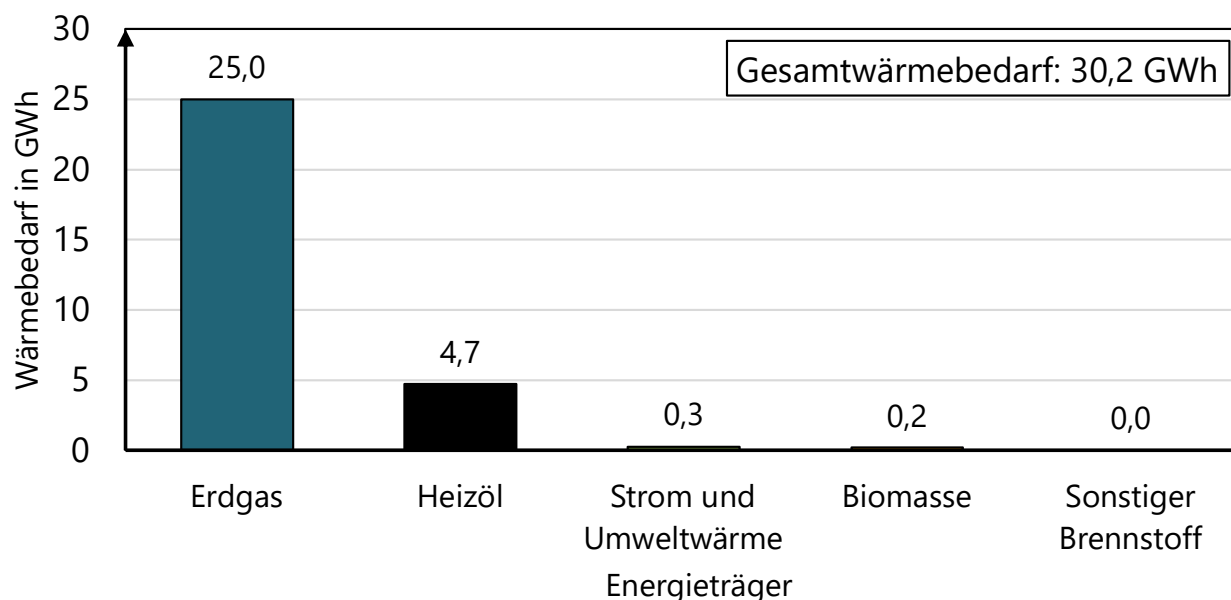


Abbildung 25: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Industrie) in GWh

Wie im Kontext von Abbildung 21 beschrieben, ist Prozesswärme in den Eingangsdaten nur erfasst, wenn dieser Prozesswärmebedarf über Erdgas gedeckt wird und somit in den realen Verbrauchsdaten enthalten ist. Dadurch ist eine präzise Abschätzung erschwert. Jedoch ist aus Abbildung 25 zu entnehmen, dass der Großteil der Industriebetriebe über Erdgas versorgt wird und somit vermutet werden kann, dass der Großteil der Betriebe ebenso Erdgas in der Prozesswärme einsetzt. Das

bedeutet wiederum, dass der Großteil der Prozesswärme über die Verbrauchsdaten miterfasst werden konnte. In [23] wird der Prozesswärmebedarf von Neunkirchen mit 67 GWh pro Jahr angegeben. Da im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung der Gesamtbedarf des Industrie-Sektors auf 30,2 GWh beziffert wurde, ist anzunehmen, dass diese Angabe zu hoch ist und dementsprechend ein deutlich geringerer Prozesswärmebedarf vorliegt.

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

Der Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene ist in Abbildung 26 dargestellt. In 27 % aller Baublöcke deckt Erdgas mehr als 60 % des Wärmebedarfs. Diese Baublöcke befinden sich überwiegend in den Ortsteilen Neunkirchen, Salchendorf und Zeppenfeld; kleinere Anteile sind auch in Wiederstein und Struthütten zu finden. Etwa 9 % der Baublöcke liegen im Bereich von 0 % bis 20 % Erdgasanteil. Diese verteilen sich auf sehr kleine Baublöcke, die über das gesamte Gemeindegebiet verstreut sind. Rund 63 % der Baublöcke weisen einen Erdgasanteil zwischen 20 % und 60 % auf. Diese Kategorie ist flächenmäßig am stärksten vertreten und erstreckt sich über große Teile der Gemeinde, ausgenommen weite Bereiche der Gewerbe- und Industrieflächen in Salchendorf, Neunkirchen und Zeppenfeld.

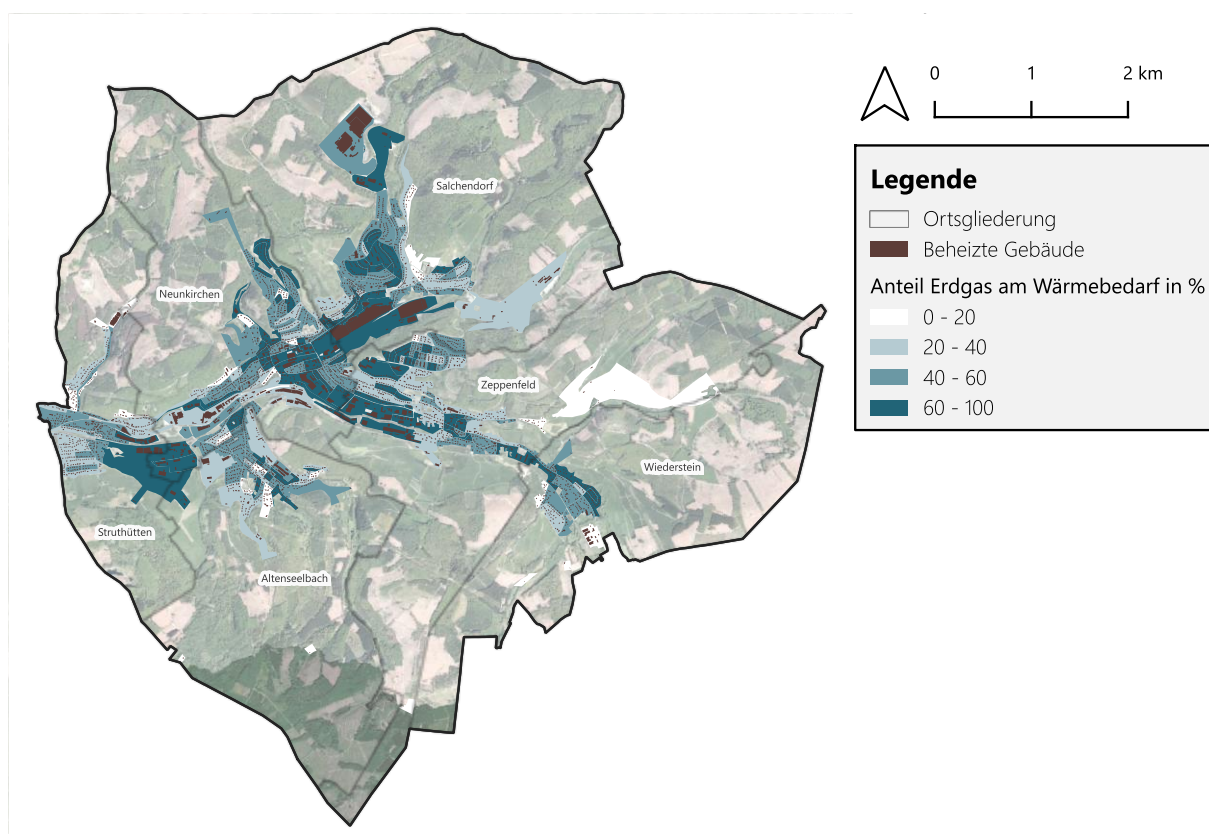


Abbildung 26: Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene

Der Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene ist in Abbildung 27 dargestellt. Es ist erkennbar, dass dort, wo das Erdgasnetz keine oder nur eine geringe Rolle spielt, der Anteil von Heizöl am Wärmebedarf sehr hoch ist. Etwa 13 % der Baublöcke weisen einen Heizölanteil von über 60 % auf. Diese befinden sich in allen Teilen der Gemeinde, meist in kleineren Baublöcken. Der Großteil, rund 69 % aller Baublöcke, liegt im Bereich der Kategorien 20 % bis 40 % und 40 % bis 60 %

Heizölanteil. Dies betrifft überwiegend die dicht besiedelten Ortsteile. Knapp 17 % der Baublöcke haben einen Heizölanteil von unter 20 % und liegen überwiegend in Bereichen, in denen der Erdgasanteil sehr hoch ist.

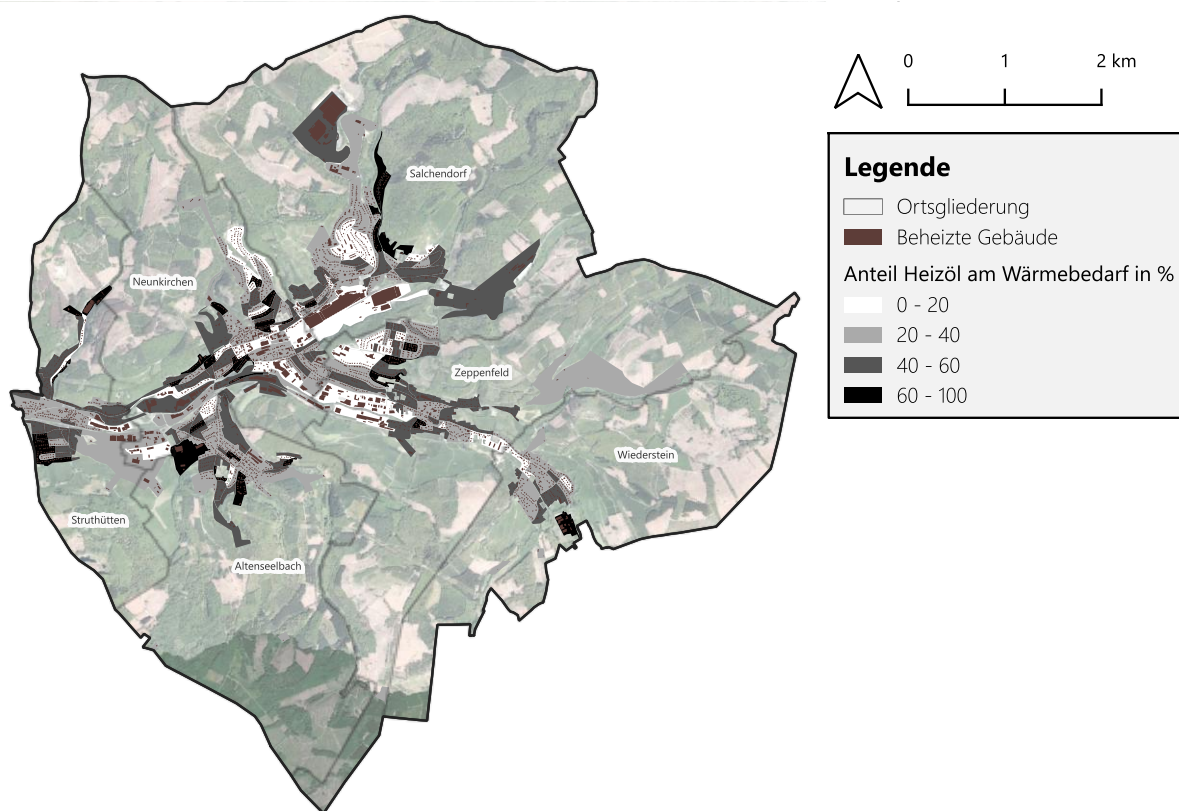


Abbildung 27: Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene

In der Wärmeversorgung von Neunkirchen spielen Strom und Umweltwärme nur eine untergeordnete Rolle, wie in Abbildung 28 dargestellt. Ihr Anteil beträgt 5,7 GWh beziehungsweise 2 % des gesamten Wärmebedarfs. Bei der Trinkwarmwassererzeugung ist der Anteil jedoch höher, da diese Energieträger in 9 % der Gebäude genutzt werden. Lediglich in acht Baublöcken (3 %) liegt der Anteil zwischen 20 % und 40 %. Drei dieser Baublöcke befinden sich nahe dem Ortskern in Zeppenfeld. Die übrigen liegen in kleineren Baublöcken in Neunkirchen, Altenseelbach und Salchendorf. Der überwiegende Teil, nämlich 97 % aller Baublöcke, weist einen Anteil zwischen 0 % und 20 % auf. Baublöcke mit einem Anteil von mehr als 40 % sind nicht vorhanden.

Mit 13,7 GWh (entspricht rund 6 % des Gesamtwärmebedarfs) weist Biomasse einen etwas höheren Anteil als Strom und Umweltwärme auf, bewegt sich jedoch in einer ähnlichen Größenordnung. Hierbei ist jedoch gemäß Abbildung 32 zu erkennen, dass die Anzahl von Gebäuden, welche mit Biomasse als Energieträger zur Raumwärmebereitstellung versorgt werden, nur bei 5 % liegt. Dafür ist allerdings die Anzahl an Einzelraumheizungen in Neunkirchen sehr hoch, was sich in 47 % der Gebäude in Form von Einzelraumheizungen mit Biomasse als Energieträger (Kamine) niederschlägt, welche wiederum einen Teil der Raumwärmebereitstellung übernehmen. In Abbildung 29 ist der Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene dargestellt.

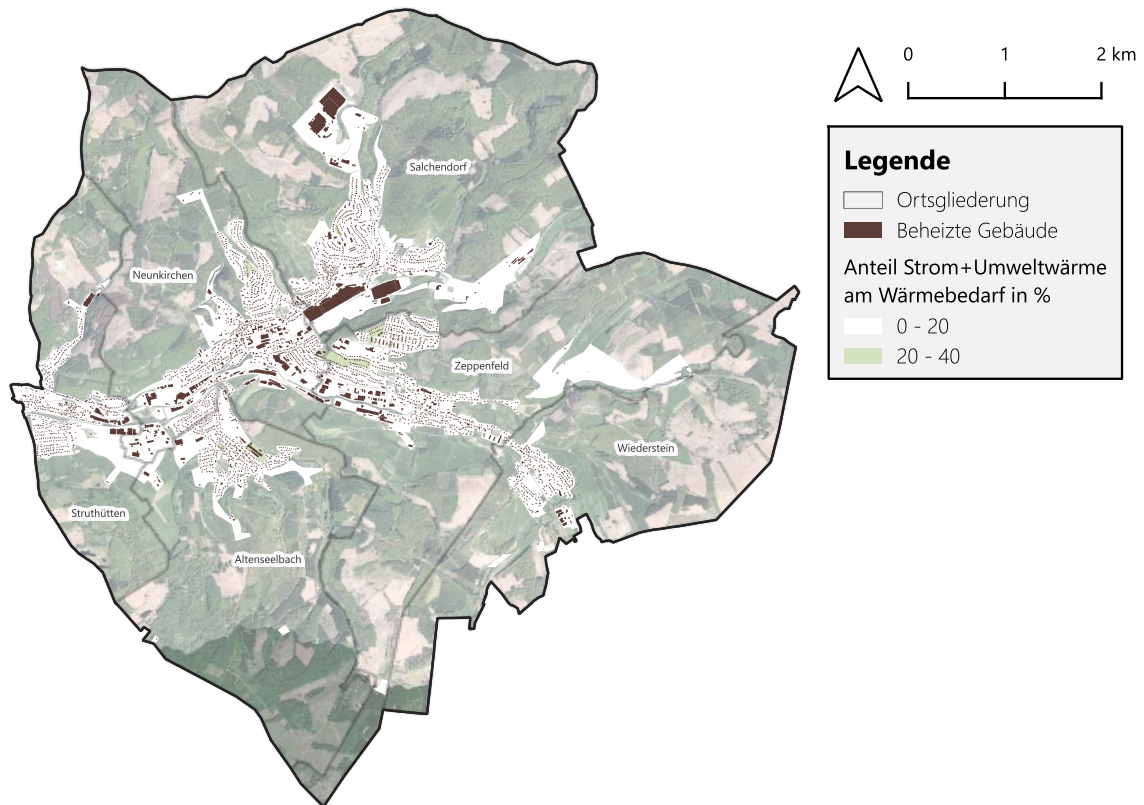


Abbildung 28: Anteil von Strom und Umweltwärme am Wärmebedarf auf Baublockebene

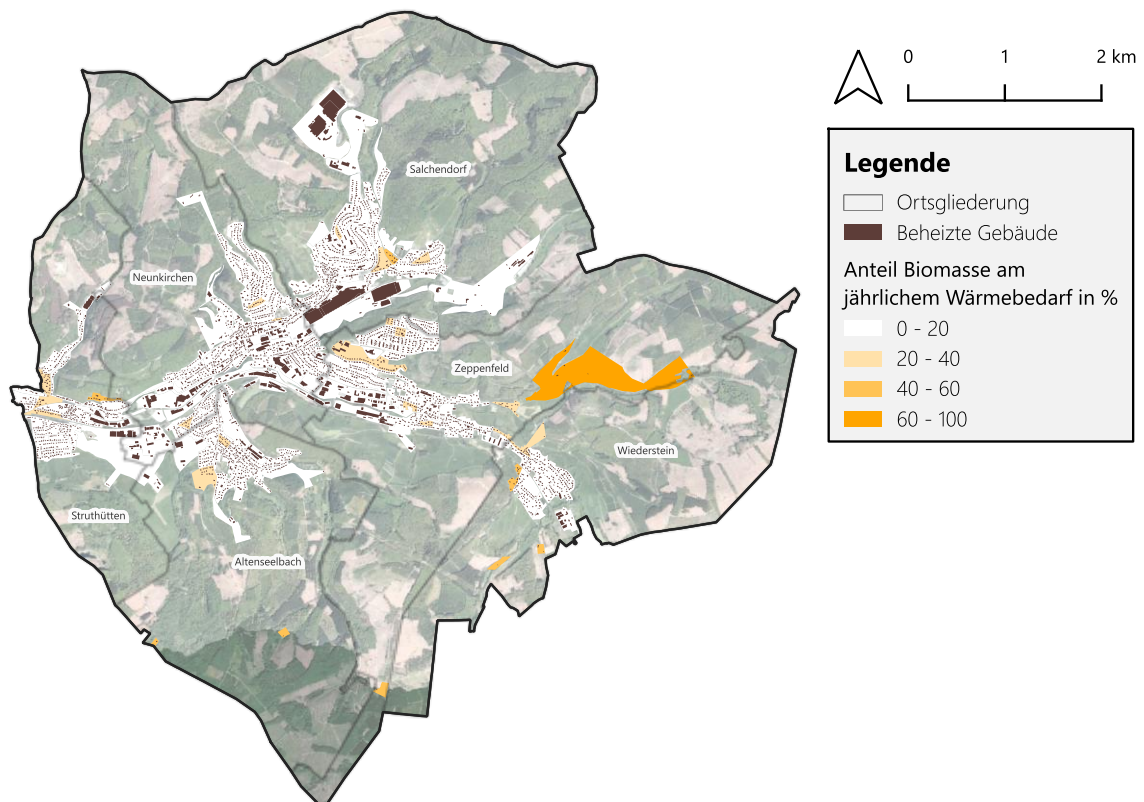


Abbildung 29: Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene

Da 91 % der Baublöcke einen Biomasse-Anteil zwischen 0 % und 20 % aufweisen und diese über die Siedlungsbereiche aller Ortsteile verteilt sind, zeigt sich insgesamt eine verhältnismäßig homogene Verteilung im Gemeindegebiet. Ein Anteil zwischen 20 % und 40 % wird in 7 % der Baublöcke erreicht, verteilt auf kleine Baublöcke in allen Ortsteilen. Vier Baublöcke fallen in die Kategorie 40 % bis 60 % Biomasse-Anteil. Diese befinden sich größtenteils in den ländlichen Gebieten der Gemeinde. In die höchste Kategorie von 60 % bis 100 % fällt nur ein Baublock, gelegen in einem ländlichen Bereich abseits des Siedlungsgebiets von Zeppenfeld.

In Bezug auf die Energieträger der Kategorie „Sonstiger Brennstoff“ sind in Neunkirchen nahezu ausschließlich Flüssiggas-Heizungen von Bedeutung. Die Auswertungen in Abbildung 30 zeigen, dass diese lediglich 0,3 GWh des lokalen Wärmebedarfs ausmachen und in nur neun von insgesamt 4.123 Gebäuden vorhanden sind (siehe Abbildung 32). Der gesamte Siedlungsbereich fällt in die Kategorie mit einem Anteil zwischen 0 % und 20 %. In 97 % der Baublöcke liegt der Anteil bei 0 %. Maximal wird ein Anteil von 15 % erreicht.

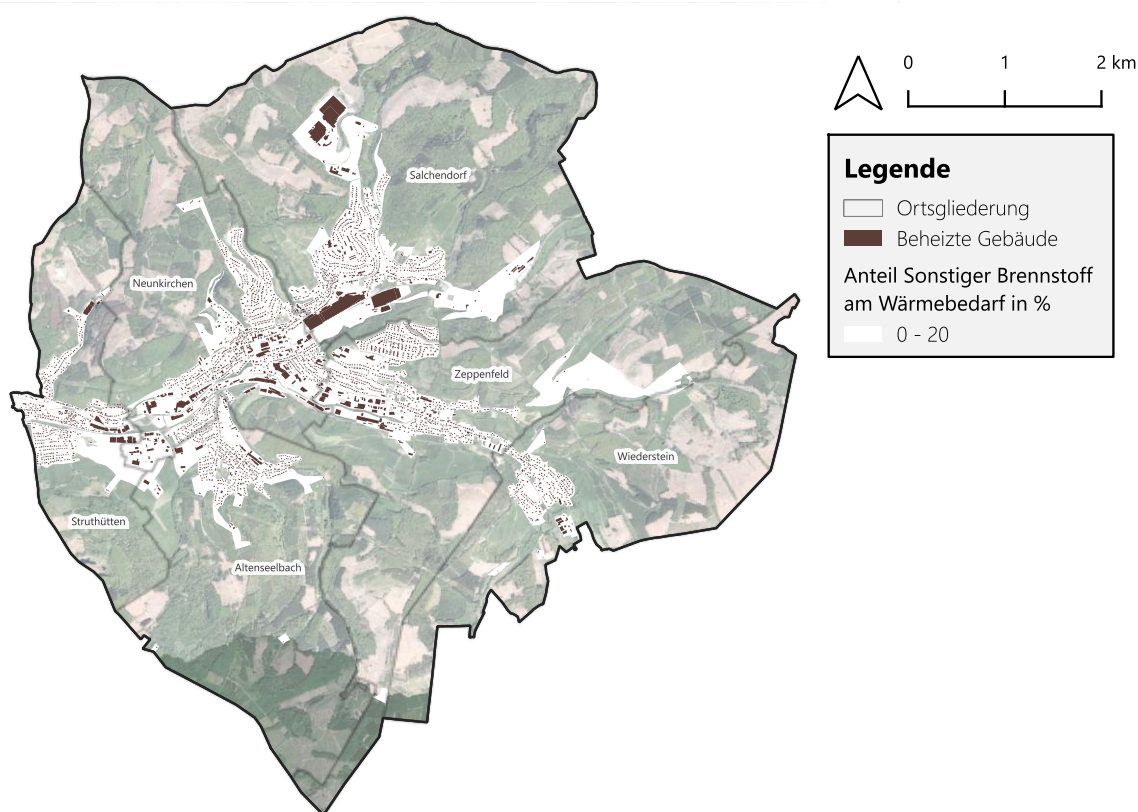


Abbildung 30: Anteil von sonstigen Brennstoffen am Wärmebedarf auf Baublockebene

Abbildung 31 zeigt auf Baublockebene den jeweils primären Energieträger, das heißt den Energieträger mit dem größten Anteil am Wärmebedarf. Etwa 56 % aller Baublöcke, vor allem in den dicht besiedelten Bereichen, werden vorrangig mit Erdgas versorgt. Heizöl ist in rund 41 % der Baublöcke der primäre Energieträger. Biomasse tritt in fünf Baublöcken als primärer Energieträger auf. Dazu gehören insbesondere ländlich gelegene Baublöcke in Altenseelbach, Zeppenfeld und Wiederstein. Strom und Umweltwärme sind lediglich in einem Baublock in Salchendorf vertreten. Sonstige Brennstoffe kommen in keinem Baublock als primärer Energieträger vor.

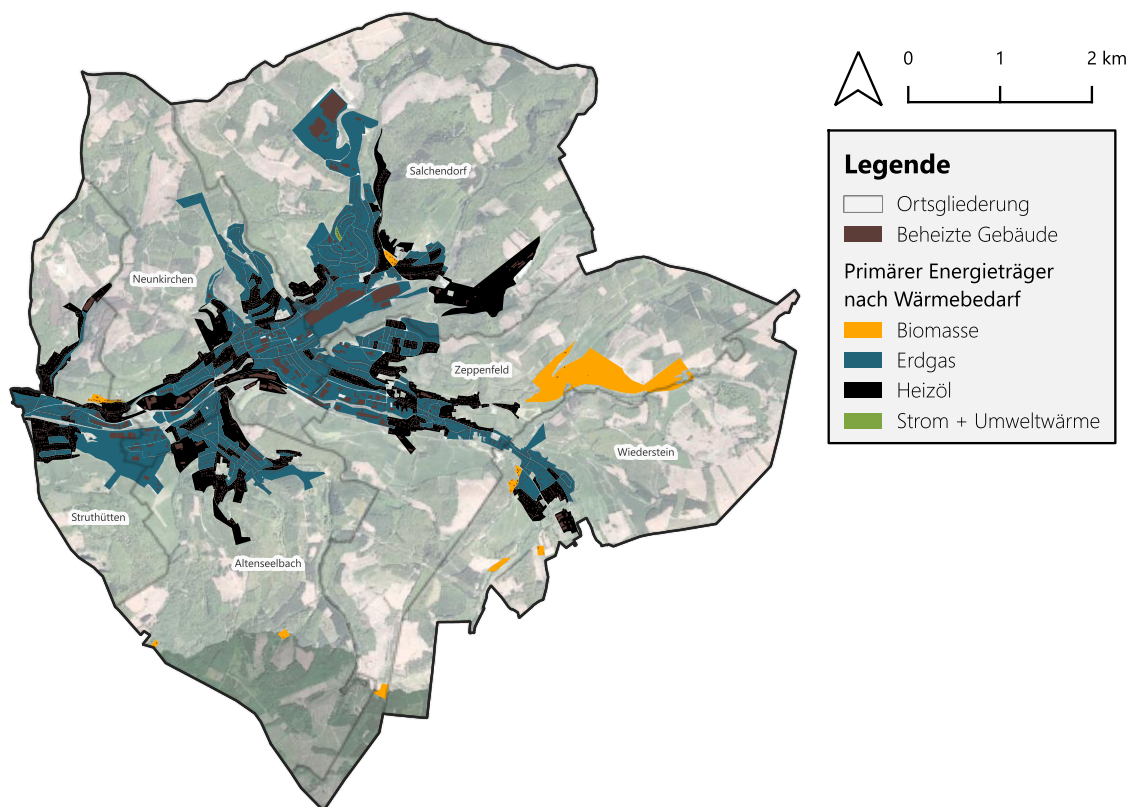


Abbildung 31: Primärer Energieträger (bezogen auf Wärmebedarf) auf Baublockebene

3.5 Anzahl versorgter Gebäude

Aufbauend auf den Auswertungen zum Anteil der Energieträger am Wärmebedarf (siehe Abschnitt 3.4) wird in diesem Abschnitt die Anzahl versorgter 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 32 ist die Anzahl der Gebäude nach Energieträger für die Gemeinde Neunkirchen dargestellt. Von den insgesamt 4.123 beheizten Gebäuden werden rund 54,4 % über Erdgas versorgt, während etwa 36,5 % ihre Raumwärme über Heizöl beziehen. Strombasierte Heizungen machen mit 156 Gebäuden 3,8 % aus, darunter 70 Wärmepumpen und 86 Stromdirektheizungen. Biomasse wird in 209 Gebäuden genutzt, was 5,1 % entspricht, und sonstige Brennstoffe entfallen lediglich auf neun Gebäude.

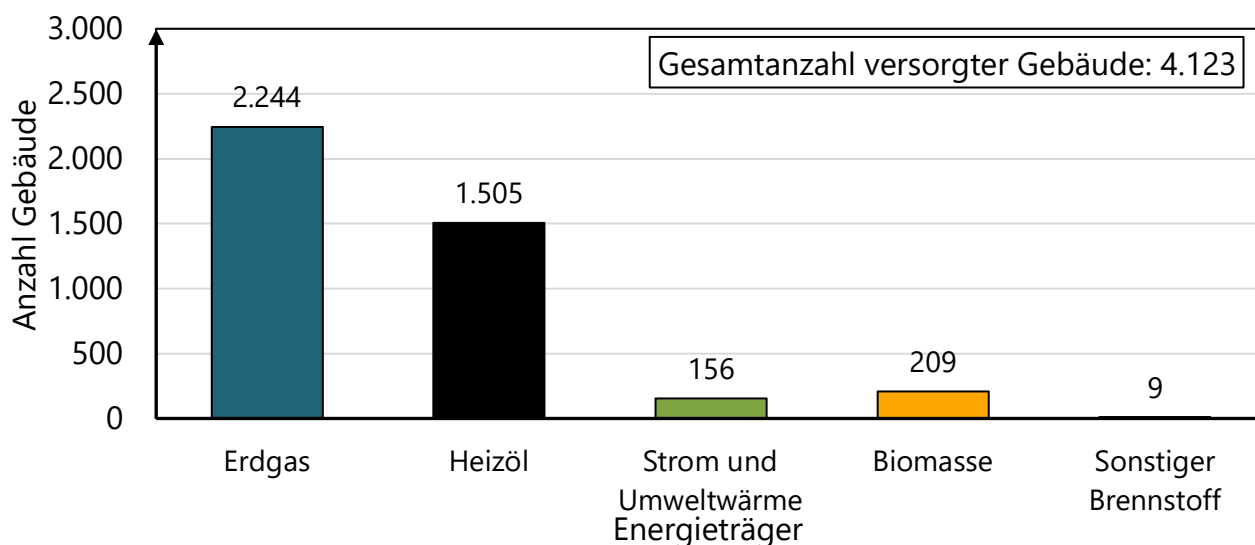


Abbildung 32: Anzahl versorgter Gebäude nach Energieträger

Die absolute Anzahl an Gebäuden mit Erdgas zur Raumwärmebereitstellung ist in Abbildung 33 dargestellt. Wie in den Abbildung 20, Abbildung 26 und Abbildung 31 erkennbar, entfallen rund 70 % aller Baublöcke auf die Kategorie mit bis zu zehn erdgasversorgten Gebäuden. Diese decken fast alle Bereiche der Ortsteile mit überwiegend Wohnbebauung und kleineren Gewerbeflächen ab, ausgenommen die zuvor beschriebenen Biomassegebiete. Etwa 21 % der Baublöcke umfassen elf bis zwanzig Gebäude und liegen in größeren Gewerbeflächen und Wohngebieten in allen Ortsteilen. Mehr als zwanzig erdgasbeheizte Gebäude finden sich vor allem am Rand der Siedlungsbereiche der jeweiligen Ortsteile. Nur sechs Baublöcke besitzen keinerlei Erdgasheizungen.

Die Anzahl an Gebäuden, die Heizöl zur Raumwärmebereitstellung nutzen, ist in Abbildung 34 dargestellt. Rund 95 % aller Baublöcke verfügen über mindestens eine Ölheizung, während nur ein kleiner Anteil von 5 % vollständig ohne Heizölversorgung auskommt. Der überwiegende Teil, etwa 82 %, gehört zur Kategorie mit einem bis zehn Ölheizungen und verteilt sich über nahezu alle Ortsteile in überwiegend bebauten Bereichen. Etwa 12 % der Baublöcke liegen im Bereich von elf bis zwanzig Ölheizungen, darunter ein zusammenhängender Abschnitt vom südlichen Ende Neunkirchens über Zeppenfeld bis nach Wiederstein. Die größte Kategorie mit mehr als zwanzig Ölheizungen ist mit rund 1 % sehr selten und konzentriert sich auf die nördlichsten und südlichsten Bereiche von Struthütten sowie auf das Gebiet südlich der Schäfer Werke in Salchendorf.

Die Verteilung der strombasierten Heizungen auf die Baublöcke ist in Abbildung 35 dargestellt und zeigt ein gleichmäßig verbreitetes Muster innerhalb der Siedlungsbereiche. Etwa 62 % aller Baublöcke verfügen über keine strombasierte Heizung. Die übrigen rund 38 % gehören vollständig zur Kategorie mit ein bis zehn strombeheizten Gebäuden. Diese deckt nahezu alle Siedlungsbereiche in sämtlichen Ortsteilen ab, während in den verbleibenden Bereichen innerhalb der Siedlungsbereiche keine strombasierten Heizungen vorhanden sind. Baublöcke mit mehr als zehn strombeheizten Gebäuden existieren nicht.

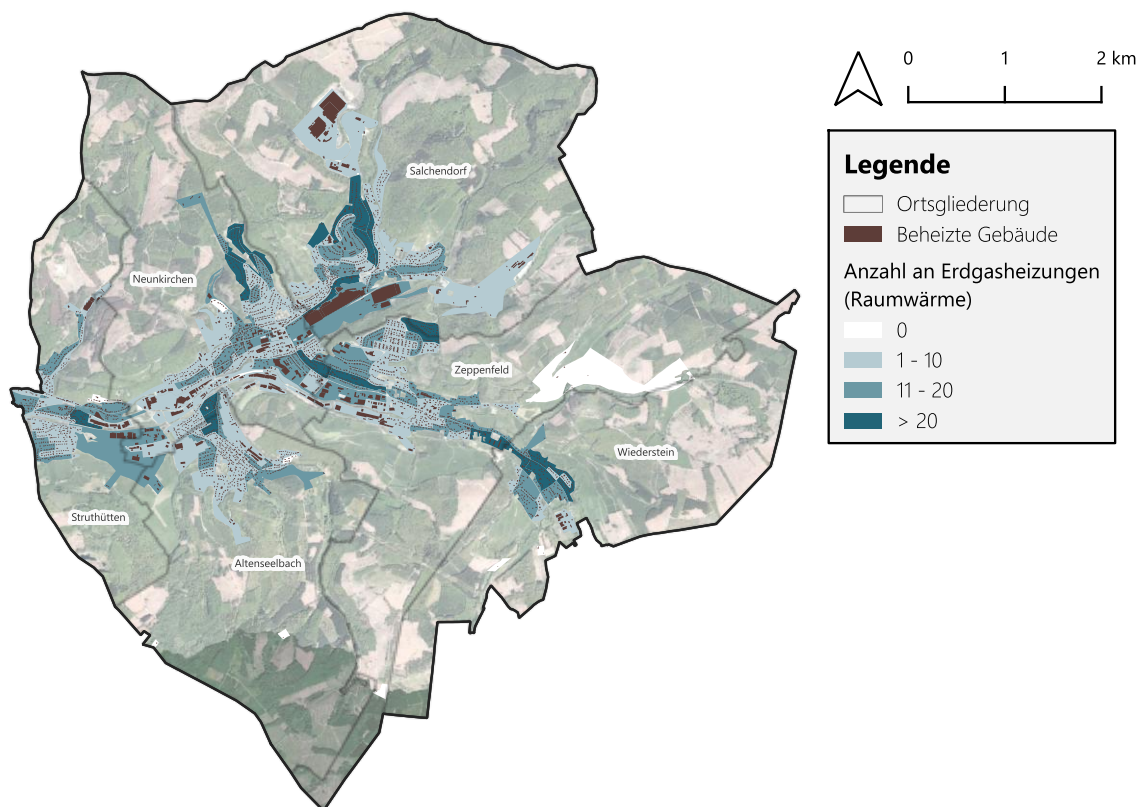


Abbildung 33: Anzahl der Gebäude mit Erdgas zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

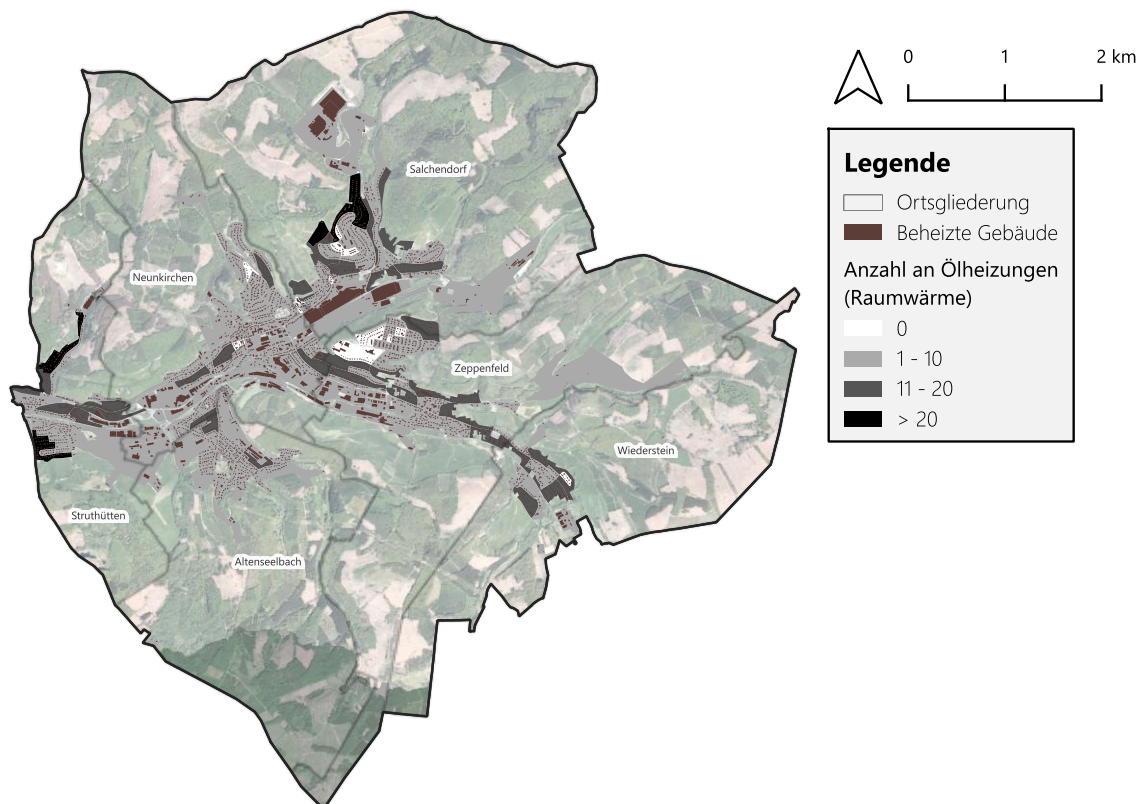


Abbildung 34: Anzahl der Gebäude mit Heizöl zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

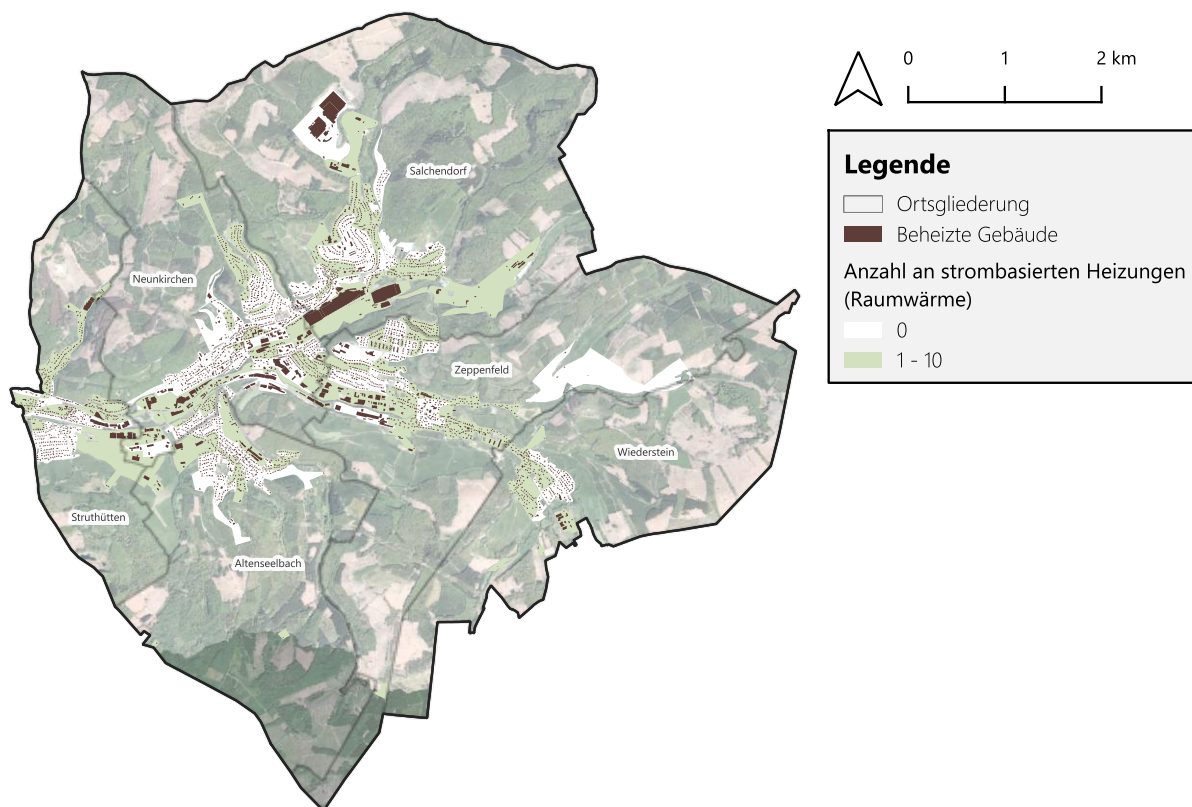


Abbildung 35: Anzahl der Gebäude mit Strom zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

Gemäß Abbildung 36 zeigt sich bei Biomasse-Heizungen zur Raumwärmebereitstellung ein ähnliches Verteilungsmuster wie bei den strombasierten Lösungen. Es existieren nur zwei Kategorien: Kein Gebäude mit Biomasse in rund 54 % der Baublöcke und ein bis zehn Gebäude in etwa 46 % der Baublöcke. Beide Kategorien sind gleichmäßig über die Siedlungsbereiche der gesamten Gemeinde verteilt und decken alle Ortsteile ab. Aufgrund dieser homogenen Verteilung lassen sich keine spezifischen räumlichen Schwerpunkte erkennen.

Wie in Abbildung 37 dargestellt, weisen für die sonstigen Brennstoffe nahezu alle Baublöcke keine Gebäude mit diesem Energieträger auf. Lediglich sechs Baublöcke entfallen auf die Kategorie zwischen einem und zehn Gebäuden mit sonstigen Brennstoffen. Diese liegen an der Grenze zwischen Neunkirchen und Struthütten, im Süden von Struthütten, im Süden von Altenseelbach sowie im zentralen Bereich von Zeppenfeld.

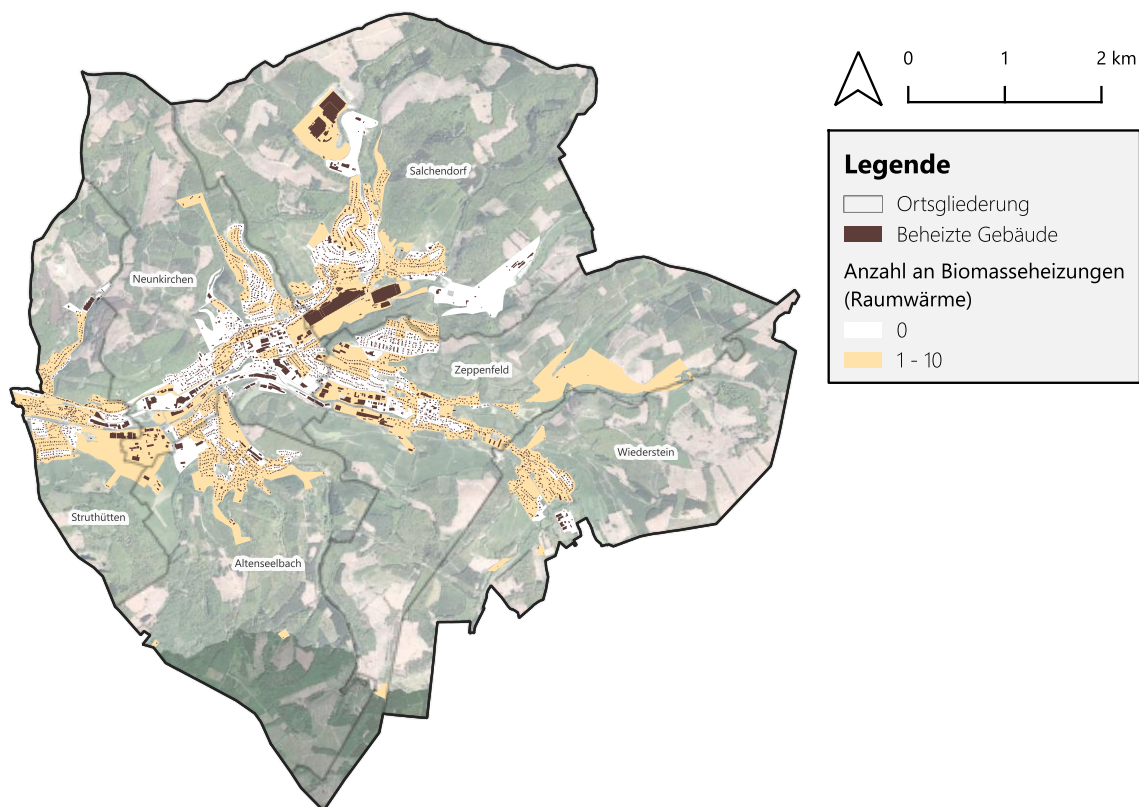


Abbildung 36: Anzahl der Gebäude mit Biomasse zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

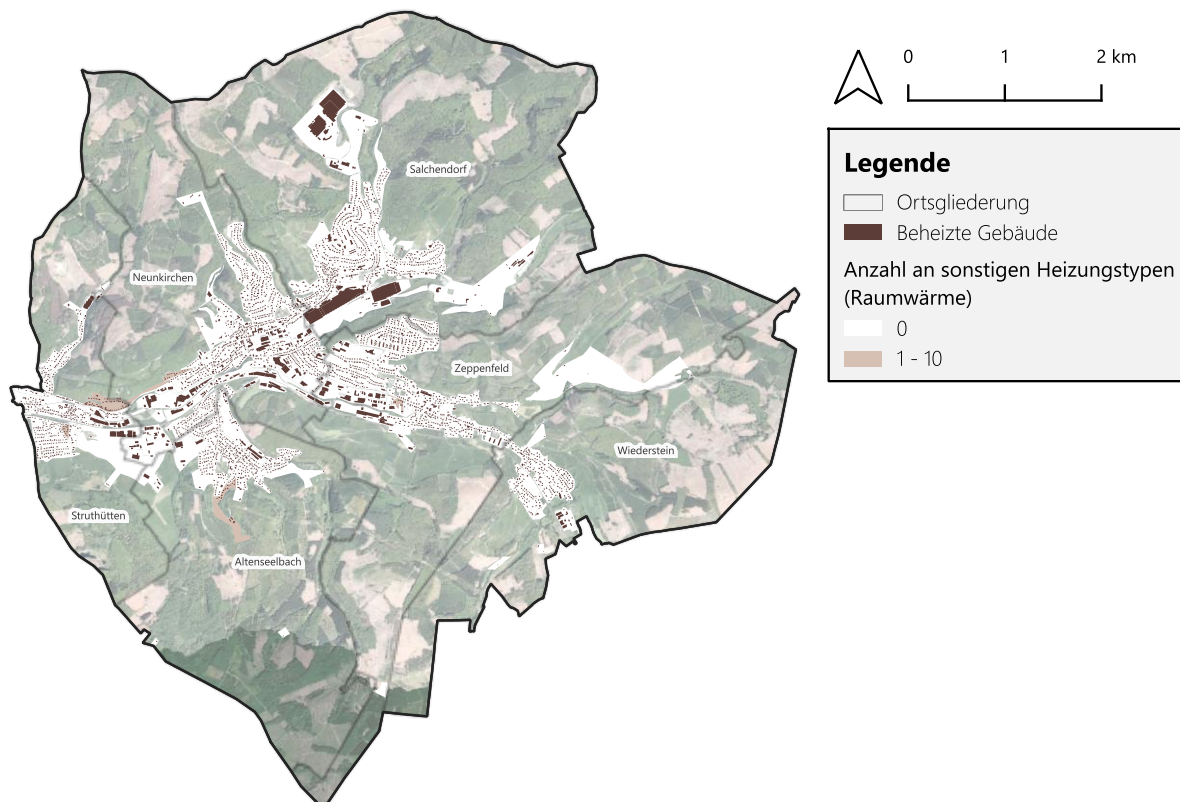


Abbildung 37: Anzahl der Gebäude mit sonstigem Brennstoff zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene

3.6 Altersstruktur der Heizungen

Die Altersverteilung der bestehenden Heizungsstruktur bietet wichtige Implikationen, wann welche Heizungen ausgetauscht werden müssen und dann entsprechend auf klimaneutrale Alternativen umgestellt werden können. In diesem Abschnitt wird das Heizungsalter von Erdgas-, Öl- und Biomasseheizungen ausgewertet.⁵ Ebenso werden die Heizungen betrachtet, welche den sonstigen Brennstoffen zugeordnet werden.

In Abbildung 38 ist die Altersstruktur der Erdgasheizungen in Neunkirchen als Säulendiagramm dargestellt. Die Verteilung zeigt insgesamt ein ausgewogenes Bild. Rund ein Drittel der Anlagen (34 %) wurde bis zum Jahr 2005 in Betrieb genommen und ist damit bereits 20 Jahre oder älter. Etwa 28 % stammen aus den Jahren 2006 bis 2015 und haben somit ein Alter von 10 bis 20 Jahren. Seit 2016 wurden 37 % der Heizungen installiert, darunter 17 % erst ab 2021. Damit wird deutlich, dass bis zum Zieljahr 2045 ein erheblicher Teil der Anlagen ohnehin altersbedingt ausgetauscht werden muss, was Chancen für eine Umstellung auf klimaneutrale Alternativen eröffnet. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass ein signifikanter Anteil vergleichsweise neuer Anlagen besteht, deren zeitnaher Ersatz weniger wahrscheinlich ist und somit eine gewisse Herausforderung bei der Transformation der Wärmeversorgung darstellt.

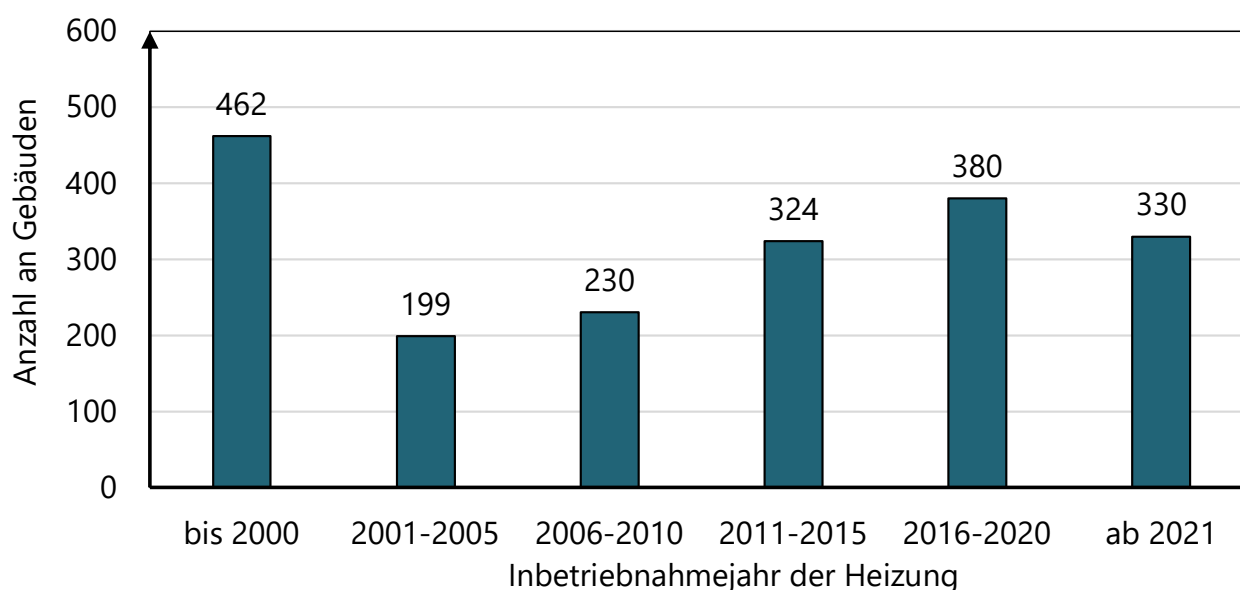


Abbildung 38: Altersstruktur der Erdgasheizungen

In Abbildung 39 ist die Altersstruktur der Ölheizungen in Neunkirchen als Säulendiagramm dargestellt. Der Bestand weist einen hohen Anteil älterer Anlagen auf. Rund 51 % der Ölheizungen wurden bis zum Jahr 2000 installiert und sind damit bereits mindestens 25 Jahre alt. Weitere 20 % stammen aus den Jahren 2001 bis 2005, womit auch sie die übliche Lebensdauer von 20 Jahren bereits überschritten haben. Etwa 18 % der Heizungen wurden zwischen 2006 und 2015 in Betrieb genommen und haben somit ein Alter zwischen 10 und 20 Jahren. Nur rund 11 % der Ölheizungen sind jünger als zehn Jahre, darunter etwa 5 %, die erst seit 2021 in Betrieb sind. Die Altersstruktur deutet darauf

⁵ Wenn das Alter zu einer Heizung nicht bekannt ist, wird diese Heizung in der Auswertung nicht betrachtet.

hin, dass in den kommenden Jahren ein erheblicher Teil der Anlagen altersbedingt ersetzt werden muss, was Potenzial für eine Umstellung auf klimaneutrale Alternativen wie Wärmepumpen oder Pelletheizungen bietet.

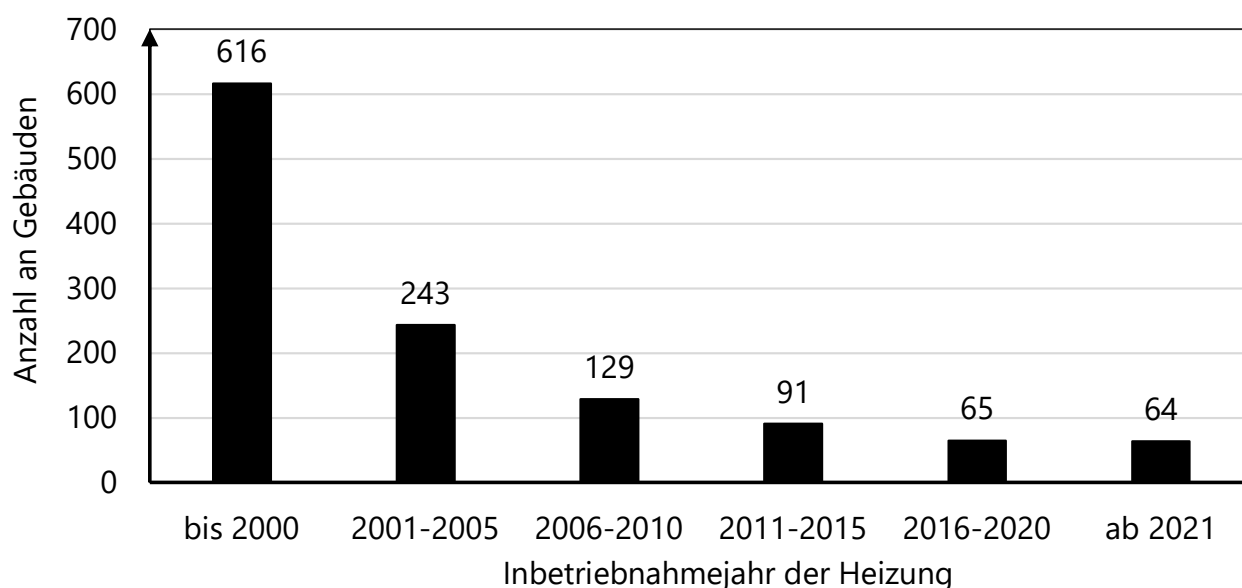


Abbildung 39: Altersstruktur der Ölheizungen

Die Altersstruktur der Biomasseheizungen ist in Abbildung 40 visualisiert und unterscheidet sich deutlich von derjenigen der Öl- und Erdgasheizungen. Nur 6 % der Biomasseheizungen sind über 20 Jahre alt, was auf einen vergleichsweise jungen Anlagenbestand hinweist. Rund 26 % wurden zwischen 2006 und 2010 in Betrieb genommen, weitere 21 % zwischen 2011 und 2015, sodass diese Anlagen heute zwischen 10 und 20 Jahre alt sind. Etwa 46 % der Biomasseheizungen sind höchstens 10 Jahre alt, darunter fast ein Drittel, die erst seit 2021 betrieben werden. Da Biomasse bereits eine erneuerbare Wärmequelle darstellt und einen relevanten Beitrag zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung leisten kann, ist die Altersstruktur hier weniger ausschlaggebend für den zukünftigen Heizungstausch. Selbst wenn ein Teil der neueren Anlagen nicht mehr vor 2045 ersetzt wird, bleibt für diese Gebäude die klimaneutrale Wärmeversorgung gewährleistet.

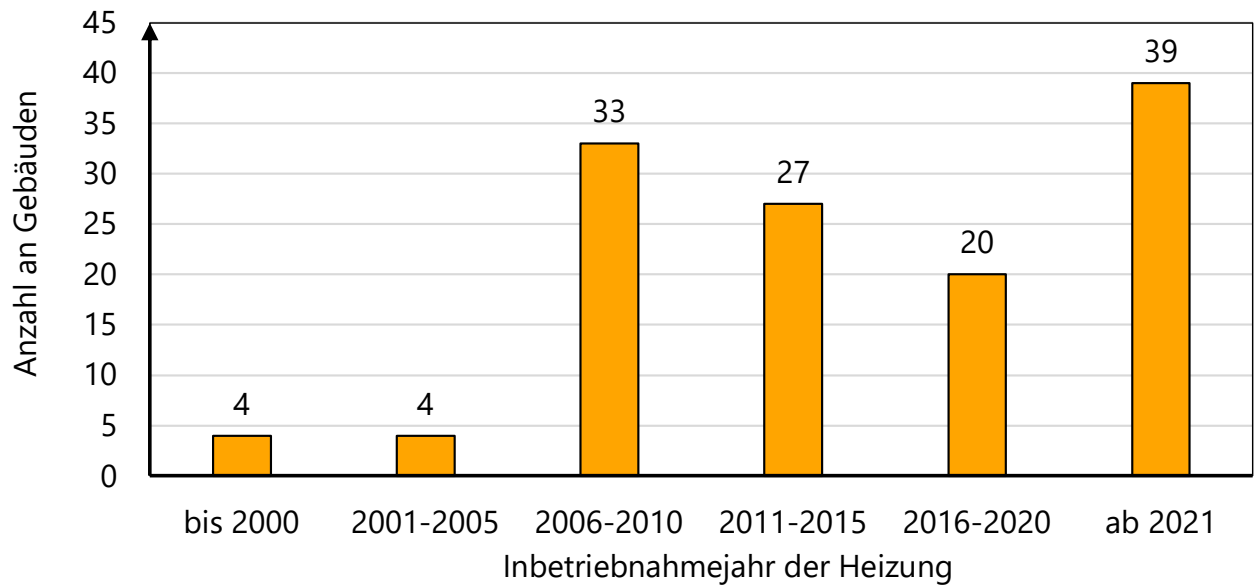


Abbildung 40: Altersstruktur der Biomasseheizungen

Für die Altersstruktur der sonstigen Brennstoffe lagen keinerlei Daten vor.

3.7 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 aus Sicht des Wärmebedarfs abzuschätzen.

In Abbildung 41 ist die Wärmebedarfsdichte als Wärmeflächendichte auf Baublockebene dargestellt. Gemäß [24] muss diese 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. Wie Abbildung 41 zeigt, bildet die Kategorie 200 bis 400 MWh/ha mit ca. der Hälfte aller Baublöcke den größten Anteil. Diese sind über alle Ortsteile verteilt und prägen große Teile der Siedlungsbereiche. Die höchste Kategorie mit mehr als 400 MWh/ha umfasst etwa 30 % der Baublöcke. Sie konzentriert sich vor allem in den Zentren der Ortsteile, insbesondere in den Kernbereichen von Neunkirchen und Salchendorf, wo eine hohe Gebäudedichte vorherrscht. Hier liegen aus Sicht der Wärmeflächendichte besonders günstige Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen vor.

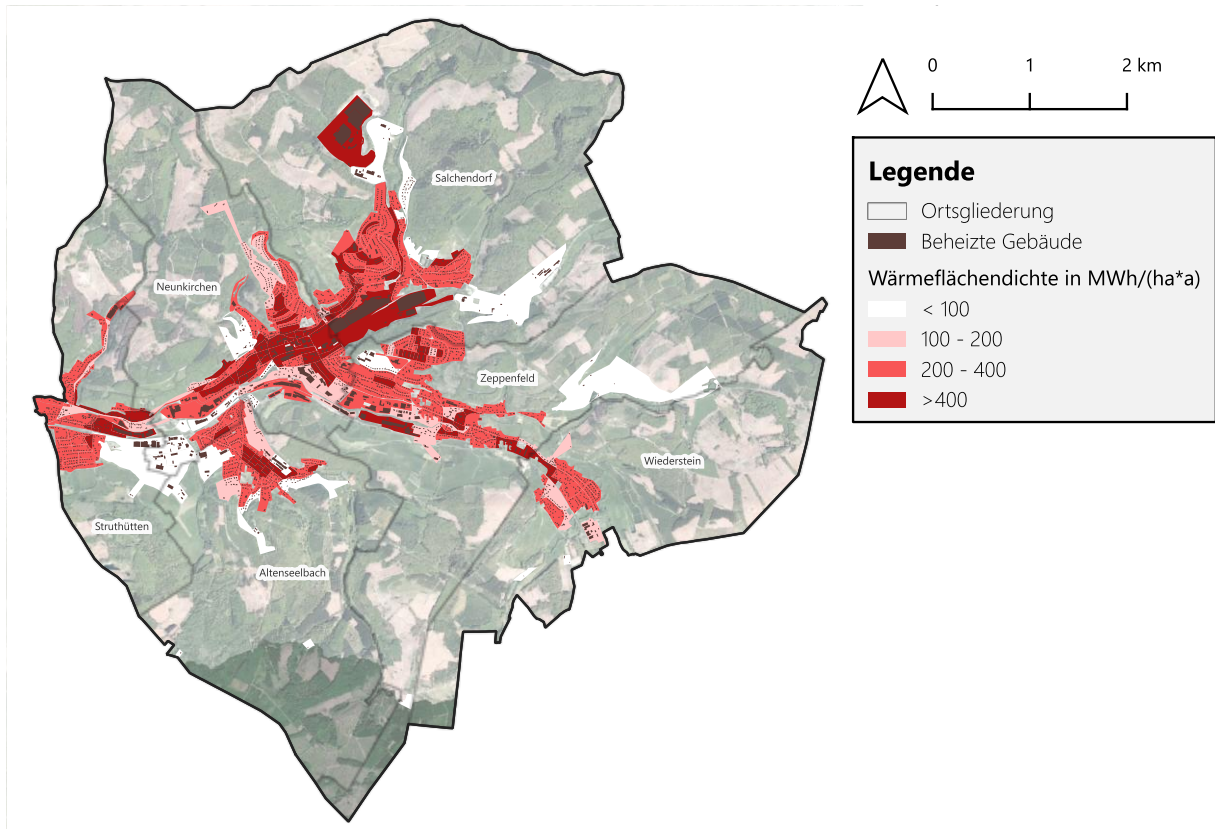


Abbildung 41: Wärme-flächendichte auf Baublockebene

Neben der Wärme-flächendichte ist die Wärmelinien-dichte die gängigste Metrik zur Angabe der Wärmebedarfsdichte. In Abbildung 42 ist die Wärmelinien-dichte auf Straßenzugabe-niveau für die Gemeinde Neunkirchen dargestellt. Die höchsten Werte finden sich im Ortsteil Neunkirchen, gefolgt von Zeppenfeld und Salchendorf. Gemäß [25] gilt für die wirtschaftliche Umsetzung eines Wärmenetzes im Gebäudebestand eine jährliche Wärmelinien-dichte von mindestens 2.000 kWh/m als Richtwert. In den bereits zuvor beschriebenen Bereichen in Neunkirchen liegen die Werte in vielen Straßenabschnitten über diesem Schwellenwert. Damit lässt sich auch nach dieser Kennzahl eine grundsätzliche Eignung für den Einsatz von Wärmenetzen aus Bedarfssicht bestätigen. Darüber hinaus erreichen auch einzelne Straßenabschnitte in weiteren Quartieren des Ortsteils Neunkirchen sowie in verschiedenen Gewerbegebieten und in anderen Ortsteilen eine jährliche Wärmelinien-dichte von mindestens 2.000 kWh/m. In diesen Bereichen könnten kleinere, lokal begrenzte Wärmenetz-lösungen ebenfalls wirtschaftlich umsetzbar sein.

Für das Gemeindegebiet von Neunkirchen konnten insgesamt 20 Großverbraucher identifiziert werden. Als solche werden Verbraucher bezeichnet, deren Wärmebedarf 500 MWh pro Jahr überschreitet. Hierbei handelt es sich sowohl um öffentliche Gebäude (z.B. Schulen) als auch um Gebäude der Sektoren Industrie und GHD. Vereinzelt sind auch Wohngebäude unter diesen Großverbrauchern. Die Lokalisation dieser Großverbraucher auf Baublockebene ist in Abbildung 43 dargestellt. Ein erheblicher Teil der Großverbraucher befindet sich in den Ortsteilen Neunkirchen und Salchendorf, insbesondere in den Industrie- und Gewerbegebieten. Dies könnte hinsichtlich der Wärmenetzeignungsgebiete eine Rolle spielen, da die Großverbraucher oftmals eine hohe Wärmedichte mit sich bringen und somit einen wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen ermöglichen können.

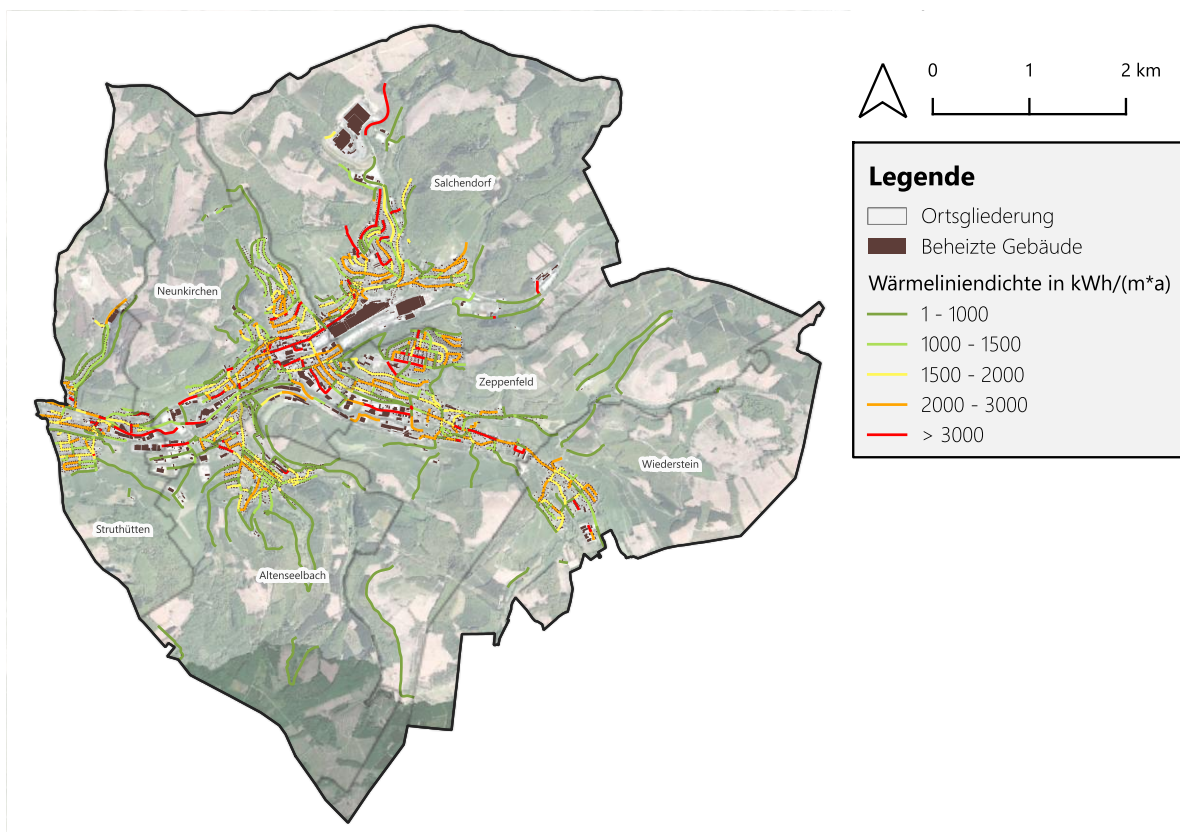


Abbildung 42: Wärmelinien-dichte auf Straßenzugabe

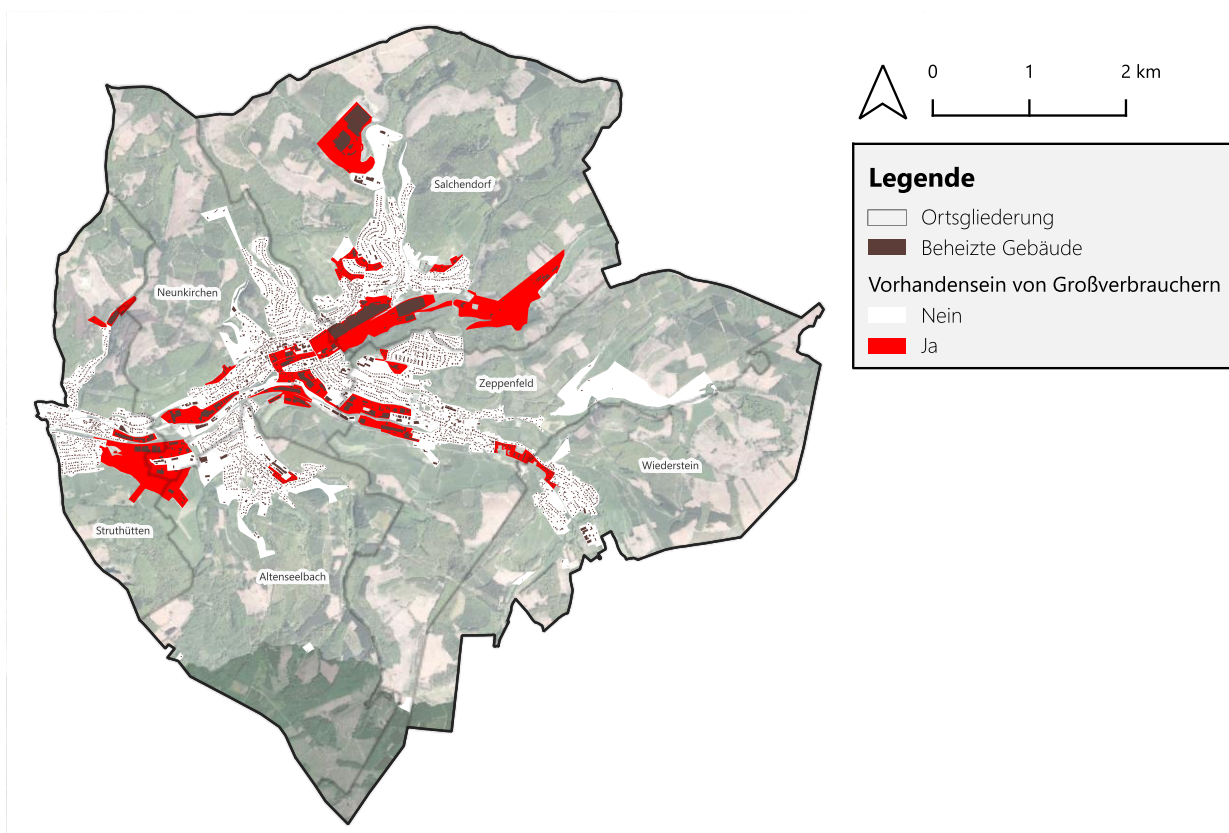


Abbildung 43: Lokalisation von Großverbrauchern auf Baublockebene

3.8 Anteil der erneuerbaren Energien

In diesem Abschnitt wird der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung der Gemeinde Neunkirchen in Abhängigkeit der Energieträger beschrieben. In Abbildung 44 ist dieser sowie der Anteil fossiler Energieträger als Säulendiagramm dargestellt.

Die Wärmeversorgung der Gemeinde basiert überwiegend auf fossilen Energieträgern, insbesondere Erdgas und Heizöl, die zusammen mit 221,7 GWh fast 92 % des gesamten Wärmebedarfs decken. Erneuerbare Energien liefern rund 7 % bzw. 16,9 GWh, wovon etwa 3,7 GWh auf strombasierte Heizungen mit Umweltwärme aus Wärmepumpen entfallen und 13,2 GWh auf Biomasse. Der verbleibende Anteil aus den sonstigen Brennstoffen mit rund 0,3 GWh sind fossilen Ursprungs. Für die Berechnung wird der deutsche Strommix mit einem EE-Anteil von 59 % zugrunde gelegt [26]. Unter Berücksichtigung der durch Wärmepumpen genutzten Umweltwärme ergibt sich für strombasierte Heizungen ein EE-Anteil von 64,9 %. Mit dem erwarteten Anstieg des EE-Anteils im Strommix wird sich dieser Wert in den kommenden Jahren voraussichtlich weiter erhöhen.

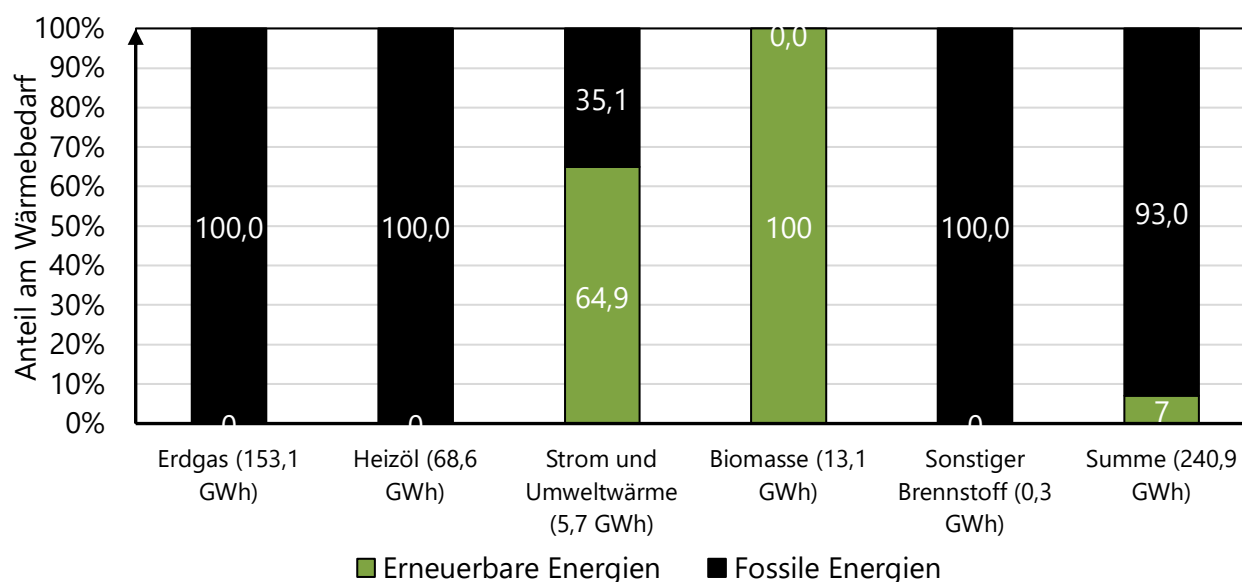


Abbildung 44: Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers

In Abbildung 45 ist der Anteil der erneuerbaren Energien auf Baublockebene dargestellt. Es ist zu erkennen, dass mit 97 % der Großteil der Baublöcke unterhalb eines EE-Anteils von 20 % liegt. Lediglich in acht Baublöcken, das heißt ca. 3 %, liegt der Anteil zwischen 20 % und 40 %. Drei dieser Baublöcke befinden sich nahe dem Ortskern in Zeppenfeld. Die übrigen sind kleinere Baublöcke in Neunkirchen, Altenseelbach und Salchendorf. Ein Baublock im Neubaugebiet nördlich von Neunkirchen weist ebenfalls einen höheren Anteil auf, allerdings dominieren dort insgesamt weiterhin fossile Energieträger.

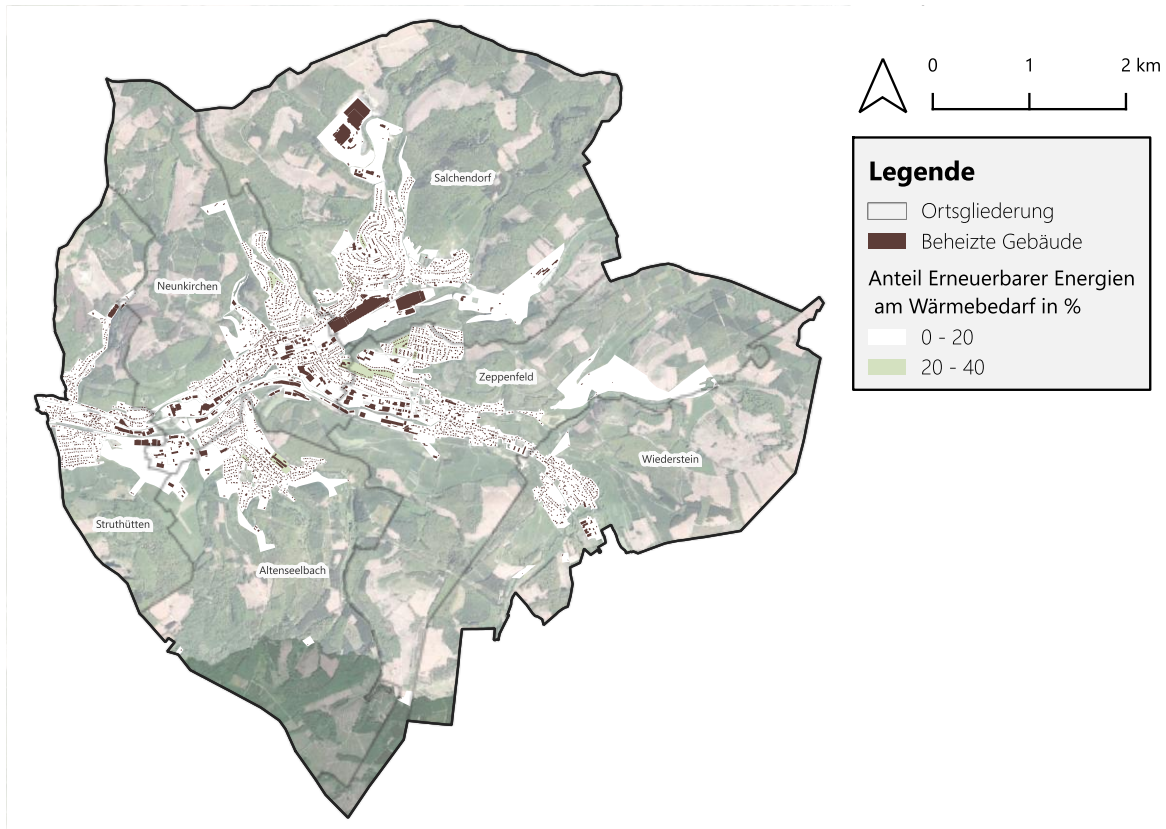


Abbildung 45: Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf auf Baublockebene

3.9 Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Sektoren

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

In Abbildung 46 sind die absoluten Treibhausgasemissionen pro Jahr der Wärmeversorgung in Neunkirchen über alle Verbrauchssektoren in Abhängigkeit der Energieträger visualisiert. Insgesamt liegen die jährlichen Treibhausgasemissionen bei 60,8 Tsd. t. Diese entfallen zu 60,6 % auf Erdgas, zu 35 % auf Heizöl, zu rund 4 % auf Strom und Umweltwärme sowie zu 0,4 % auf Biomasse.

Die Treibhausgasemissionen im Haushaltssektor sind in Abbildung 47 dargestellt. Da die Haushalte den Großteil des Wärmebedarfs ausmachen (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22), verursachen diese mit 32,2 Tsd. t auch den Großteil der Treibhausgasemissionen, welcher 53 % entspricht. Der Anteil des Sektors an den Treibhausgasemissionen ist dementsprechend vergleichbar mit dem Anteil des Wärmebedarfs. Die Emissionen des Haushaltssektors teilen sich zu 43,6 % auf Erdgas, rund 50 % auf Heizöl, 5,6 % auf Strom und Umweltwärme, 0,7 % auf Biomasse sowie 0,2 % auf die sonstigen Brennstoffe auf.

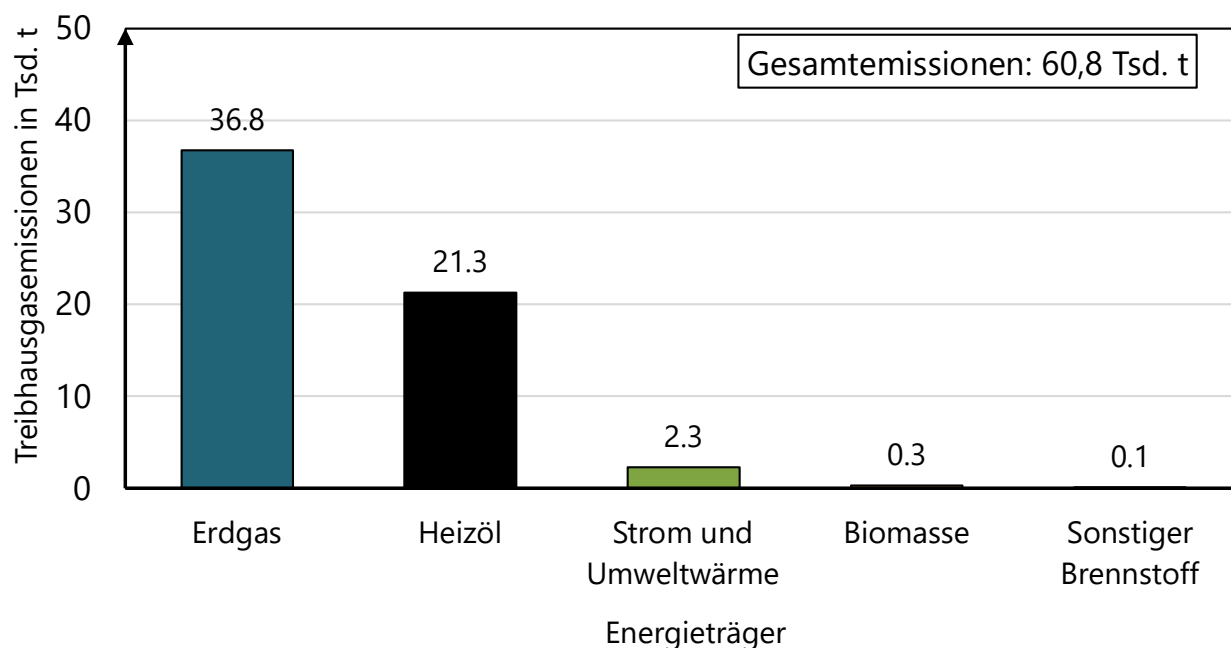


Abbildung 46: Jährliche Treibhausgasemissionen (alle Sektoren) in Tsd. t

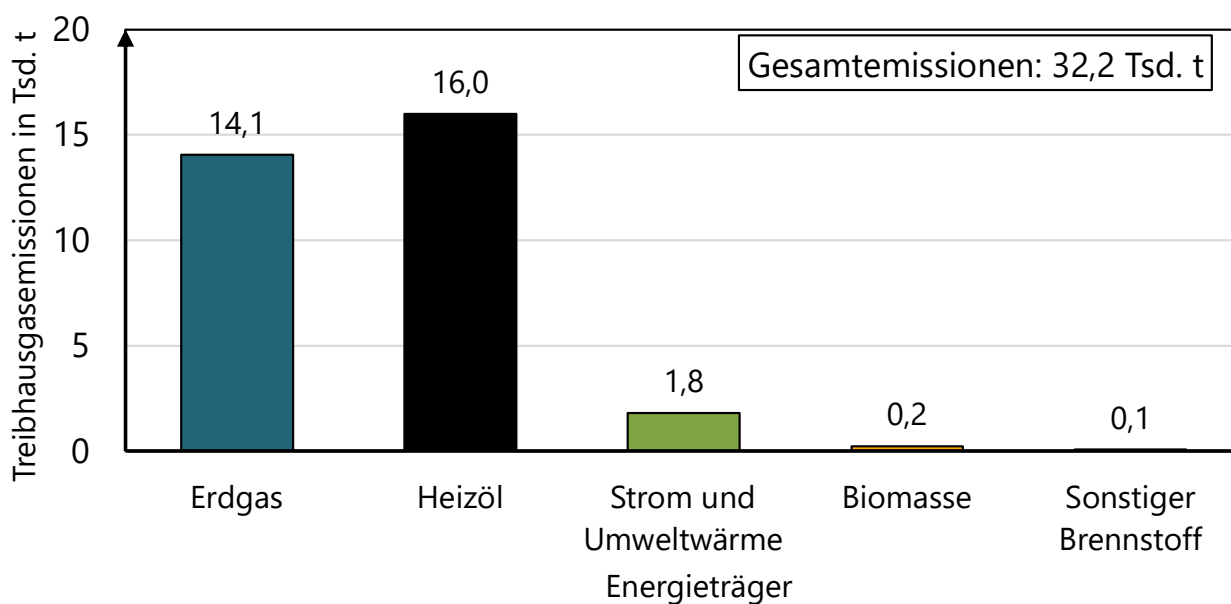


Abbildung 47: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Haushalte) in Tsd. t

Der GHD-Sektor verursacht 19,4 Tsd. t Treibhausgasemissionen und weist damit mit 32 % den zweithöchsten Anteil unter allen Sektoren auf (siehe Abbildung 48). 79 % dieser Emissionen entfallen auf den Energieträger Erdgas, 19 % auf Heizöl, 2 % auf Strom und Umweltwärme sowie weniger als 1 % auf Biomasse und sonstige Brennstoffe.

Wie in Abbildung 49 zu sehen ist, macht der Industriesektor 7,6 Tsd. t an Treibhausgasemissionen aus, was 12,5 % der Gesamtemissionen entspricht. 91 % dieser Emissionen entstehen durch Erdgas, 6 % durch Heizöl, 2 % durch Strom und Umweltwärme sowie 1 % durch die restlichen Energieträger.

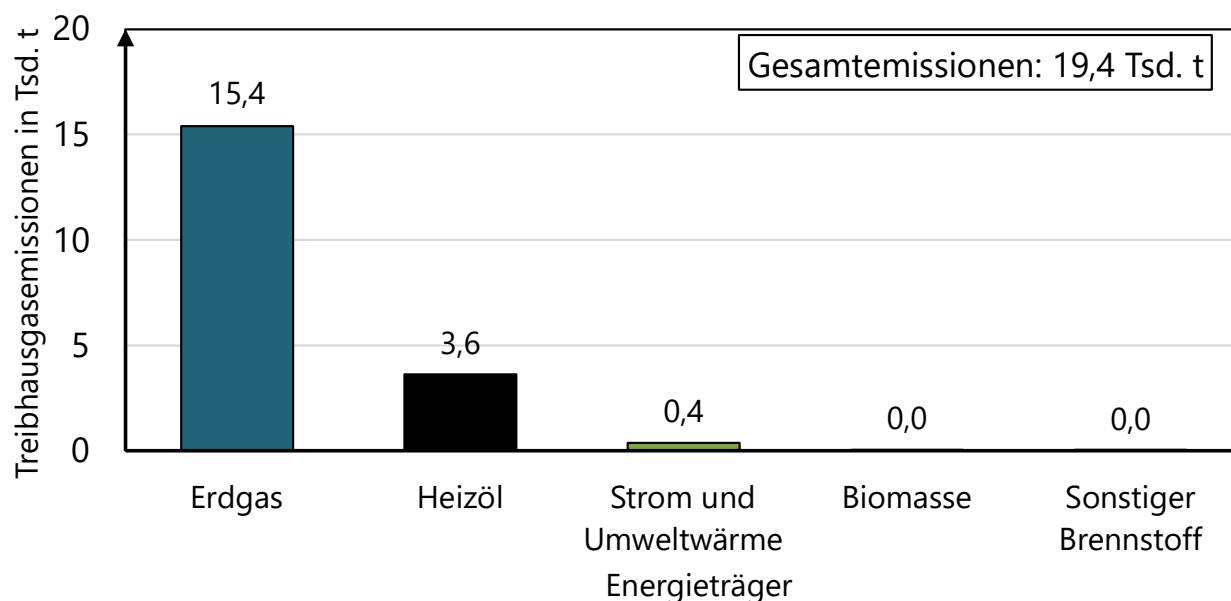


Abbildung 48: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor GHD) in Tsd. t

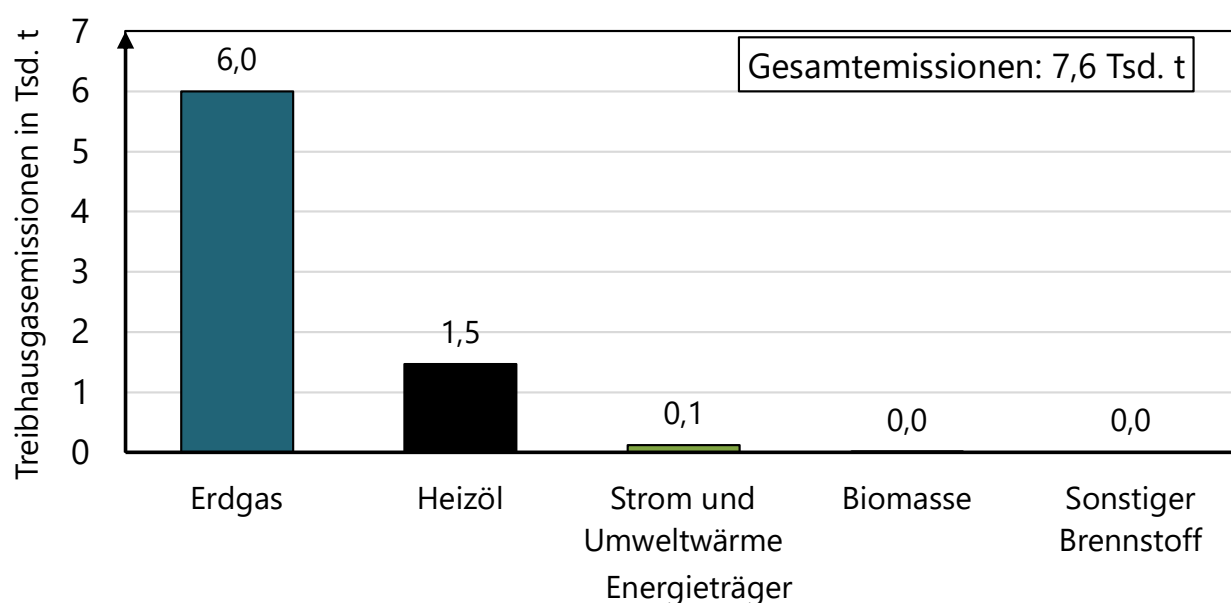


Abbildung 49: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Industrie) in Tsd. t

Durch den geringen Wärmebedarf verursachen die öffentlichen Gebäude nur 1,5 Tsd. t Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 50) und damit von allen Sektoren den geringsten Anteil. Wie in Abbildung 23 zu sehen ist, werden die öffentlichen Gebäude insbesondere mit Erdgas beheizt, weshalb Erdgas rund 86 % der entsprechenden Treibhausgasemissionen ausmacht. Heizöl verursacht hingegen nur ca. 13 % der Treibhausgasemissionen. Strom und Umweltwärme sowie Biomasse machen die verbleibenden 1 % aus.

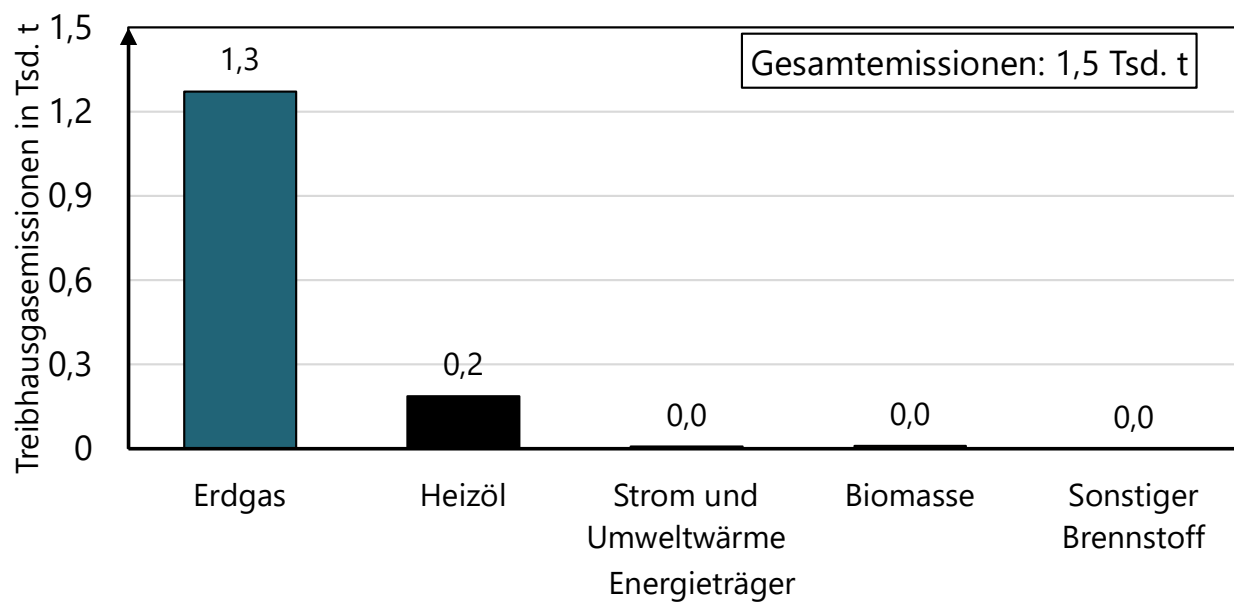


Abbildung 50: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor öffentliche Gebäude) in Tsd. t

4 Potenzialanalyse

Ziel der Potenzialanalyse ist die Identifizierung von Potenzialen zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Wärmesektor, welche folglich zu dessen Transformation genutzt werden können. Der Fokus liegt hierbei auf Potenzialen, die für die Speisung klimaneutraler Wärmenetze genutzt werden können. Dies ist damit begründet, dass dezentrale 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 [26]. In den Abschnitten 4.2 bis 4.8 werden die Potenziale der verschiedenen Wärmequellen thematisiert. Anschließend erfolgt in Abschnitt 4.9 eine Kurzzusammenfassung der Ergebnisse.

4.1 Potenzialstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung

Im Rahmen von [26] wurden vom Landesamt für Natur- Umwelt und Klima NRW (LANUK) im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie die EE-Potenziale in NRW auf Gemeindeebene für den Wärmesektor erarbeitet. Diese Studie, im Weiteren als Wärmestudie NRW bezeichnet, wird als Grundlage für die Potenzialanalyse der kommunalen Wärmeplanung in der Gemeinde Neunkirchen genutzt, wird jedoch durch eigene Erarbeitungen unterfüttert. Eine Zusammenfassung der EE-Potenziale für Neunkirchen auf Basis von [26] sowie des Wärmebedarfs der Gemeinde aus der Bestandsanalyse ist in Abbildung 51 dargestellt.

Abbildung 51 zeigt, dass nur wenige verschiedene Wärmequellen nennenswert zur zukünftigen Wärmeversorgung in der Gemeinde Neunkirchen beitragen können. Hierbei wird beispielsweise ein Potenzial für Solarthermie mittels Flachkollektoren in Höhe von 102 GWh/a ausgewiesen, was knapp 42 % des gesamten Wärmebedarfs entspricht. Jedoch muss dieses 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. Eine zeitliche Überlappung mit dem Wärmebedarf tritt nur bedingt auf, da dieser insbesondere im Winter und morgens/abends vorliegt. 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 beispielsweise auch topographische Einschränkungen (z.B. Bodenbeschaffenheit und Neigung) hier eine entscheidende Rolle. In Abgrenzung zu anderen Kommunen ist das Potenzial in Neunkirchen moderat einzuschätzen, da große Teile des Gemeindegebiets von Wald und nicht von Freiflächen geprägt sind.

Der oberflächennahen Geothermie werden für Neunkirchen ebenfalls nennenswerte Potenziale attestiert. In [26] werden 191 GWh/a für das Gemeindegebiet bestimmt. Dies wären rund 80 % des aktuellen Wärmebedarfs der Gemeinde Neunkirchen. Hierbei beziehen sich die Ergebnisse jedoch auf die dezentrale Nutzung von oberflächennaher Geothermie und nicht auf die zentrale Wärmeversorgung. Trotzdem lässt sich festhalten, dass oberflächennahe Geothermie in Neunkirchen eine wichtige Rolle spielen könnte, da ausreichend freie Flächen aufgrund der geringen Bebauungsdichte zur Verfügung stehen.

Gemäß der Analysen aus [26] zeigen sich grundsätzliche Potenziale bei der Nutzung von industrieller Abwärme. Demnach liegt das Potenzial bei bis zu 21 GWh/a für die Gemeinde Neunkirchen. Dies würde immerhin knapp 8 % des Wärmebedarfs der Gemeinde entsprechen. Ebenso werden 9 GWh/a aus sonstiger Biomasse ausgewiesen, was zwar nur rund 3,7 % des jährlichen Wärmebedarfs von 241 GWh ausmacht, jedoch als ergänzendes Potenzial im Rahmen einer diversifizierten Wärmeversorgung berücksichtigt werden kann.

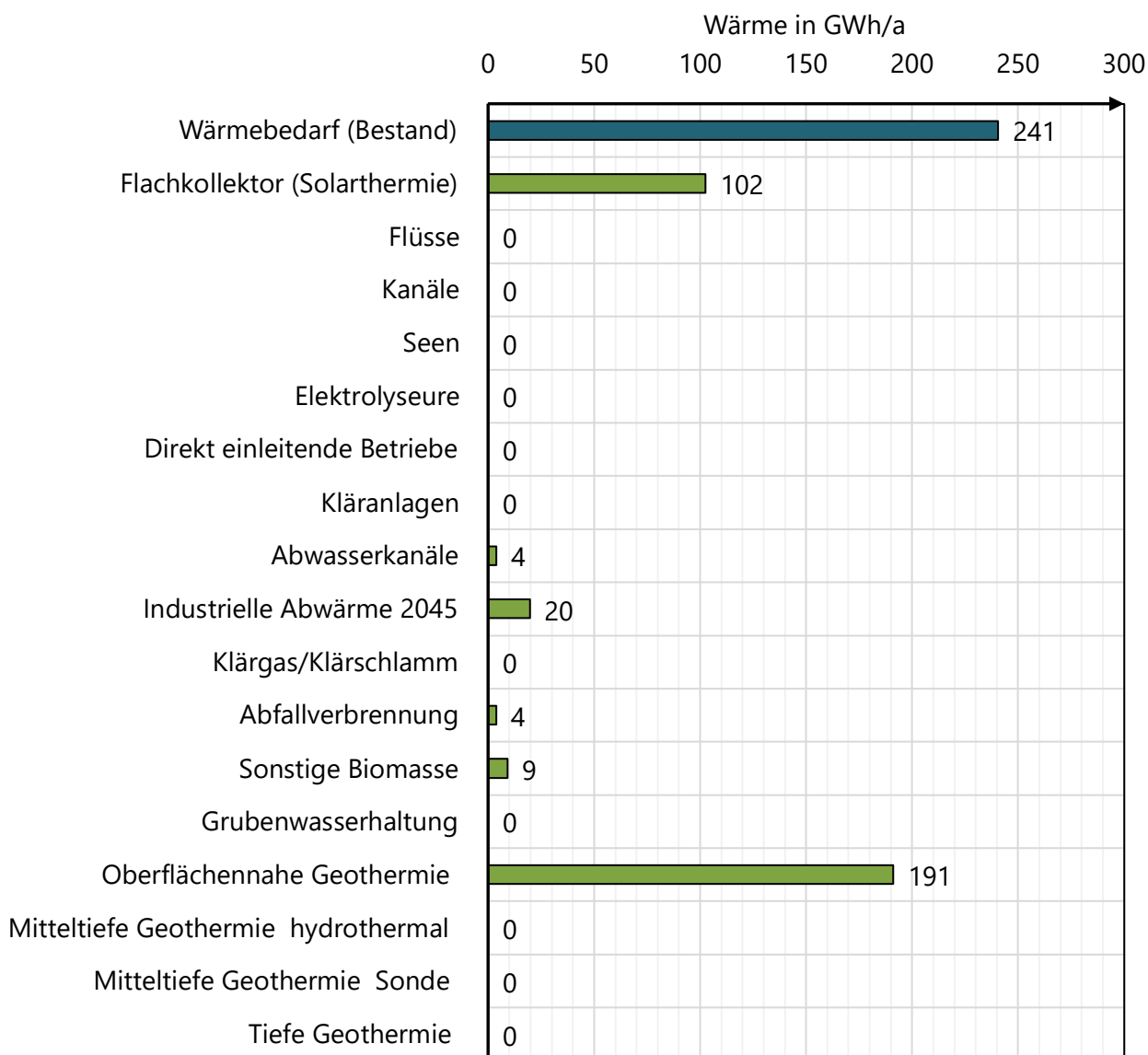


Abbildung 51: Zusammenfassung der Potenziale für die Wärmeversorgung nach [26]

4.2 Solare Potenziale

Solarthermie und Photovoltaik sind zwei unterschiedliche Technologien zur Nutzung von Sonnenenergie, die jeweils für verschiedene Zwecke eingesetzt werden. Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie um. Dies geschieht durch Solarzellen, die in Modulen zusammengefasst sind. Die elektrische Energie 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 werden.

In der Wärmestudie NRW wurde das Potenzial von Solarthermieranlagen auf Freiflächen untersucht. Für die Gemeinde Neunkirchen ergibt sich ein Wärmebereitstellungspotenzial von 102 GWh bei der Nutzung von Flachkollektoranlagen auf Freiflächen [26]. In Abbildung 52 ist dieses Potenzial auf Flurebene dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die größten Flächenpotenziale in den Ortsteilen Neunkirchen, Zeppenfeld, Altenseelbach und Struthütten liegen. Altenseelbach weist mit rund 22 GWh/a das höchste Potenzial auf. Potenziale in der Größenordnung von 5 bis 20 GWh/a entfallen auf die übrigen Ortsteile. In den Kernbereichen von Neunkirchen und Salchendorf, wo zuvor eine Eignung für Wärmenetze diskutiert wurde (siehe Abschnitt 3.7), bestehen hingegen keine nennenswerten Potenziale für die Nutzung von Freiflächen-Solarthermie.

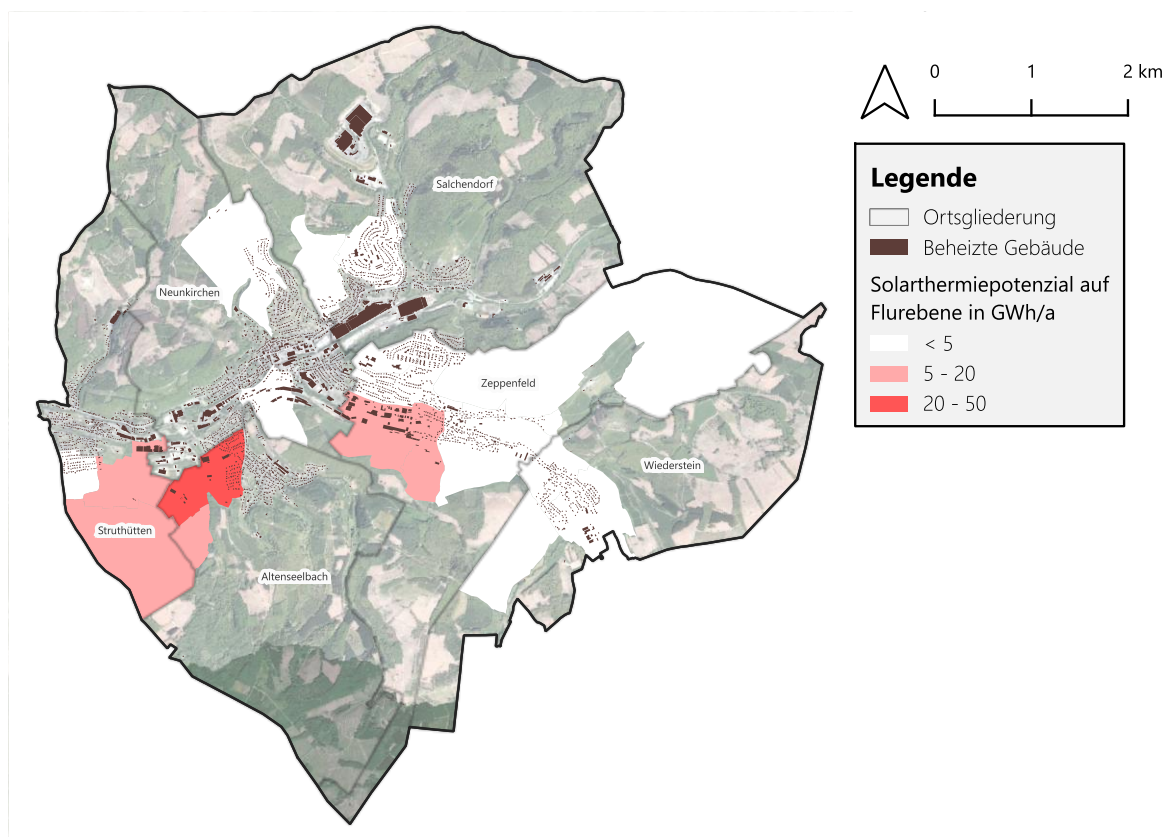


Abbildung 52: Potenzial für Freiflächen-Solarthermie auf Flurebene nach [20] und [26]

Die Nutzung des theoretischen Potenzials der Solarthermie wird grundsätzlich 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 gegenseitig um vergleichbare Flächen.

Zu den Einschränkungen der Solarthermie gehört neben der Flächenverfügbarkeit jedoch 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 Wärmenetzen 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 sowie morgens und abends erhöht ist, jedoch ist hier die Divergenz geringer.

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 Neunkirchen könnten durch Solarthermie-Anlagen auf Dachflächen insgesamt 150 GWh Wärmeenergie pro Jahr erzeugt werden [27]. Nutzbar wären hiervon jedoch nur 4 GWh im Bereich der Trinkwarmwassererzeugung [27]. Alternativ 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 Neunkirchen könnten ebenfalls für die Installation von PV-Modulen genutzt werden, was ein Gesamtpotenzial für den Stromertrag von etwa 64 GWh pro Jahr ergibt [28].

Es kann zusammengefasst werden, dass in Neunkirchen insbesondere genügend Dachflächen für Solarthermie und Photovoltaikanlagen zur Verfügung stehen, welche wiederum ihren Teil zur Transformation des Wärmesektors beitragen können. Jedoch ist der Beitrag von Solarthermie und Photovoltaik im Bereich von Wärmeanwendungen aufgrund der saisonalen und täglichen Schwankungen begrenzt. Der Anteil geeigneter Freiflächen ist im Vergleich zu anderen Kommunen ähnlicher Größe im ländlichen Raum jedoch geringer.

4.3 Gewässer

4.3.1 Fließgewässer

Fließende Gewässer stellen vielversprechende Wärmequellen dar, welche mittels Wärmepumpen für die Wärmeversorgung nutzbar gemacht werden können. Als Vorteil der Nutzung von Flusswasser im Vergleich zur Außenluft ist vor allem die Wassertemperatur zu nennen, welche insbesondere an kalten Tagen die Temperatur der Außenluft übersteigt. Dies ermöglicht eine effizientere Bereitstellung der Wärme.

Die Wärmestudie NRW weist für die Gemeinde Neunkirchen keine Potenziale in Bezug auf fließende Gewässer aus [26]. Dies ist damit begründet, dass in dieser nur große Flüsse in NRW betrachtet werden. Das Gemeindebiet von Neunkirchen weist jedoch verschiedene kleinere Fließgewässer auf. Hierbei ist einerseits die Heller zu nennen, welche durch die Ortsteile Struthütten, Neunkirchen, Zeppenfeld und Wiederstein fließt. Ein Zufluss der Heller ist der Wildenbach, der durch die Ortsteile Neunkirchen und Salchendorf verläuft.

Im Rahmen der Potenzialanalyse sind die Heller und der Wildenbach auf ihr Potenzial für die Wärmeversorgung untersucht worden. Die im Hinblick auf den Durchfluss betrachteten Standorte dieser

Gewässer sind in Abbildung 53 dargestellt. Sie wurden anhand der Nähe zu nennenswerter Bebauung gewählt, sodass die ermittelten Potenziale in örtlicher Nähe zu notwendigem Wärmeabsatz liegen. Dabei wurden für beide Fließgewässer aufgrund der genannten Faktoren jeweils zwei Standorte untersucht.

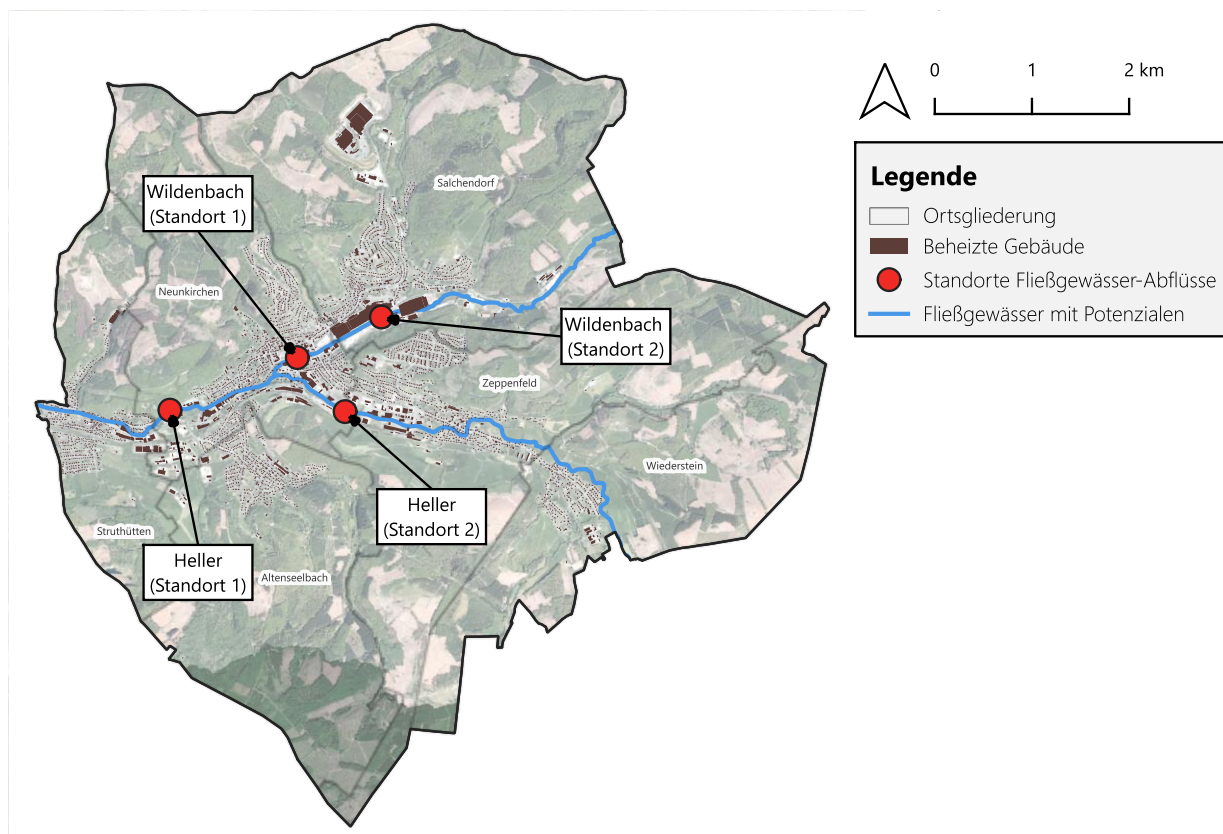


Abbildung 53: Standorte der genutzten Durchflüsse der Fließgewässer in Neunkirchen

Die mittleren Niedrigwasserabflüsse an den betrachteten Standorten stammen aus den Angaben von [29] und sind in Tabelle 5 aufgelistet. Unter der Annahme der Abkühlung um 5 K der Wasserentnahmemenge, welche wiederum 10 % des Abflusses entspricht, ergeben sich anhand der jeweiligen Abflüsse die in Tabelle 5 gezeigten Wärmepotenziale.

Tabelle 5: Durchfluss und Wärmepotenzial der untersuchten Fließgewässer in Neunkirchen

Fließgewässer	Mittlerer Niedrigwasserabfluss in l/s	Wärmepotenzial in GWh/a
Heller (Standort 1)	101	1,8
Heller (Standort 2)	66	1,2
Wildenbach (Standort 1)	43	0,8
Wildenbach (Standort 2)	39	0,7

Kumuliert ergibt sich für Heller und Wildenbach somit lediglich ein Potenzial von 1,8 GWh, da die beiden Fließgewässer verbunden sind und die Abflüsse demnach voneinander abhängig sind. Insbesondere die Heller im Ortsteil Neunkirchen bzw. Struthütten weist vielversprechende Potenziale auf, welche als Teillösung in der zentralen Wärmeversorgung genutzt werden könnten. Alle untersuchten Standorte bieten die notwendige Nähe zu geeigneter Bebauung (siehe Wärmeflächendichte in

Abbildung 41). Dabei befinden sich insbesondere die Standorte der Heller sowie Standort 2 des Wildenbachs innerhalb von Industrie- und Gewerbegebieten, während es sich bei Standort 1 des Wildenbachs in erster Linie um den Bedarf von kommunalen Gebäuden handelt, jedoch ebenfalls Haushalte mitversorgt werden könnten.

4.3.2 Stehende Gewässer

Das Gemeindegebiet von Neunkirchen weist keine größeren stehenden Gewässer auf, weshalb die Ergebnisse aus [26] keine Potenziale für die Wärmeversorgung von Neunkirchen zeigen.

4.4 Abwasser aus Kanälen und Kläranlagen

Hinsichtlich der Abwasserkanäle weisen einige Kanäle auf dem Gemeindegebiet von Neunkirchen die Größe von DN800 für einen ausreichenden Abfluss zur Betrachtung des Wärmepotenzials auf (siehe Abbildung 54). Dabei existieren zwei Messstellen, deren ungefähre Verortung in Abbildung 54 dargestellt ist.

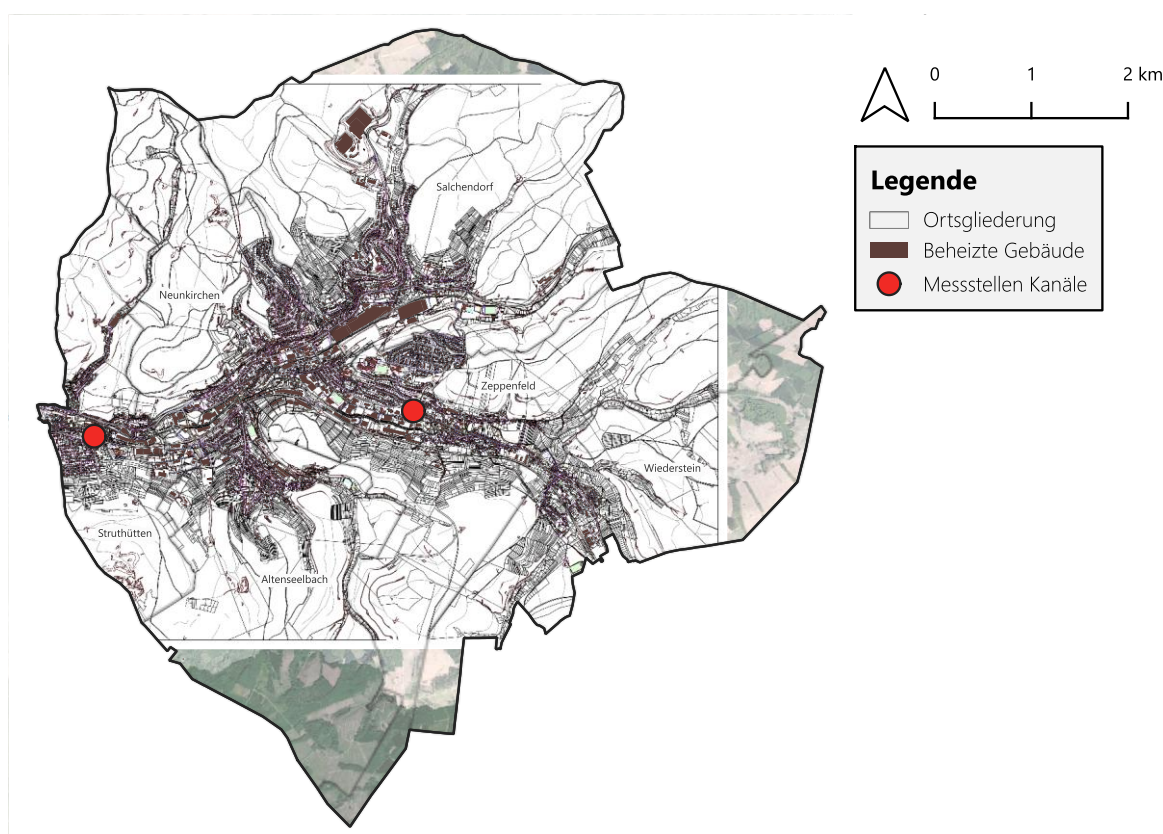


Abbildung 54: Übersichtsplan der Kanäle und ungefähre Standorte der Messstellen

Die eine Messstelle liegt in Zeppenfeld und der Kanal weist unter anderem in Abhängigkeit der Jahreszeit einen Trockenwetterabfluss zwischen 40 l/s und 60 l/s auf. Die andere Messstelle befindet sich in Struthütten, wo der Trockenwetterabfluss des Kanals gemäß Angaben des Abwasserverband zwischen 70 l/s und 100 l/s liegt. Demnach ergibt sich mit dem Näherungswert der spezifischen Wärmekapazität von $3,5 \text{ kWh/m}^3$ bei einer Temperaturabsenkung um 3 K ein jährliches Potenzial zwischen 4,4 GWh und 11 GWh. Dementsprechend ist das Wärmebereitstellungspotenzial aus den Abwasserkanälen in einer ähnlichen Größenordnung bzw. tendenziell sogar höher als die Angaben aus [26] und kann zumindest eine Teillösung in potenziellen Wärmenetzen sein. Dies wird verstärkt durch

die Verortung der Kanäle, die sich insbesondere nahe der dichten Bebauung im Gemeindekern und den Gewerbegebieten mit jeweils hohen Wärmebedarfsdichten (siehe Abschnitt 3.7) befinden. Zudem werden genau diese Gebiete von den Messstellen und deren Potenzialspektrum aufgespannt, sodass bei einer Nutzung der Kanäle zwischen den Messstellen das Energiepotenzial in dem genannten Bereich liegen sollte. Je weiter sich der potenzielle Standort für eine Entnahme somit von Zeppenfeld nach Westen in Richtung Struthütten bewegt, desto größer ist das mögliche Potenzial. Jedoch muss der Abstand zur Kläranlage beachtet werden, der aufgrund der Fließrichtung in Struthütten am kleinsten ist.

Wie in Abschnitt 3.3.4.6 beschrieben ist, werden in der Gemeinde Neunkirchen keine Kläranlagen betrieben.

4.5 Geothermie

4.5.1 Geothermische Voraussetzungen

Für den Einsatz oberflächennaher Geothermie, z. B. durch Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren, sind wasser- und bodenschutzrechtliche Vorgaben zu beachten. In der Abbildung 55 sind daher die in der Gemeinde Neunkirchen ausgewiesenen Wasserschutz- und Naturschutzgebiete dargestellt. Diese Flächen sind für die geothermische Nutzung entweder nur eingeschränkt oder gar nicht geeignet. Hydrologisch sensible Bereiche (empfindliche Boden- und Grundwasserverhältnisse) können ebenso im Kontext der Geothermie relevant sein, liegen jedoch im Gemeindegebiet von Neunkirchen nicht vor.

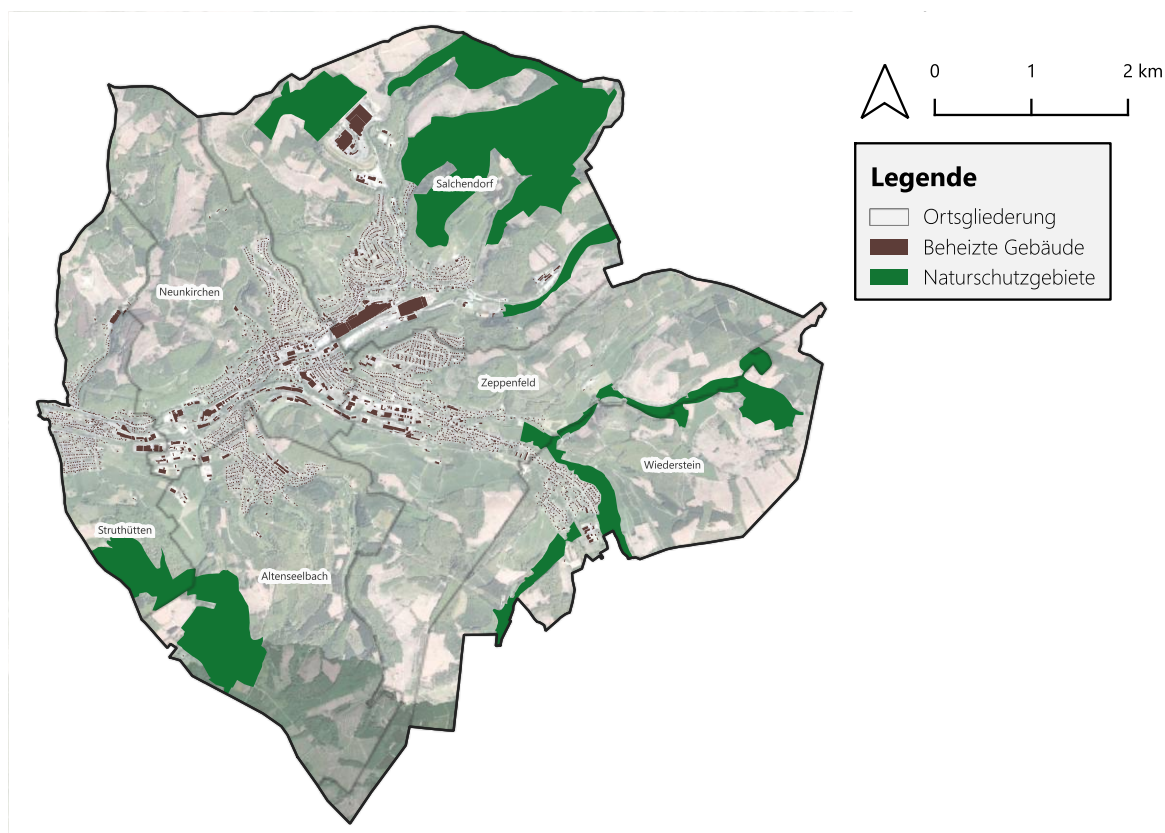


Abbildung 55: Ausschlussgebiete für oberflächennahe Geothermie [30]



Wasserschutzgebiete dienen dem Schutz von Trinkwasserressourcen. 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 Gemeindegebiet von Neunkirchen gibt es keinerlei Wasserschutzgebiete.

Ein weiterer Ausschlussgrund für den Einsatz geothermischer Anlagen ist das Vorliegen von Naturschutzgebieten. In diesen gesetzlich besonders geschützten Bereichen ist die Errichtung von Erdwärmesonden oder -kollektoren in der Regel unzulässig, da Bohrungen und Erdarbeiten mit erheblichen Eingriffen in das Ökosystem verbunden wären. Insbesondere im Ortsteil Salchendorf und zum Teil in Wiederstein und Zeppenfeld sowie in Altenseelbach und Struthütten liegen Naturschutzgebiete vor, welche im Kontext von oberflächennaher Geothermie berücksichtigt werden müssen. Abgesehen von Teilen in Salchendorf, Zeppenfeld und Wiederstein handelt es sich hierbei jedoch primär um Waldflächen, die sowieso keine Eignung für Geothermie haben.

Ein zusätzlicher wichtiger Faktor bei der Nutzung von Wärmequellen ist die Wärmeleitfähigkeit des Bodens, die maßgeblich die Effizienz von Erdwärmesonden beeinflusst. Der Geologische Dienst NRW weist für das Neunkirchner Gemeindegebiet Wärmeleitfähigkeiten im Bereich von 2,0 bis 3,4 W/(m·K) aus. Diese Angaben beziehen sich auf Tiefen zwischen 40 und 100 Metern [31]. Solche Werte werden als „gut“ bis „sehr gut“ bewertet und bieten damit günstige geologische Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Betrieb von geothermischen Anlagen im Gemeindegebiet. In Kombination mit dem geringen Anteil von Ausschlussflächen ergeben sich daraus in weiten Teilen von Neunkirchen grundsätzlich gute Potenziale für den Einsatz oberflächennaher Geothermie.

4.5.2 Erdwärmekollektoren (Oberflächennahe Geothermie)

Als Technologie, die am nächsten zur Erdoberfläche ist, wird zunächst das Potenzial von Erdwärmekollektoren dargestellt. Erdwärmekollektoren sind flächengebundene Systeme zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie. Im Gegensatz zu Tiefensonden, die vertikal in den Untergrund eingebracht werden, bestehen Kollektoren aus horizontal verlegten Rohrsystemen, die in etwa 1,2 bis 1,5 m Tiefe installiert werden. Dort nutzen sie die ganzjährig relativ konstante Bodentemperatur zur Wärmeengewinnung, meist in Kombination mit einer Wärmepumpe.

Abbildung 56 zeigt das technisch erschließbare Potenzial für Erdwärmekollektoren in der Gemeinde Neunkirchen. Die farbliche Staffelung gibt die jährlich theoretisch nutzbare Wärmemenge pro Fläche an. Gemäß den Angaben aus [30] werden große Teile des Gemeindegebiets als „zu flach“ deklariert und weisen keine Eignung für Erdwärmekollektoren aus. Den dargestellten Potenzialflächen aus Abbildung 56 wird wiederum ein geringes bis mittleres Potenzial bezogen auf die Wärmeleitfähigkeit attestiert. In der Gemeinde existieren überwiegend nur kleine Flächen mit Potenzialen von 0 bis 0,5 GWh/a, die verstreut über das Gemeindegebiet verteilt sind und in Teilen nahe der Bebauung liegt. Eine Ausnahme bildet eine Fläche außerhalb des Siedlungsbereichs von Salchendorf mit einem Potenzial von 2 bis 5 GWh/a, das jedoch insgesamt als nahezu vernachlässigbar einzustufen ist, da es aufgrund der Lage kaum zum Wärmebedarf beitragen kann. Insgesamt weist Neunkirchen bei 1.800 Vollbenutzungsstunden (Anzahl der Stunden, die eine Anlage bei maximaler Leistung laufen müsste,

um die erzeugte Jahresenergiemenge zu erreichen) ein theoretisches Gesamtpotenzial von 6 GWh/a bezogen auf Erdwärmekollektoren auf.

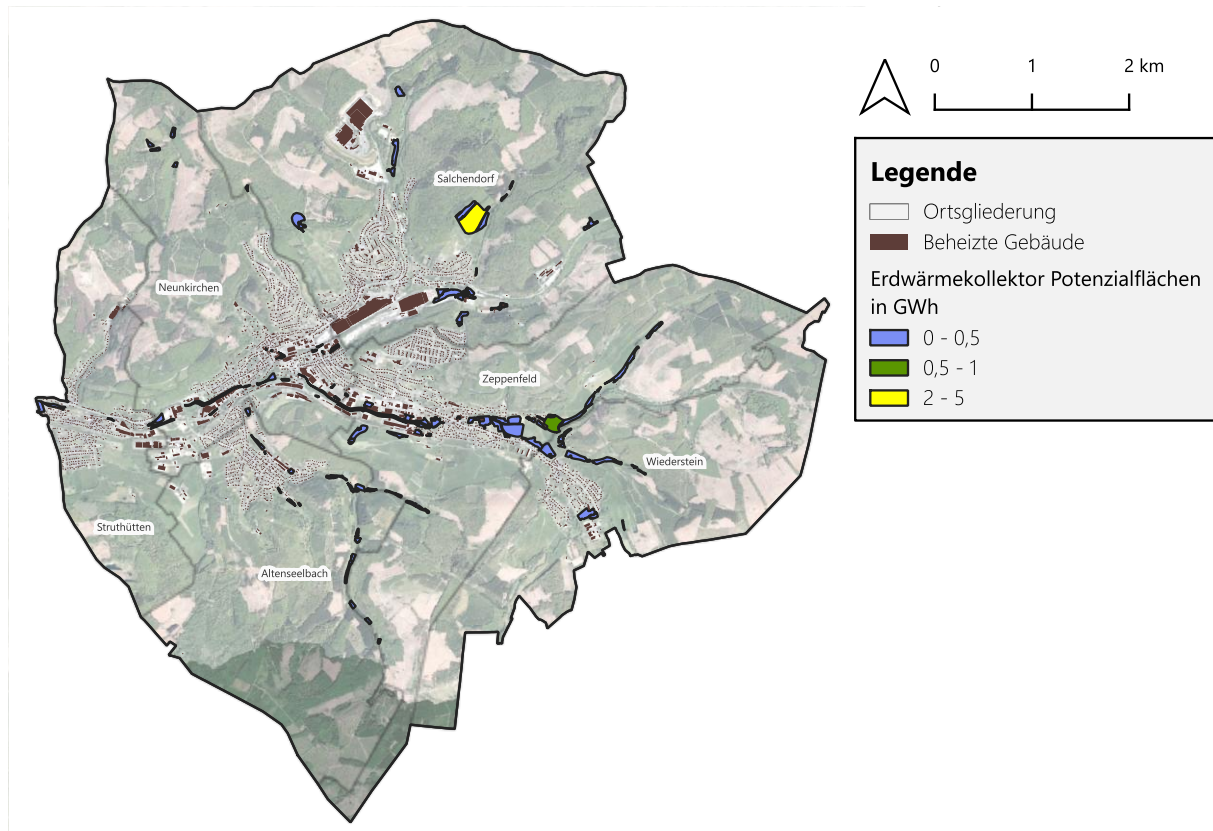


Abbildung 56: Erdwärmekollektoren-Potenzial auf Freiflächen

4.5.3 Erdwärmesonden (Oberflächennahe Geothermie)

Oberflächennahe Geothermie umfasst Bohrungen bis zu einer Tiefe von etwa 400 Metern, bei denen die im Erdreich gespeicherte Wärme für Heizungssysteme, insbesondere Wärmepumpen, genutzt wird. Diese Technologie ist besonders effizient in Kombination mit gut durchlässigen Böden und einer entsprechenden Wärmeleitfähigkeit. In diesen Bohrungen zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit, die die Erdwärme aufnimmt und mittels Wärmepumpe zur Gebäudebeheizung oder Warmwasserbereitung nutzbar macht. Im Gegensatz zu Flächenkollektoren sind Erdsonden flächen- und platzsparend, da sie in die Tiefe gehen und damit auch auf kleineren Grundstücken eingesetzt werden können.

Abbildung 57 zeigt die Erschließungspotenziale für Erdsonden in der Gemeinde Neunkirchen, differenziert nach der potenziell nutzbaren Wärmemenge pro Jahr. Hierbei wurden ausschließlich Bohrungen bis zu einer Tiefe von 100 Metern berücksichtigt. Diese Bohrtiefen sind genehmigungsrechtlich weniger aufwendig, da sie nicht unter das Bergrecht fallen und somit ohne bergbaurechtliches Verfahren realisiert werden können.

Die nennenswerten Potenzialflächen für Erdwärmesonden in der Gemeinde Neunkirchen liegen weitestgehend nahe der Bebauung. Insbesondere in Zeppenfeld sowie Altenseelbach und Struthütten sind große Potenzialflächen zwischen 5 GWh und 10 GWh vorhanden. Hinzu kommen in einige Potenzialflächen im Bereich von 2 GWh bis 5 GWh, die neben den bereits genannten Ortsteilen auch in

Salchendorf und zum Teil in Wiederstein in der Nähe dicht besiedelter Gebiete auftreten und damit zur Versorgung potenzieller Wärmenetze geeignet wären. Insgesamt wird für die Gemeinde Neunkirchen bei 2.100 Vollbenutzungsstunden ein theoretisch nutzbares Potenzial von rund 268 GWh pro Jahr ausgewiesen, was der Größenordnung des aktuellen Raumwärmebedarfs von ca. 241 GWh/a bedeutet.

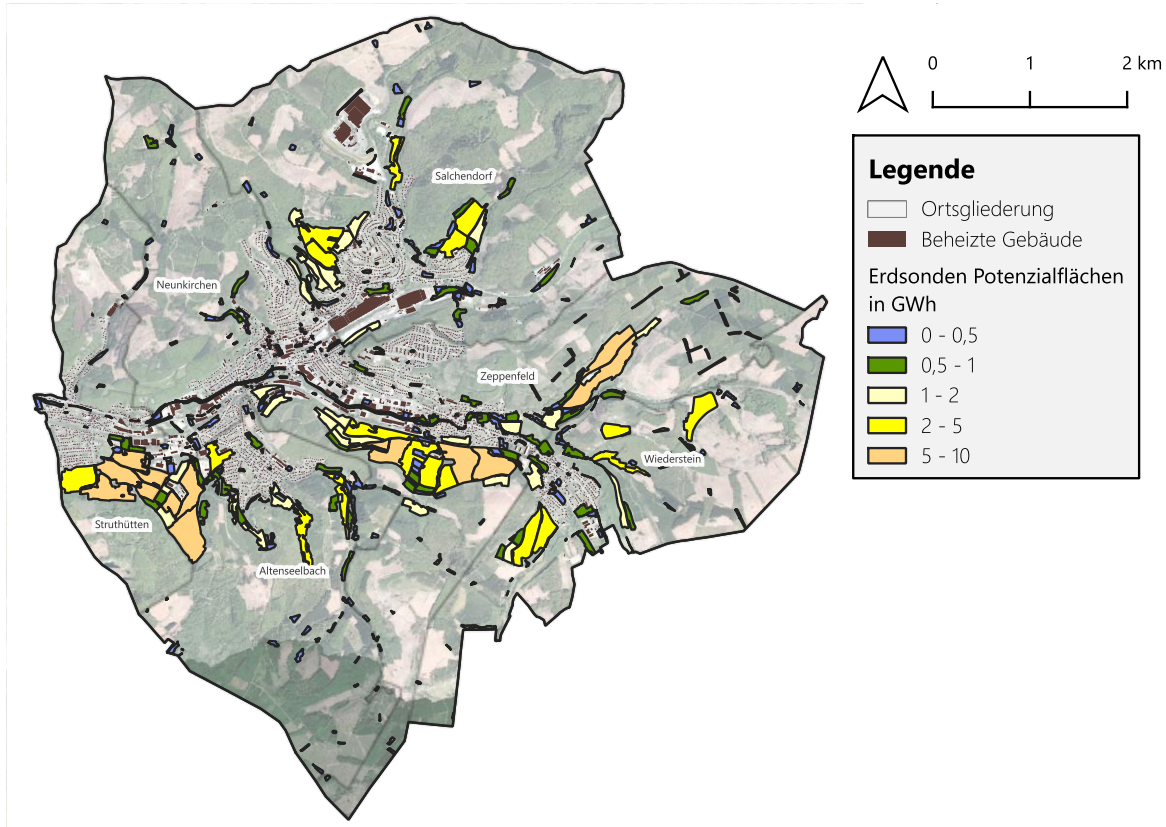


Abbildung 57: Erdsonden-Potenzial auf Freiflächen

In [26] wurde für dezentrale Bohrungen ein Potenzial von 191 GWh ermittelt, womit dort ein Großteil des Wärmebedarfs über Sole-Wasser-Wärmepumpen gedeckt werden könnte. Dies ist insbesondere auf die Flächenverfügbarkeit zurückzuführen, die bei den meisten Grundstücken vorhanden ist.

4.5.4 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 (je nach Definition) vor allem zur direkten Wärmeversorgung genutzt werden, können tiefengeothermische Anlagen durch die höheren Temperaturen auch zur Stromerzeugung beitragen. Die Effizienz und Wirtschaftlichkeit dieser Technologie hängen maßgeblich von der geologischen Beschaffenheit des Untergrunds ab. Entscheidende Faktoren sind die Durchlässigkeit und Ergiebigkeit der wasserführenden Gesteinsschichten sowie die Temperatur der geothermischen Reservoirs.

Die geologische Erkundung ist essenziell, da potenzielle Standorte von mitteltiefer und tiefer Geothermie nur schwer zu bewerten sind. Erkundungsbohrungen sind notwendig, um die tatsächliche Fündigkeit, Ergiebigkeit und Durchlässigkeit der Gesteinsschichten zu bestimmen. Die Kosten für eine solche Bohrung bis in 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 Neunkirchen keine Potenziale in der mitteltiefen oder tiefen Geothermie aus, da die Böden im Gemeindegebiet nach aktuellem Kenntnisstand keine Eignung aufweisen. Finale Aussagen über die Potenziale können, wie oben beschrieben, nur durch detaillierte seismische Untersuchungen und Probebohrungen bestimmt werden.

4.5.5 Grubenthermie

Die Nutzung von Grubenwasser als Wärmequelle bietet Kommunen eine Reihe strategischer, energetischer und wirtschaftlicher Vorteile. Als Form der oberflächennahen bzw. mitteltiefen Geothermie stellt Grubenwasser eine dauerhaft verfügbare, lokale und erneuerbare Energiequelle dar, die unabhängig von Wetterbedingungen genutzt werden kann. Durch die natürlichen Temperaturverhältnisse im gefluteten Grubengebäude eignet sich Grubenwasser insbesondere als Niedertemperaturquelle für den Betrieb effizienter Wärmepumpensysteme.

Ein zentraler Vorteil liegt in einfachen Erschließbarkeit der geothermischen Energie. Die Nachnutzung von ehemaligen Bergwerksinfrastrukturen trägt zur ökologisch und ökonomisch sinnvollen Revitalisierung ehemaliger Bergbauareale bei. Ehemalige Bergwerksstandorte verfügen zum Teil über erhaltene Infrastruktur, z. B. in Form von ehemaligen Schächten, die eine kostengünstige Zugänglichkeit zu wassererfüllten Bereichen von untertägigen Grubengebäuden/Bergwerken ermöglichen können. Dadurch verringert sich der Erschließungsaufwand im Vergleich zu zusätzlichen Erschließungsbohrungen.

Grubenwasser ermöglicht zudem den Aufbau moderner, kalter Nahwärmenetze, die durch niedrige Temperaturniveaus besonders energieeffizient arbeiten. Solche Netze eignen sich für die Versorgung von Wohnquartieren, öffentlichen Einrichtungen und Gewerbegebieten und bieten eine hohe Flexibilität bei der Integration zusätzlicher erneuerbarer Energiequellen. Gleichzeitig können dezentrale Wärmepumpen bedarfsgerecht betrieben werden, wodurch Wärmeverluste reduziert und Versorgungssicherheit erhöht werden. Genauso kann das Temperaturniveau auch erst an zentraler Stelle angehoben werden und dann ein „warmes“ oder heißes Netz betrieben werden.

Durch die Nutzung unterirdischer Hohlräume ergeben sich darüber hinaus Potenziale für die saisonale Wärmespeicherung, etwa indem Wärme im Sommer eingebracht und im Winter abgerufen wird. Dies unterstützt die ganzjährige Optimierung von Versorgungssystemen und trägt zur Reduzierung fossiler Spitzenlasten bei.

Die Grubenwasserwärme kann kommunalen Akteuren helfen, Klimaschutzziele zu erreichen, indem sie den Einsatz fossiler Energieträger reduziert und CO₂-Emissionen deutlich senkt. Gleichzeitig erhöht eine lokal verfügbare und stabile Wärmequelle die Energieunabhängigkeit der Kommune und mindert die Abhängigkeit von volatilen globalen Energiemärkten. In Kombination mit lokal erzeugtem Strom (z. B. Photovoltaik oder KWK-Anlagen) lassen sich zudem wirtschaftlich konkurrenzfähige Wärmeerzeugungskosten erzielen. Dieser Ansatz kann – abhängig von Standortbedingungen und technischer Umsetzung – eine zentrale Rolle bei der nachhaltigen Transformation der kommunalen Wärmeversorgung einnehmen.

Grundlegende Voraussetzung für eine thermische Nutzung von Grubenwasser im Rahmen der Nachnutzung ehemaliger Bergwerke ist das Vorhandensein ausreichend großer Grubenwasservorkommen, die sich in den Hohlräumen des jeweiligen Grubengebäudes ansammeln und für eine Nutzung erschlossen werden können.

Im Rahmen einer durch das Fraunhofer IEG durchgeführten Vorstudie des Kreises Siegen-Wittgenstein wurden die ehemaligen Bergwerke im Gemeindegebiet Neunkirchen hinsichtlich ihres theoretischen Potenzials für eine geothermische Erschließung und thermische Nutzung von Grubenwasser untersucht. Abbildung 58 zeigt alle im Rahmen dieser Studie identifizierten Bergwerke im Gemeindegebiet, die auf Grundlage einer Analyse von Grubenbildern im Hinblick auf die räumliche Lage, Größe, Struktur und Tiefe ihrer Grubengebäude ein hohes oder moderates theoretisch nutzbares Potenzial für eine Grubenwasserwärmenutzung aufweisen. Bergwerke mit einer hohen Potenzialbewertung weisen Erschließungstiefen von mindestens 400 m auf. An diesen Standorten ist mit ausreichend großen, für eine netzbasierte Wärmeversorgung potenziell erschließbaren Grubenwasservorkommen in den tiefen Bereichen der jeweiligen Grubengebäude zu rechnen. Bergwerke mit einer moderaten Potenzialbewertung weisen Erschließungstiefen im Bereich von 100 m bis 400 m auf. [32]

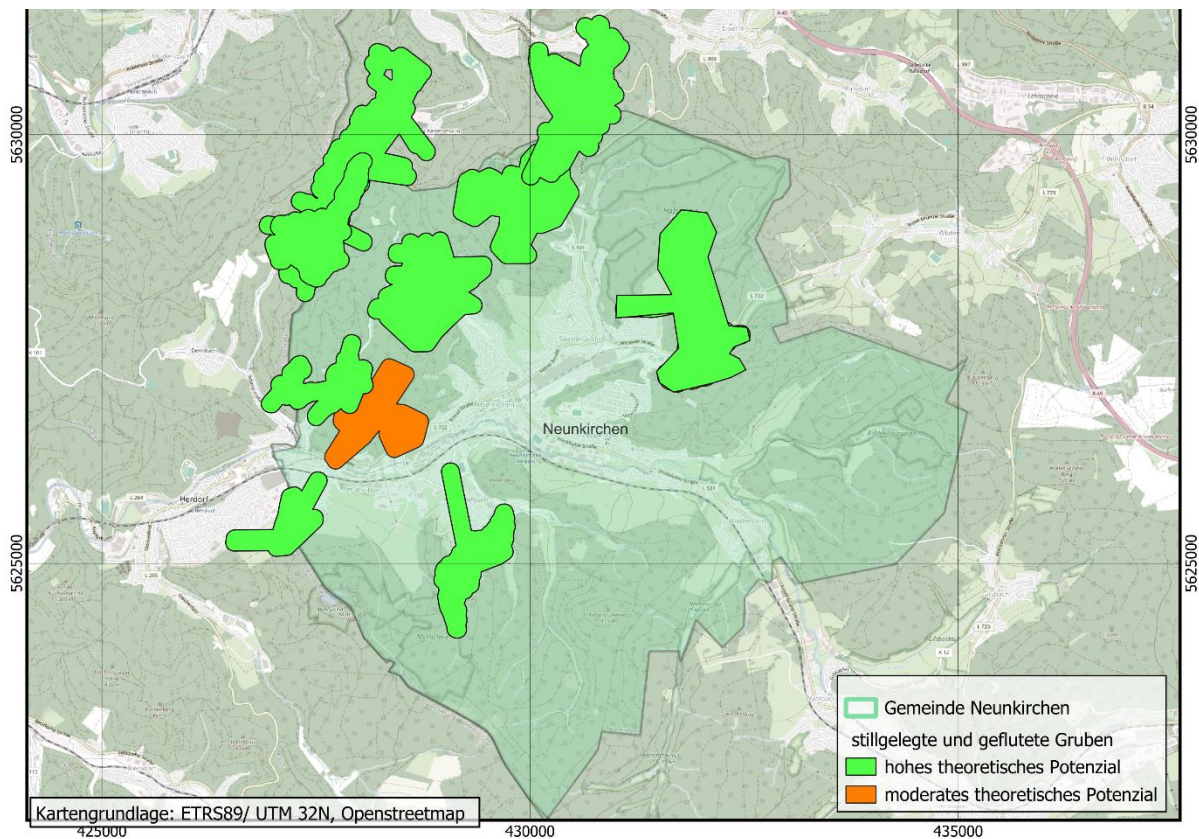


Abbildung 58: Lage von stillgelegten und gefluteten Bergwerken mit hohem oder moderatem Potenzial für eine geothermische Erschließung und Nutzung von Grubenwasser im Gebiet der Gemeinde Neunkirchen [32]

Im Hinblick auf die Verortung in der Gemeinde Neunkirchen befinden sich mehrere Gruben in der Nähe der dichten Bebauung, wie beispielsweise südlich des Ortsteils Altenseelbach oder nördlich der Ortsteile Neunkirchen und Struthütten, und wären damit als potenziell erschließbare Wärmequelle für ein Wärmenetz in Betracht zu ziehen. Weitere Gruben sind am westlichen Rand von Neunkirchen gelegen und geht auf das Gebiet der Nachbarkommune Herdorf über, sodass dort eine



interkommunale Abstimmung über eine potenzielle Nutzung stattfinden sollte. Insbesondere die nördlich gelegenen Gruben befinden sich jedoch überwiegend in topographisch anspruchsvollem, bewaldetem Gelände mit geringer infrastruktureller Erschließung, was sowohl den Zugang zur Grube als auch die Anbindung an Gebiete mit relevantem Wärmebedarf erheblich erschwert und die Wirtschaftlichkeit einer Nutzung entsprechend einschränkt.

In Herdorf gibt es zudem bereits ein Beispiel für eine die Nutzung von Grubenthermie. Dabei wird Wasser aus einer Tiefe bis 400 Meter und einer Temperatur von 17 °C genutzt, sodass eine Leistung von 600 kW ermöglicht wird. Dort herrschten jedoch bereits nahezu perfekte Voraussetzungen zur Umsetzung.

Für eine energetische Quantifizierung der Potenziale fehlt es zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts an Daten, jedoch befindet sich die Vorstudie des Kreises Siegen-Wittgenstein durch das Fraunhofer IEG in Fertigstellung und kann ggf. weitere Erkenntnisse liefern. Grundsätzlich gilt, dass für jeden Bergbaustandort eine eigene Potenzial- und Machbarkeitsstudie durchgeführt werden muss. Fällt eine solche Potenzialanalyse positiv aus, kann im Rahmen einer anschließenden Machbarkeitsstudie ein umsetzbares Konzept zur Planung und Realisierung einer Grubenwassernutzung entwickelt werden.

4.6 Industrielle Abwärme

Die Gemeinde Neunkirchen ist in moderatem Maße durch produzierende Industrie geprägt. Dies spiegelt sich unter anderem in der Anzahl der Wärmegroßverbraucher wider, wie in Abschnitt 3.7 dargestellt. Im Energieatlas ist jedoch lediglich ein Unternehmen mit Abwärmepotenzial verzeichnet [23], das im Norden des Ortsteils Salchendorf und somit nicht in Bedarfsnähe liegt.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wurden mehrere Unternehmen in Neunkirchen zu ihrem Abwärmepotenzial befragt. Zwei Unternehmen gaben konkrete Werte an. Dazu gehört SSI Schäfer Plastics mit 0,38 GWh sowie die Fritz Schäfer GmbH mit 1,74 GWh. Somit ergibt sich ein Abwärmepotenzial von 2,12 GWh, was unter 1 % des gesamten Wärmebedarfs entspricht. Dieses Ergebnis liegt deutlich unter den Annahmen der Wärmestudie [26], die für diesen Bereich ein industrielles Potenzial von rund 21 GWh prognostizierte.

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 [33]. Unternehmen mit einem durchschnittlichen Gesamtenergieverbrauch von über 2,5 GWh sind hierbei zu Angaben verpflichtet. Im Rahmen der ersten Veröffentlichung der Ergebnisse liegt gemäß [33] ein Abwärmepotenzial in Höhe von ca. 1,1 GWh vor, das jedoch von der Karl Hess GmbH & Co. KG angegeben wurde und bei dem es sich vermutlich um den Wärmeverbrauch und nicht das Abwärmepotenzial handelt.

4.7 Biomasse

In der Wärmestudie NRW wurde für die Gemeinde Neunkirchen ein Biomassepotenzial von 9 GWh für die zukünftige Wärmeversorgung ermittelt (siehe Abbildung 51), welches sich auf die drei wesentlichen Bereiche Abfallwirtschaft, Forstwirtschaft und Landwirtschaft verteilt. [26].



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 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. Landwirtschaftliche Biomasse wird weiterhin als potenzielle Quelle genannt, wobei auch diese Potenziale logistisch und wirtschaftlich nur schwer zu heben sind. [26]

Gemäß der Datengrundlage aus [18] weist Neunkirchen eine Waldfläche (abzüglich der Naturschutzgebiete) von 22,2 km² auf, was wiederum 56 % der gesamten Gemeindefläche entspricht. Auf Basis der Angaben aus [34] wurde ein energetisches Potenzial von 9,6 GWh pro Jahr für das Restholz dieser Waldflächen bestimmt. Im Gegensatz zu dem großen Anteil an Waldfläche ist Neunkirchen nur wenig von landschaftlichen Flächen geprägt. Insgesamt entsprechen die Grün- und Ackerflächen (Naturschutzgebiete ausgenommen) in Neunkirchen 3,7 km² (9 % der Gesamtfläche). 0,1 km² sind hierbei als Ackerflächen und 3,6 km² als Grünflächen ausgewiesen. Unter der Annahme, dass 9 % der landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von Energiepflanzen genutzt werden, was wiederum dem deutschen Durchschnitt entspricht, ergibt sich ein energetisches Potenzial von 0,85 GWh über die Methanisierung der Energiepflanzen [35], [36].

Somit resultiert aus den Berechnungen zu Wald- und Landwirtschaftsflächen ein sinnvoll nutzbares Wärmebereitstellungspotenzial von kumuliert annähernd 10,5 GWh. Die Ergebnisse der Bestandsanalyse in Abbildung 21 zeigen, dass im Status quo 13,7 GWh der Wärme bereits über Biomasse bereitgestellt wird, was oberhalb des lokalen Potenzials liegt. Es kann zusammengefasst werden, dass bereits heute das lokale Biomassepotenzial ausgereizt wird, sodass Biomasse auch in zukünftigen Überlegungen nur mit Bedacht berücksichtigt werden sollte.

4.8 Luft-Wasser-Wärmepumpen

Luft-Wasser-Wärmepumpen werden für die zukünftige Wärmeversorgung eine wichtige Rolle in Deutschland spielen. Diese sind jedoch nicht nur als dezentrale Lösung eine vielversprechende Alternative, sondern können auch als Wärmeerzeuger einer zentralen Wärmeversorgung genutzt werden. Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Analyse zentraler Lösungen. Die Eignung von Gebäuden für dezentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen wird im Rahmen der Szenarienentwicklung thematisiert.

Die primäre Restriktion für Luft-Wasser-Wärmepumpen (sowohl zentral als auch dezentral) sind die Schallemissionen, welche die Außengeräte der Wärmepumpensysteme im Betrieb verursachen. Wärmepumpen müssen dementsprechend konform mit der TA Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) sein, welche Grenzwerte für Schallimmissionen vorgibt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden alle Freiflächen (Grasflächen, Ackerland sowie Gewerbe- und Industrieflächen) auf die Eignung für den Betrieb von zentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen geprüft. Berücksichtigt wurden hierbei jedoch nur Flächen, welche wiederum innerhalb eines Abstandes von unter 1 km von nennenswerter Bebauung liegen, damit diese Flächen auch sinnvoll in der Wärmeversorgung genutzt

werden könnten. Als Grundlage für die Flächennutzung wurden die Daten aus [37] verwendet, welche aufgrund von Datenlücken jedoch erweitert werden mussten. Naturschutzgebiete, welche bereits in Abschnitt 4.5 beschrieben wurden, sind als Ausschlussgebiete für zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen definiert worden.

In Abbildung 59 sind die Freiflächen (inkl. derer thermischer Leistungspotenziale) dargestellt, welche für den Betrieb zentraler Luft-Wasser-Wärmepumpen geeignet sind. Als thermische Mindestleistung sind hierbei 250 kW angesetzt worden. Potenzialflächen, welche nur Anlagen mit geringerer Leistung ermöglichen, sind nicht berücksichtigt worden.

Insgesamt wurden im Kontext der Auswertung 17 Eignungsflächen identifiziert, welche thermische Leistungen zwischen 281 kW und 28.816 kW ermöglichen. In Summe ergibt sich ein energetisches Gesamtpotenzial (unter Annahme von 2.000 Vollbenutzungsstunden) von 222,37 GWh. Dieses Gesamtpotenzial ist jedoch als theoretischer Wert einzuordnen.

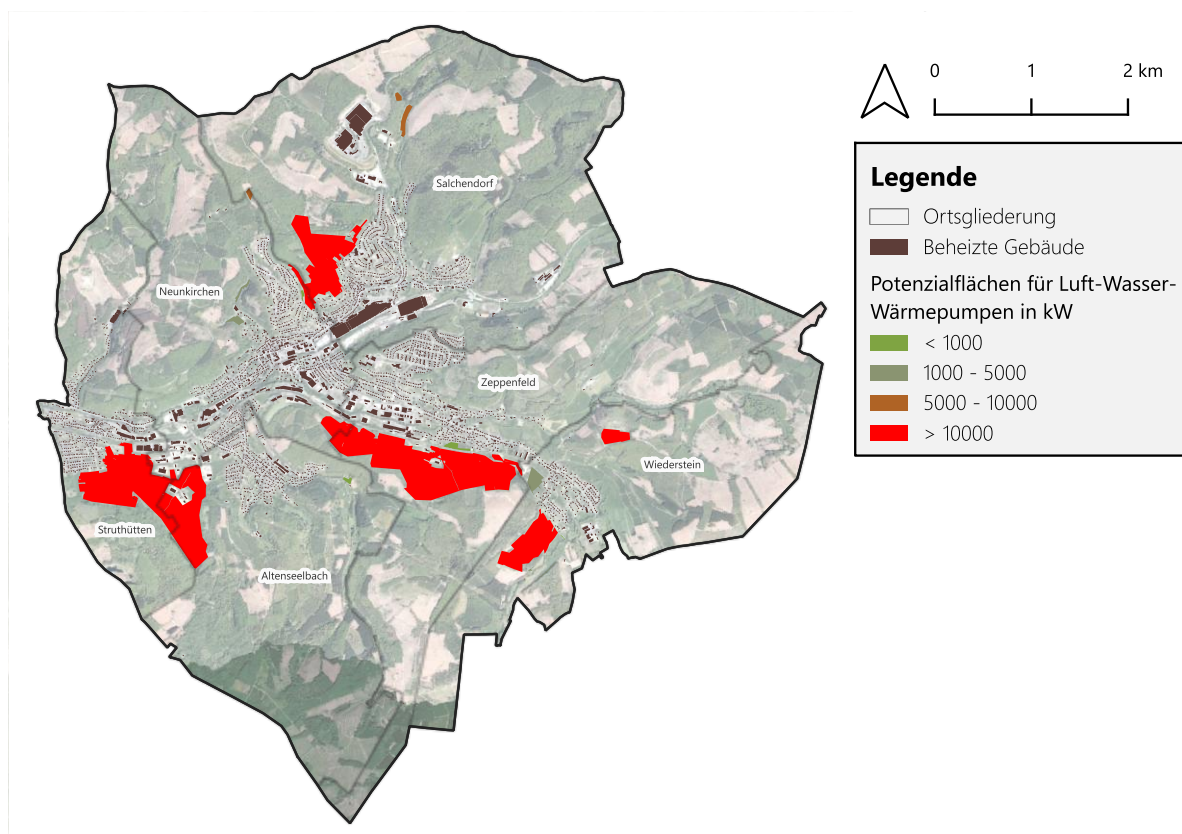


Abbildung 59: Potenzialflächen für zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen

Abbildung 59 zeigt, dass der Großteil der Potenzialflächen für zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen in Neunkirchen in die Kategorie über 10.000 kW fallen. Diese befinden sich vor allem in größeren zusammenhängenden Bereichen in Salchendorf, Struthütten, Zeppenfeld und Teilen von Wiederstein und befinden sich größtenteils nahe der Bebauung. Die kleineren Kategorien treten überwiegend nur vereinzelt und außerhalb der Siedlungsbereiche auf.

Wie in Abschnitt 3.7 dargestellt, zeigt die räumliche Überlagerung der Potenzialflächen für zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen mit den Karten zur Wärmeflächendichte und Wärmelinienendichte, dass viele dieser Flächen in oder nahe Bereichen mit einer Wärmeflächendichte von über 400 MWh pro



Hektar und einer Wärmeliniendichte von über 3.000 kWh pro Meter und Jahr liegen. Diese Kombination weist auf besonders günstige Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Nutzung hin. Aufgrund der verteilten Struktur mit einzelnen, räumlich voneinander getrennten Potenzialzonen bietet sich der Aufbau eines größeren oder mehrerer kleinerer, dezentraler Wärmenetze oder Quartiersnetze an. In diesen Netzen würden zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen als Hauptwärmeerzeuger die bisherigen fossilen Erzeugungsanlagen ersetzen, während in Spitzenlastzeiten oder bei Ausfall zusätzliche Spitzenlast- oder Redundanzanlagen zur Abdeckung des Bedarfs eingesetzt werden.

4.9 Kurzzusammenfassung der Potenzialanalyse

In Abbildung 60 sind die Erkenntnisse der Kapitel 4.2 bis 4.8 abschließend zusammengefasst. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere Luft-Wasser-Wärmepumpen, oberflächennahe Geothermie sowie in begrenztem Maße auch Solarthermie zentrale Optionen für die zukünftige Wärmeversorgung in Neunkirchen darstellen. Abwasser aus Kanälen sowie Biomasse bieten ein kleines ergänzendes Potenzial, während industrielle Abwärme sowie Gewässer in kaum relevantem Umfang verfügbar sind. Potenziale aus tiefer Geothermie sind nach aktuellem Kenntnisstand nicht nutzbar.

	Solarthermie	Das Potenzial für Freiflächen-Solarthermie beträgt rund 102 GWh pro Jahr. Viele Flächen konkurrieren jedoch mit der landwirtschaftlichen Nutzung. Das Potenzial der Dachflächen liegt bei etwa 150 GWh pro Jahr.
	102 GWh	
	Freiflächen der Kommune	
	Kläranlagen & Abwasser	Das Abwassernetz bietet mit 11 GWh ein moderates Potenzial zur Wärmenutzung, ist aufgrund der Restriktionen jedoch meist nur eine Teillösung. Eine Kläranlage liegt nicht vor und bietet demnach keinerlei Potenzial.
	11 GWh	
	Kanäle	
	Gewässer	Für die Nutzung von Flusswasser zur Wärmeerzeugung ergibt sich ein Potenzial von insgesamt 1,8 GWh pro Jahr, das auf die Heller entfällt. Der Wildenbach als Zufluss der Heller bietet ein geringeres Potenzial.
	1,8 GWh	
	Heller	
	Biomasse	Die angegebenen 10,5 GWh Wärme können vor allem durch Holz und zu einem geringen Teil durch Biogas bereitgestellt werden. Da bereits heute 14 GWh Wärme über Biomasseheizungen bereitgestellt werden, ist fraglich, ob das Potenzial für eine zukünftige Versorgung zu berücksichtigen ist.
	10,5 GWh	
	Waldflächen/Landwirtschaft	
	Geothermie	Oberflächennahe Geothermie auf Freiflächen hat ein Potenzial von 268 GWh, wobei die Flächenverfügbarkeit und die Entfernung zu bebauten Gebieten das Potenzial einschränken. Für dezentrale Bohrungen hat das LANUK ein Potenzial von 191 GWh berechnet, während es für tiefe Geothermie keine Potenziale gibt.
	268 GWh	
	Freiflächen der Kommune	
	Abwärme	Die einzigen potenziellen Beiträge für industrielle Abwärme stammen von der Fritz Schäfer GmbH mit 1,7 GWh und SSI Schäfer Plastics mit 0,4 GWh. Industrielle Abwärme kann demnach nur einen begrenzten Beitrag zur Wärmetransformation leisten.
	2,1 GWh	
	Industrieunternehmen	
	Außenluft	Das Wärmepotenzial durch Außenluft ist insbesondere für dezentrale Wärmepumpen zur Versorgung einzelner Gebäude nur durch Schallimmissionen begrenzt. In einer Freiflächenanalyse wurden Potenzialflächen mit Leistungen bis 29 MW und einem jährlichen Wärmeertrag von insgesamt 222 GWh identifiziert.
	222 GWh	
	Freiflächen der Kommune	

Abbildung 60: Zusammenfassung der Potenzialanalyse

5 Entwicklung des Zielszenarios

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 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 Restriktionen zur Nutzung fossiler Energieträger, die den Wechsel auf andere Heiztechnologien erzwingen können.

Zusammengefasst sind Technologiewechsel der Heizung abhängig von folgenden Faktoren:

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

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

Grundsätzlich gibt es mehrere denkbare Optionen, die für die Wärmeversorgung in der Gemeinde Neunkirchen grundlegend infrage kommen. Das Venn-Diagramm in Abbildung 61 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.

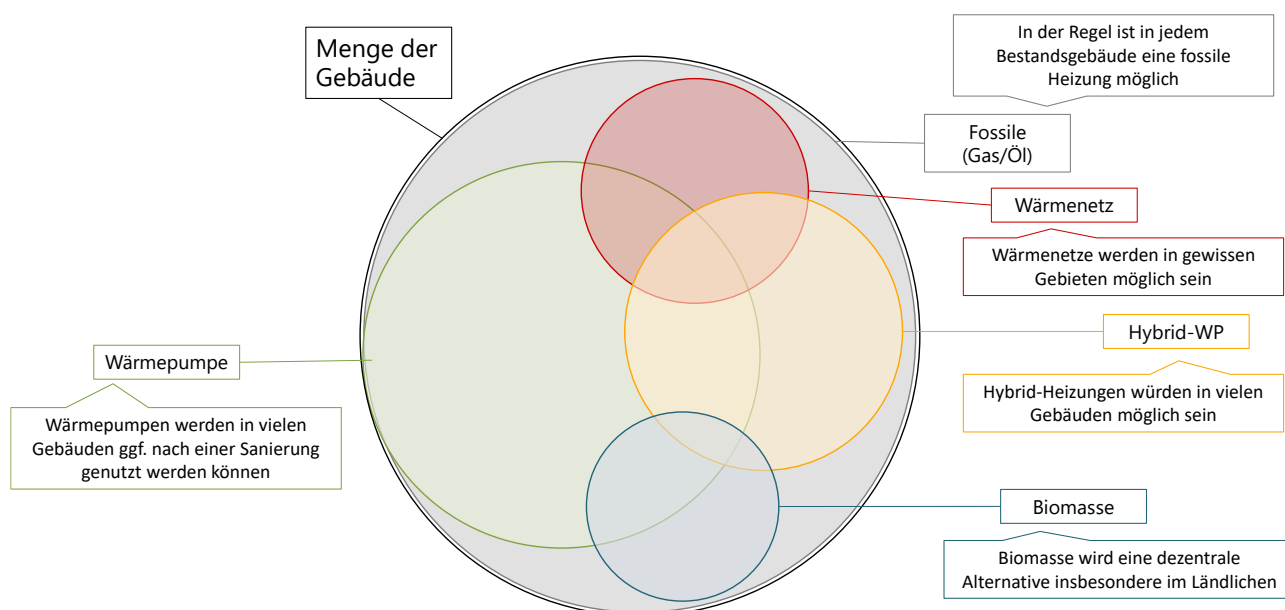


Abbildung 61: Lösungsraum der Wärmetechnologien

5.3 Auswirkungen der Sanierung

Um die Wärmewende in der Gemeinde Neunkirchen 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 Neunkirchen. In Tabelle 6 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 6: Betrachtete Sanierungsklassen

Sanierungs- klasse	1: Geringintensive Sanierung	2: Mittelintensive Sanierung	3: Tiefgreifende Sanierung
Maßnahmen	- Austausch alter Heizkörperventile gegen thermostatische Ventile - Durchführung kleinerer Abdichtungsarbeiten an Fenstern und Türen - Einbau von programmierbaren Heizungssteuerungen	- Dachdämmung (von außen oder innen) - Verbesserung der Dämmung der obersten Geschossdecke - ggf. Dämmung von Keller- und Garagendecken - Umverglasung vorhandener Fenster	- Erneuerung von Fenstern mit Wärmeschutzstandard - zusätzliche Dachdämmung - Umfassende Außendämmung der Wände - Dämmung von Kellerdecken und Bodenplatten - ggf. Einbau von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
Investitionskosten	Sehr gering	Mittel	Hoch
Energieeinsparung	Gering bis moderat, hauptsächlich durch verbesserte Wärmeverteilung und Vermeidung von Wärmeverlusten	Mittel, da Dämmmaßnahmen und Mehrfachverglasung eingesetzt werden	Sehr hoch, Gebäude benötigen deutlich weniger externe Energiezufuhr
Amortisationszeit	Sehr kurz, in der Regel innerhalb weniger Jahre	Mittel, abhängig von den Energiekosten	Lang
Förderung	Förderungen für kleinere Maßnahmen sind begrenzt, aber lokale und regionale Programme bieten möglicherweise kleine Zuschüsse	Förderprogramme können Teile der Kosten abdecken, insbesondere für Dämmmaßnahmen	Förderungen notwendig, die Teile der Kosten decken können, einschließlich spezieller Kredite zu günstigen Konditionen

5.3.2 Entwicklung des Wärmebedarfs

Im folgenden Abschnitt wird das Sanierungspotenzial für die Gemeinde Neunkirchen dargelegt. In Abbildung 62 wird die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs ausgehend vom Status quo in Abhängigkeit der Umsetzung der verschiedenen Sanierungsklassen aufgezeigt. Der jährliche

Wärmebedarf beinhaltet gemäß Abschnitt 3.4 die Bedarfe Raumwärme, Trinkwarmwasser und in Teilen Prozesswärme. Als Datengrundlage für die Modellierung dienen die Angaben aus [38]. Die Sanierungsklassen variieren je Gebäude nach Baujahresklasse und Gebäudetyp.

Im aktuellen Bestand liegt der Wärmebedarf bei 241,4 GWh für das gesamte Gemeindegebiet. Während bei Sanierungsklasse 1 der Wärmebedarf nahezu unverändert bleibt (kleiner 1 % Wärmebedarfsreduktion) und auch Sanierungsklasse 2 nur eine Reduktion des Wärmebedarfs um ca. 2 % zeigt, führt Sanierungsklasse 3 zu einer Reduktion des Wärmebedarfs um 28 % auf einen jährlichen Gesamtwärmebedarf von 174 GWh. Die geringen Verbesserungen der Sanierungsklassen 1 und 2 sind darauf zurückzuführen, dass die Gebäude zu großen Teilen bereits diesen Sanierungsklassen entsprechen, was sich durch den Abgleich von typischen Wärmebedarf auf Basis des Gebäudetyps und Baujahrs im Vergleich zu den echten Verbrauchswerten gezeigt hat.

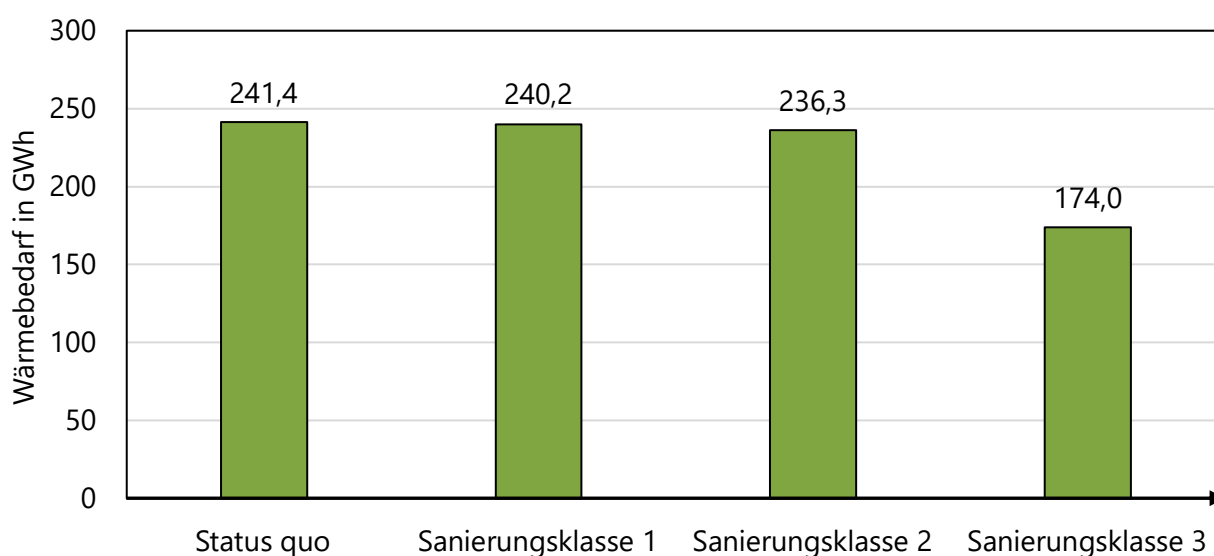


Abbildung 62: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs durch Sanierung

In Abbildung 63 ist das Sanierungspotenzial (energetisches Einsparpotenzial) zwischen dem Status quo und Sanierungsklasse 3 auf Baublockebene dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass 17 % der Baublöcke ein mittleres Sanierungspotenzial von unter 20 % aufweisen. Bei den Baublöcken mit dem niedrigsten Sanierungspotenzial handelt es sich insbesondere um Baublöcke mit hohem Anteil von Industrie- und Gewerbegebäuden. Ein Sanierungspotenzial zwischen 20 % und 40 % weisen 29 % der Baublöcke auf. Mit 53 % der Baublöcke liegt der Großteil bei einem Sanierungspotenzial zwischen 40 % und 60 %. Insgesamt vier Baublöcke (2 % der Baublöcke) liegen zwischen 60 % und maximal 65 %. Die Ergebnisse spiegeln wider, dass in der Gemeinde weitestgehend flächendeckend Sanierungspotenziale vorliegen. Die Baublöcke mit dem höchsten Potenzial (>50 % Sanierungspotenzial) liegen verteilt im gesamten Gemeindegebiet, jedoch weisen die Ortsteile Neunkirchen, Salchendorf und Zeppenfeld einen großen Anteil dieser Baublöcke auf.

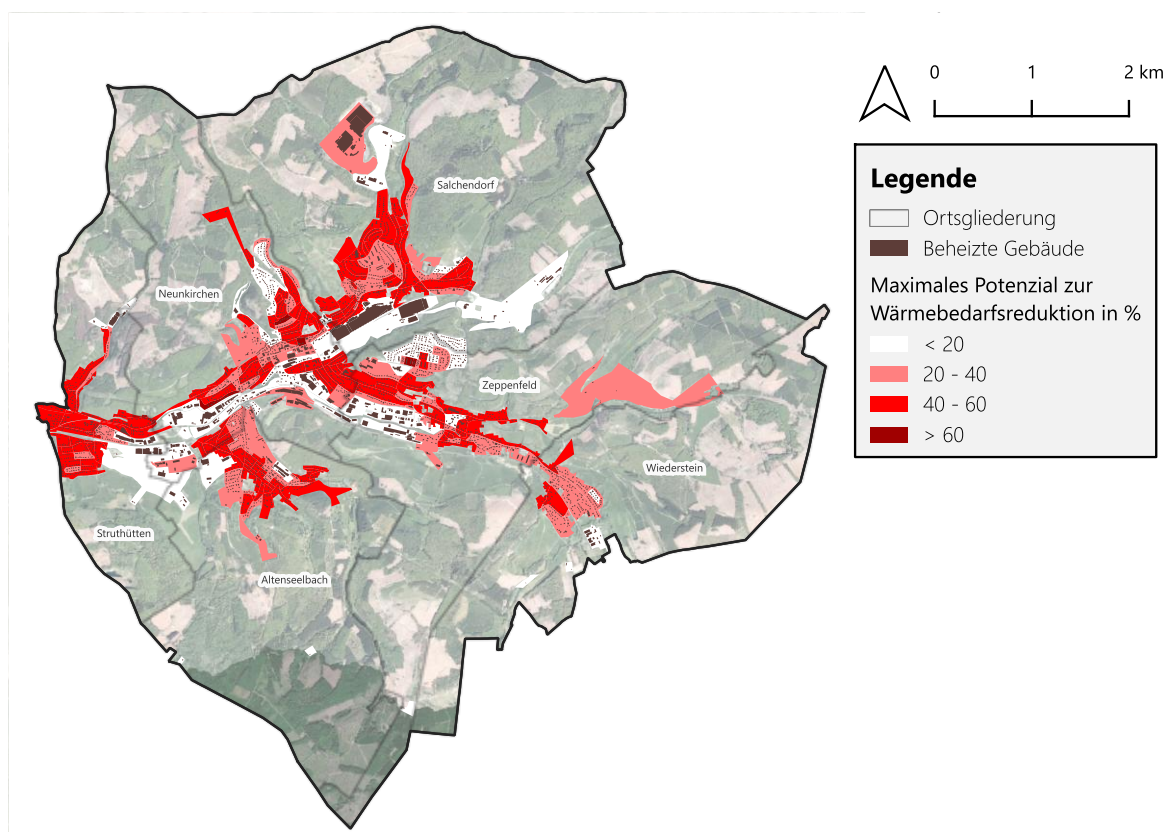


Abbildung 63: Sanierungspotenzial auf Baublockebene

In der Szenarienbetrachtung, welche in Abschnitt 5.5 thematisiert wird, wird die Wärmebedarfsreduktion in Verbindung mit der Erneuerung der Heizungsanlage betrachtet. Es wird angenommen, dass jedes Gebäude im Gemeindegebiet bis zum Zieljahr 2045 eine Erneuerung der Heizung mit potenziellem Technologiewechsel vornimmt. Im Zuge dieses Heizungstausches wird eine Sanierung auf Sanierungsklasse 3 vorgenommen, insofern Sanierungsklasse 3 nicht bereits dem Status quo des Gebäudes entspricht. Bei Nichtwohngebäuden (gemäß des Gebäudetyps aus [20]) und denkmalgeschützten Gebäuden wird in der gewählten Modellierung keine Wärmebedarfsreduktion vorgenommen. Die Heizungserneuerungen und damit auch die Sanierungszeitpunkte werden linear zwischen dem Status quo und dem Zieljahr 2045 verteilt. Als Ausnahme sind neue Wärmenetzanschlüsse zu nennen, welche primär in Abhängigkeit der Inbetriebnahme des neuen Wärmenetzabschnittes festgelegt werden.

5.4 Eignung der Gebäude für Wärmeversorgungstechnologien

5.4.1 Eignungsprüfung für Wärmepumpen sowie Wasserstoff- und Wärmenetze

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

Dezentrale Wärmepumpen gelten als vielversprechende Option der zukünftigen Wärmeversorgung. Im Vergleich zu aktuellen fossilen Lösungen (zum Beispiel Ölheizungen) sind hierbei jedoch weitere Restriktionen zu beachten. Zum Beispiel arbeiten Wärmepumpen in der Regel mit niedrigeren



Vorlauftemperaturen. Für einen effizienten Betrieb sind dementsprechend bessere Dämmstandards und größere Heizflächen nötig. Dies kann dazu führen, dass beim Technologiewechsel auf eine Wärmepumpe Sanierungsschritte notwendig sind. Da die Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen primär eine wirtschaftliche Hürde darstellen, ist dies kein Teil der Eignungsprüfung, sondern wird im Rahmen der Szenarienerstellung (siehe Abschnitt 5.5) berücksichtigt.

Luft-Wasser-Wärmepumpen, welche aus Gründen der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit zukünftig die primäre Wärmepumpenoption auf dezentraler Ebene darstellen werden, nutzen Außengeräte, die wiederum Schallemissionen verursachen. Wärmepumpen müssen dementsprechend konform mit der TA Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) sein, welche Grenzwerte für Schallimmissionen vorgibt. Im Rahmen der Eignungsprüfung für Wärmepumpen wird geprüft, ob in Abhängigkeit der Dimensionierung der Wärmepumpen die Schallimmissionen konform mit der TA Lärm sind. Wenn die Schallimmissionen bei Nutzung einer Wärmepumpe zu hoch wären, wird keine Eignung für dieses Gebäude ausgesprochen. Ebenso wird der Platzbedarf der Außengeräte abgeschätzt und in die Eignungsbestimmung miteinbezogen.

Sole-Wasser-Wärmepumpen stellen ebenfalls eine effiziente Möglichkeit zur Wärmeerzeugung dar. Für ihren Einsatz sind jedoch Erdsondenbohrungen oder das Verlegen von Erdkollektoren erforderlich, was eine ausreichende Grundstückgröße und entsprechende Platzverhältnisse voraussetzt, um den Wärmebedarf zuverlässig decken zu können. In einer Eignungsanalyse für Sole-Wasser-Wärmepumpen werden daher vor allem die Grundstücksflächen im Verhältnis zur benötigten Heizleistung berücksichtigt. Ergänzend fließen auch Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete sowie die geothermischen Voraussetzungen, insbesondere die Wärmeleitfähigkeit des Bodens, in die Bewertung ein. Im Rahmen dieser Eignungsprüfung wird sich aufgrund des geringeren Platzbedarfs auf Erdsonden im Abgleich zu Erdkollektoren konzentriert.

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, wurde die Metrik der Wärmeliniedichte (Straßenzugebene) genutzt. Ebenso wird berücksichtigt, ob Gebäude bereits in der Nähe bestehender Wärmenetzleitungen liegen oder sogar bereits angeschlossen sind. Als Grundlage für die Berechnung der Wärmeliniedichte ist eine Sanierung auf Sanierungsstufe 3 (siehe Abschnitt 5.3) berücksichtigt worden, sodass eine potenzielle Wirtschaftlichkeit des Netzes auch bei zukünftiger Wärmebedarfsreduktion gewährleistet werden kann.

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 Informationslage ist eine Umstellung von Teilen des lokalen Gasnetzes in Neunkirchen aufgrund der Entfernung zum Wasserstoff-Kernnetz eher unrealistisch.

5.4.2 Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgungsoptionen sowie Wasserstoff- und Wärmenetze

In Abbildung 64 ist die Anzahl an Gebäuden, welche für Luft-Wasser-Wärmepumpen, Sole-Wasser-Wärmepumpen, Wasserstoff- oder Wärmenetze geeignet sind, dargestellt. Aus den Ergebnissen der Eignungsprüfung auf Basis der vorliegenden Daten geht hervor, dass 4.005 Gebäude, das heißt 97 % aller Gebäude, in der Gemeinde Neunkirchen für Luft-Wasser-Wärmepumpen geeignet erscheinen. Dementsprechend sind Luft-Wasser-Wärmepumpen im Gemeindegebiet eine flächendeckende Lösungsoption. Eine Anzahl von 2.675 Gebäuden und damit 65 % weisen eine Eignung für Sole-Wasser-Wärmepumpen auf. Bezogen auf alle dezentralen Technologien (zusätzlich u. a. Pellet-Heizungen) ergibt sich sogar eine Eignung für 4.066 Gebäude und damit von 99 %. Hinsichtlich Wärmenetzen liegt für 1.186 Gebäude und damit 29 % eine Eignung vor. Gemäß der Beschreibung aus Abschnitt 5.4.1 sind nach aktuellem Planungsstand keine Gebäude für ein Wasserstoffnetz geeignet.

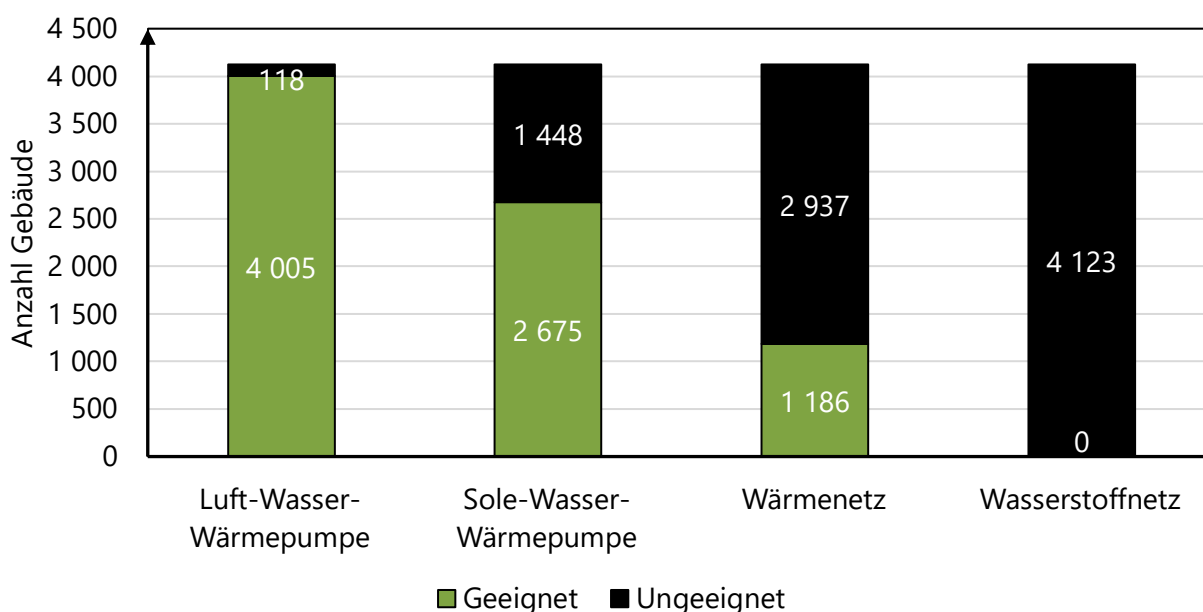


Abbildung 64: Eignung der Gebäude in Abhängigkeit der Technologien

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

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

Die Eignung für Luft-Wasser-Wärmepumpen auf Baublockebene ist in Abbildung 65 dargestellt. Wie bereits im Kontext von Abbildung 64 beschrieben, stellen Luft-Wasser-Wärmepumpen im Gemeindegebiet eine flächendeckende Option dar. 97 % der Baublöcke sind gemäß der oben beschriebenen Definition als „sehr wahrscheinlich geeignet“ ausgewiesen. Als „wahrscheinlich geeignet“ sind zudem sechs Baublöcke definiert, die sich insbesondere im Gemeindezentrum befinden. Lediglich ein Baublock weist einen Anteil von maximal 50 % geeigneter Gebäude auf und sind dementsprechend als „wahrscheinlich ungeeignet“ eingestuft. Dieser Baublock befindet sich am Rand eines Gewerbegebiets.

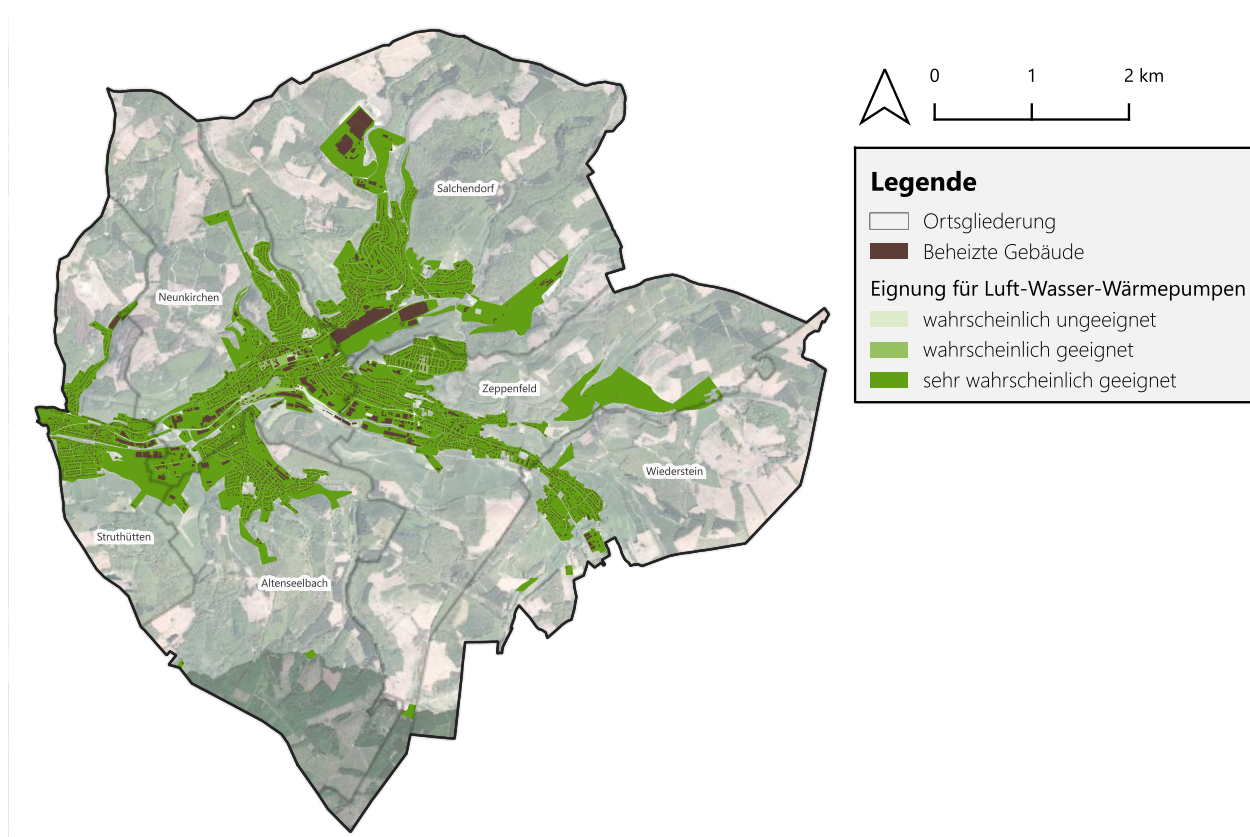


Abbildung 65: Eignung der Wärmeversorgungsart Luft-Wasser-Wärmepumpe für das Zieljahr 2045

Die Eignung für Sole-Wasser-Wärmepumpen auf Baublockebene ist in Abbildung 66 dargestellt. In Abgrenzung zu den Luft-Wasser-Wärmepumpen ist zu erkennen, dass nicht im ganzen Gemeindegebiet eine Eignung für Sole-Wasser-Wärmepumpen vorliegt. 36 % der Baublöcke werden als „sehr wahrscheinlich geeignet“ definiert. Diese Baublöcke liegen größtenteils im ländlichen Bereich bzw.

am Rand des Gemeindegebiets sowie in Gebieten mit vielen Einfamilienhäusern. Ebenfalls 36 % der Baublöcke werden als „wahrscheinlich geeignet“ definiert. Diese liegen sowohl in ländlichen Bereichen, gewerblichen Quartieren sowie ebenso in Wohnvierteln mit vielen Einfamilienhäusern. Insgesamt 20 % der Baublöcke werden als „wahrscheinlich ungeeignet“ kategorisiert. Diese Baublöcke liegen zum Großteil in den Innenstadt-Bereichen von Neunkirchen. Zuletzt sind 8 % der Baublöcke als „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ definiert. Diese Baublöcke befinden sich insbesondere im Zentrum von Neunkirchen.

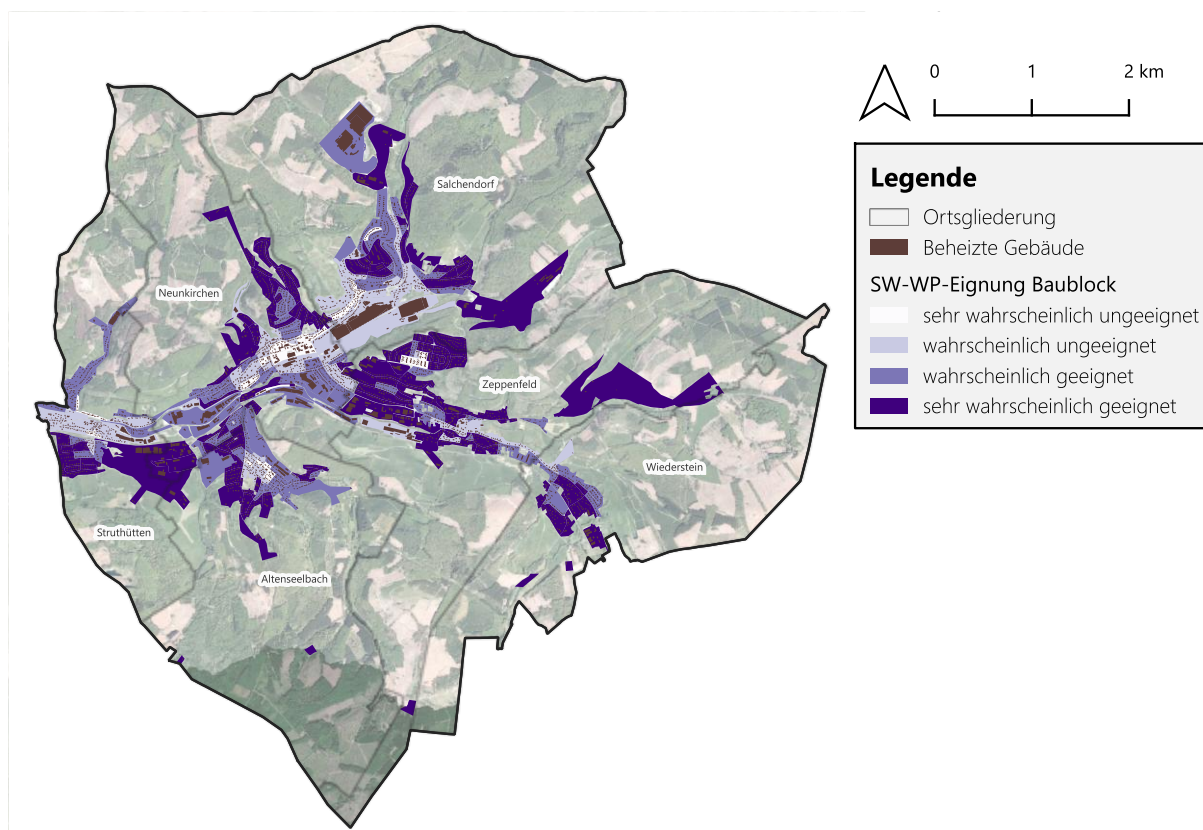


Abbildung 66: Eignung der Wärmeversorgungsart Sole-Wasser-Wärmepumpe für das Zieljahr 2045

In Abbildung 67 ist die Eignung der Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ dargestellt. In Abgrenzung zur Eignung für Luft-Wasser-Wärmepumpen ist hier auch insbesondere die Eignung für Sole-Wasser-Wärmepumpen und Pellet-Heizungen berücksichtigt, welche wiederum eine wichtige dezentrale Alternative zur Luft-Wasser-Wärmepumpen darstellen, insbesondere wenn ein Gebäude nicht für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet ist oder diese eine unwirtschaftliche Lösungsoption darstellt. Als Eignungskriterium für Pellet-Heizungen wird im Rahmen der Erarbeitung angenommen, dass eine Bestandsheizung des Energieträgers Heizöl für die Eignung vorausgesetzt wird, falls nicht bereits eine Pellet-Heizung verwendet wird, was eine vereinfachte Annahme ist, um abzubilden, dass ein Pelletbunker an der Stelle des Öltanks errichtet werden kann. Beide Technologien benötigen Tanks/Speicher, um den Energieträger im Gebäude zu lagern. Über diese Eignungsprüfung ergibt sich eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass ein Gebäude den notwendigen Platz für den Pellet-Speicher aufweist.

Im Vergleich zu Abbildung 65 ist in Abbildung 67 nur ein geringfügiger Unterschied zu erkennen. Dies ist dadurch begründet, dass bereits ein großer Anteil der Baublöcke für Luft-Wasser-

Wärmepumpen und damit auch für eine dezentrale Versorgung, geeignet sind. Unterschiede zeigen sich insbesondere in einigen Randgebieten mit größeren Gebäuden, welche hinsichtlich der Lärmemissionen nur in Teilen für Luft-Wasser-Wärmepumpen geeignet sind. Hier können Pellet-Heizungen eine zusätzliche Lösungsoption darstellen, sodass der Anteil der als „sehr wahrscheinlich geeignet“ deklarierten Baublöcke auf 99 % steigt. Die übrigen Baublöcke fallen unter die Kategorie „wahrscheinlich geeignet“.

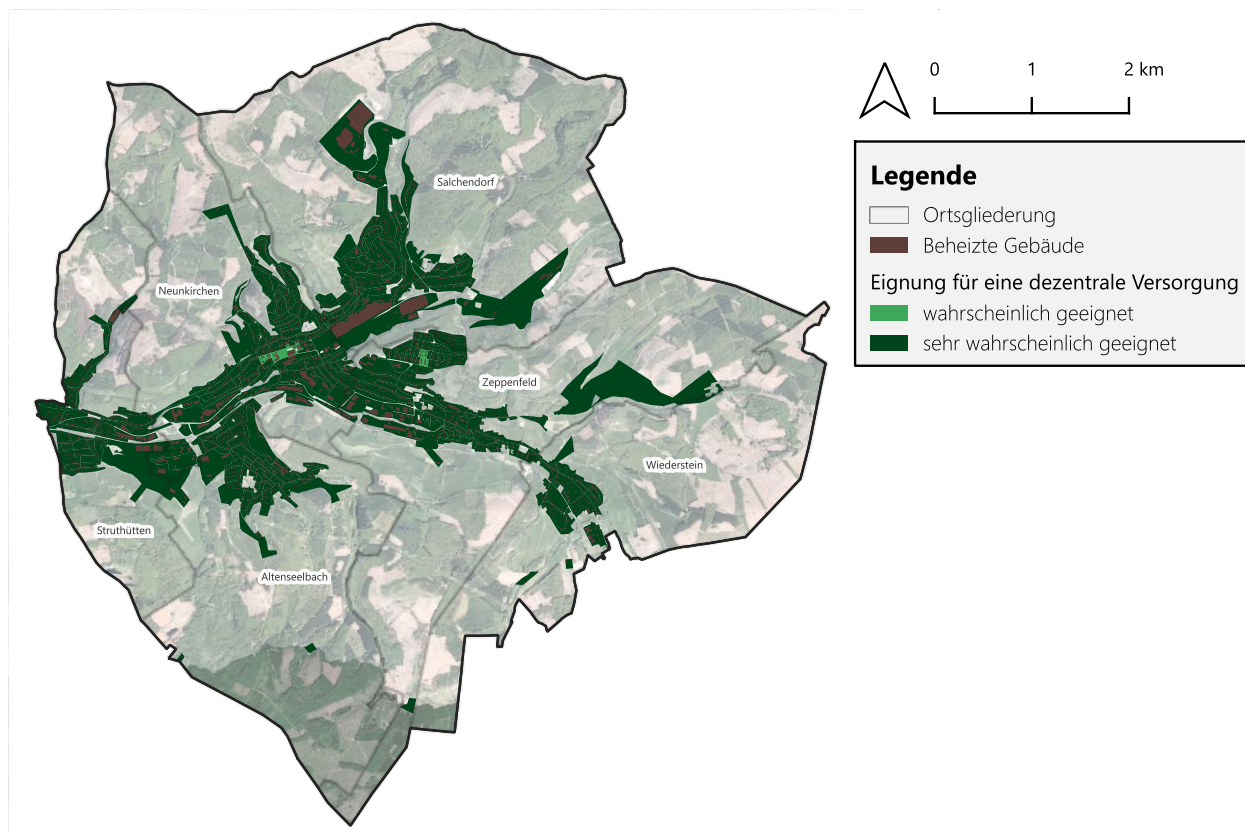


Abbildung 67: Eignung der Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ für das Zieljahr 2045

Die Eignung für Wärmenetze auf Baublockebene ist in Abbildung 68 dargestellt. Nach den getroffenen Eignungsdefinitionen der Baublöcke sind 21 % der Baublöcke „sehr wahrscheinlich geeignet“ und 8 % „wahrscheinlich geeignet“. Diese treten entlang des Gemeindezentrums sowie der Gewerbegebiete in Zeppenfeld und Neunkirchen/Struthütten auf. Im Gegenzug sorgt die vergleichsweise geringe Wärmebedarfsdichte in den weniger dicht besiedelten Gebieten dafür, dass wiederum 9 % der Baublöcke als „wahrscheinlich ungeeignet“ eingestuft sind, während mit 62 % der Großteil als „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ kategorisiert wird.

In Abbildung 69 ist die Eignung der Wärmeversorgungsart „Wasserstoffnetz“ auf Baublockebene dargestellt. Gemäß den Beschreibungen aus Abschnitt 5.4.1 liegt keine Eignung für Wasserstoff vor. Dementsprechend sind alle Baublöcke als „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ eingestuft.

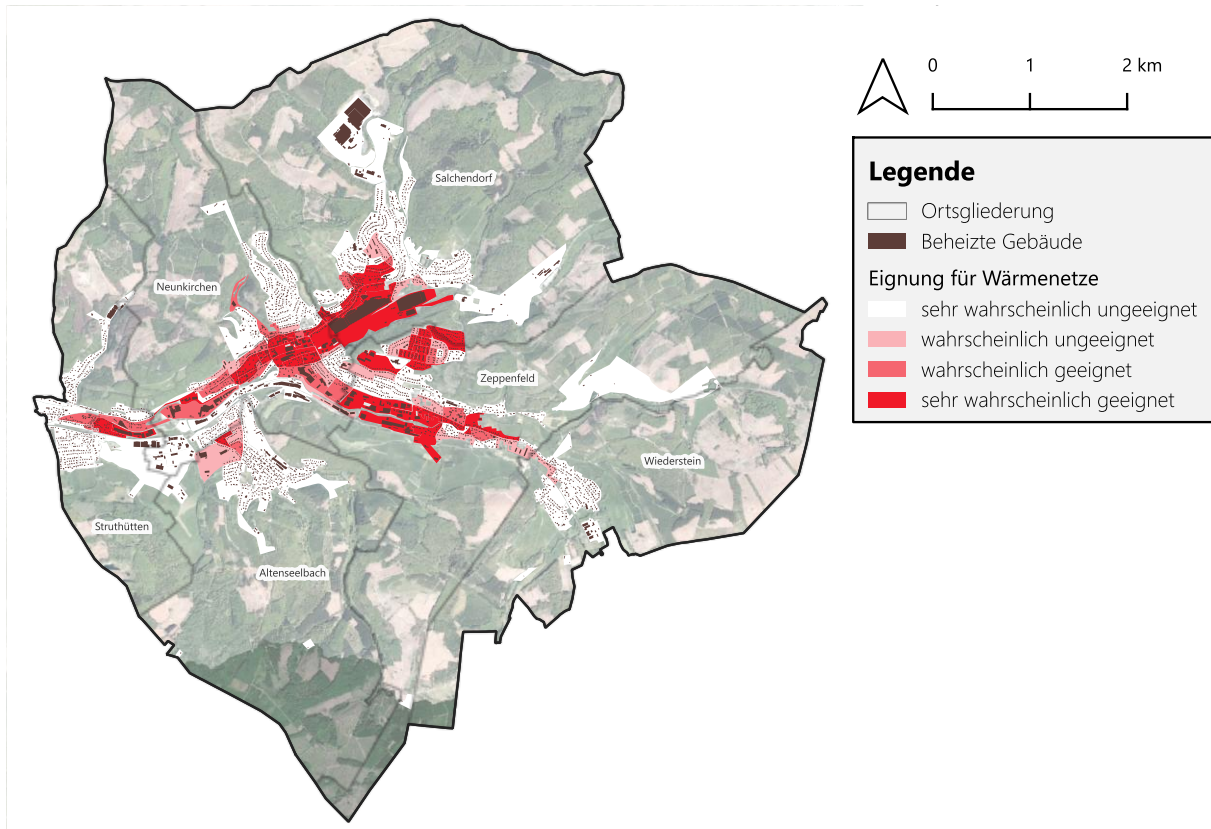


Abbildung 68: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wärmenetz“ für das Zieljahr 2045

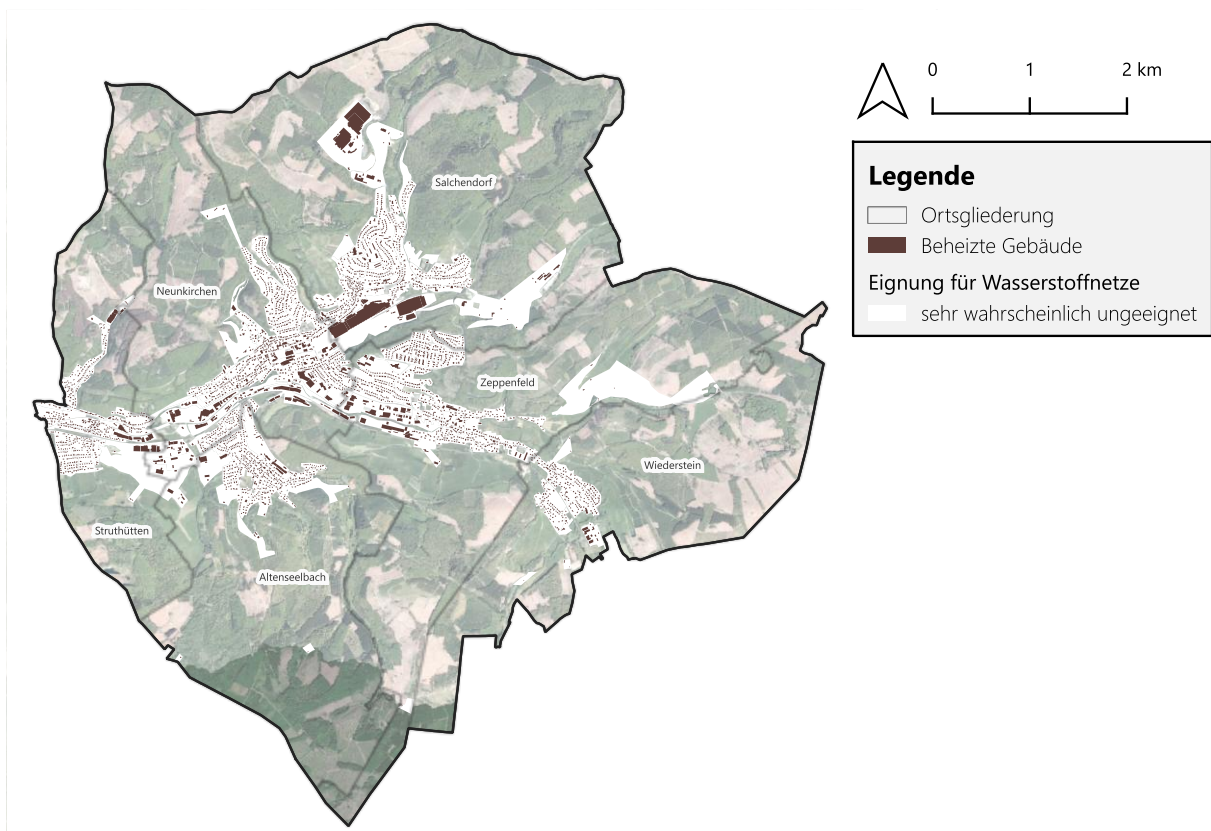


Abbildung 69: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wasserstoffnetze“ für das Zieljahr 2045

5.5 Zielszenarien

In diesem Abschnitt werden die Szenarien zur Transformation des Wärmesektors für die Gemeinde Neunkirchen vorgestellt. In Abschnitt 5.5.1 wird das Hauptszenario vorgestellt, welches vollständig nach den Anforderungen des WPG ausgewertet wird. Dieses Szenario stellt die Entwicklung dar, welche nach aktuellem Wissensstand am wahrscheinlichsten erscheint und gleichzeitig die Klimaneutralität erreicht. Im Fokus steht hierbei die Berücksichtigung eines großflächigen Wärmenetzes im Zentrum und den Gewerbegebieten. Ergänzend wird in Abschnitt 5.5.2 ein Nebenszenario dargestellt, welches eine rein dezentrale Wärmeversorgung vorsieht.

5.5.1 Hauptszenario

Im Folgenden wird das erarbeitete Hauptzielszenario für die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Neunkirchen dargestellt. In Abbildung 70 sind die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete im Zuge der Transformation des Wärmesektors auf Baublockebene dargestellt.⁶ Es ist zu erkennen, dass das gewählte Szenario eine Kombination aus dezentraler Wärmeversorgung und Wärmenetzgebieten vorsieht. Für den Neubau des Wärmenetzes wird in der gewählten Modellierung eine Inbetriebnahme ab dem Stützjahr 2035 angenommen. Die entsprechenden Gebäude werden daraufhin kontinuierlich bis spätestens zum Jahr 2039 an das Wärmenetz angeschlossen.

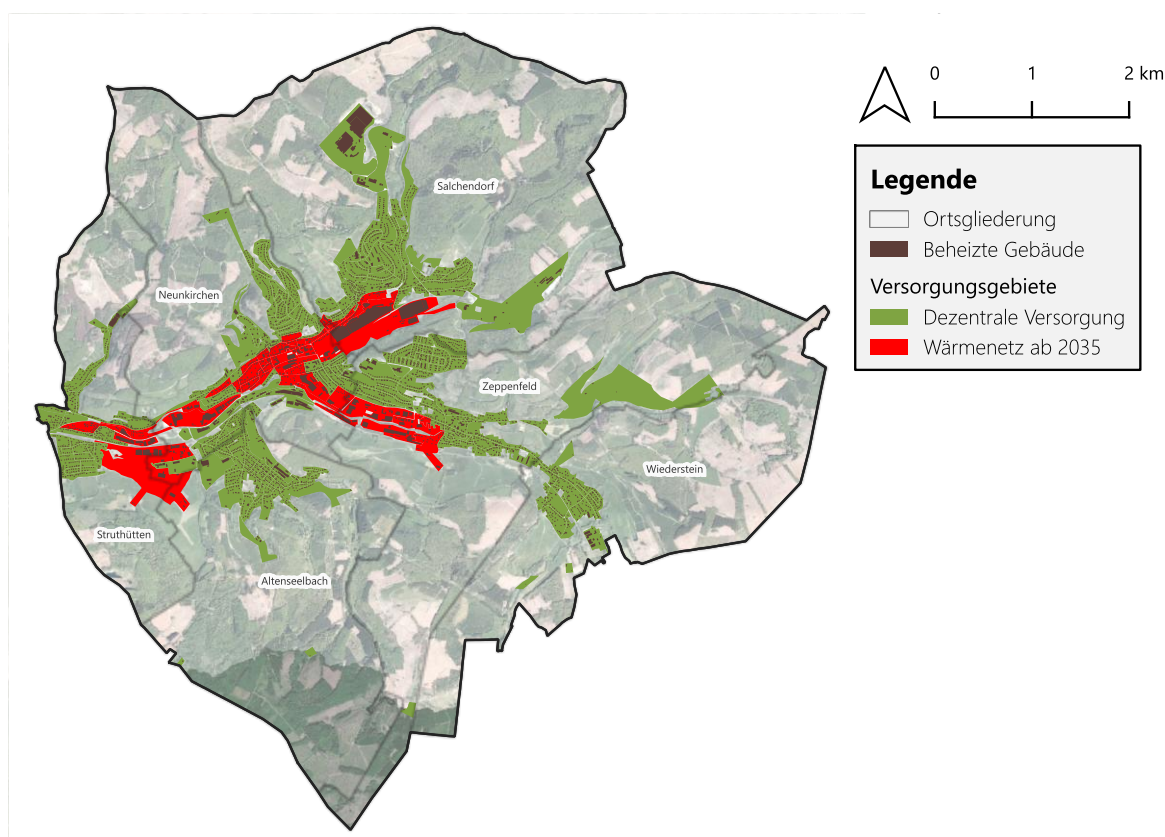


Abbildung 70: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

⁶ Da die Wärmenetzgebiete auf Straßenzugebene festgelegt wurden, kann es zu Ungenauigkeiten durch die Darstellung auf Baublockebene kommen.

Die Versorgung des neuen Wärmenetzes kann in diesem Szenario über eine zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpe oder Erdwärmesonden (oberflächennahe Geothermie) erfolgen. Dafür liegen diverse Freiflächen südwestlich des Gebiets in Struthütten und Altenseelbach, südlich des Gebiets in Zeppenfeld sowie nördlich des Gebiets in Salchendorf vor (siehe Abbildung 59 und Abbildung 57). Hinzu kommt ein Holzhackschnitzel-Spitzenlastkessel. Zudem hat die Potenzialanalyse herausgestellt, dass die Abwasserkanäle Wärmebereitstellungspotenziale aufweisen, die als Teillösung dienen können. Dahingehend muss jedoch mit vertiefenden Analysen eine praktische Umsetzung geprüft werden. Gleiches gilt für eine potenzielle Einbindung von Grubenthermie, deren Potenzial sich aktuell noch in einer Studie des Kreises Siegen-Wittgenstein in der Untersuchung befindet.

Die genutzten Heizungstechnologien für das Zieljahr sind in Abbildung 71 dargestellt. Wie in Abschnitt 5.2 dargelegt, erfolgt die Festlegung der geeigneten Zieltechnologie primär auf wirtschaftlicher Basis unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher, rechtlicher und technischer Restriktionen. Es ist in Abbildung 71 ergänzend zu Abbildung 70 erkennbar, dass im Zieljahr 2045 der Großteil der Wärmeversorgung aus dezentralen Technologien besteht. Mit 2.798 Gebäuden und 553 Gebäuden machen Luft-Wasser-Wärmepumpen und Sole-Wasser-Wärmepumpen 68 % bzw. 13 % aus. Auch Pellet-Heizungen spielen mit knapp 6 % eine Rolle. Hinzu kommen einige wenige Stromdirektheizungen sowie Hybrid-Heizungen aus Luft-Wasser-Wärmepumpen und Stromdirektheizungen. Die restlichen Gebäude werden durch das Wärmenetz versorgt. Der Anteil an Wärmenetzanschlüssen liegt bei 13 %, was einer Anzahl von 529 Gebäuden entspricht.

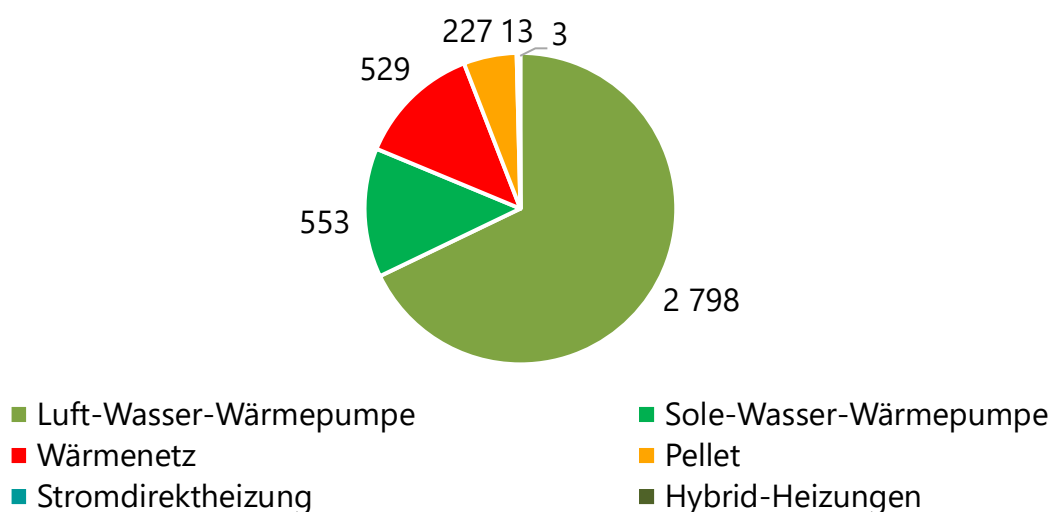


Abbildung 71: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der verwendeten Energieträger vom heutigen Status quo bis zum Zieljahr 2045 ist in Abbildung 72 dargestellt.⁷ Wie in Kapitel 3

⁷ Bei der Modellierung der Heizungserneuerung im Rahmen aller Szenarien wird aus Komplexitätsgründen eine geringere Detailtiefe in Bezug auf die Unterteilung von Einzelraumheizungen und Trinkwarmwasserheizungen im Vergleich zur Bestandsanalyse genutzt. Dies führt zu geringen Abweichungen bei der Verteilung der Energieträger bei Wärmebedarf und Treibhausgasemissionen für das Stützjahr 2024 in Abgrenzung zu den Ergebnissen aus der Bestandsanalyse. Diese wirken sich insbesondere bei Biomasse durch den Einfluss der Einzelraumheizungen aus.

beschrieben, machen im Status quo Erdgas und Heizöl den größten Anteil aus, während Strom und Biomasse vergleichsweise geringe Anteile am Wärmebedarf aufweisen.

Im Stützjahr 2030 sinkt der Wärmebedarf in Form von Erdgas zwar von 153 GWh im Status quo auf 138 GWh, der Anteil bleibt mit 63 % aufgrund der Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung jedoch zunächst noch unverändert. Der Energieträger Heizöl hingegen sinkt bereits von 28 % (69 GWh) im Status quo auf 16 % (35 GWh), was an dem höheren durchschnittlichen Alter der Ölheizungen liegt. Strom und Biomasse steigen von 2,5 % (6 GWh) bzw. 6 % (14 GWh) im Status quo auf 13 % (28 GWh) bzw. 8 % (18 GWh) im Stützjahr 2030 an. Der im Szenario vorgesehene Neubau des Wärmenetzes ab 2035 sorgt dafür, dass in diesem Stützjahr bereits 6 GWh und damit 3 % der Wärme aus Wärmenetzen kommt. Erdgas mit 56 % (112 GWh) und Heizöl mit 12 % (20 GWh) verlieren immer weiter an Bedeutung. Der Wechsel auf Wärmepumpen sorgt dafür, dass der Anteil von Strom auf 23 % (46 GWh) ansteigt. Der Anteil von Biomasse bleibt mit 8 % (17 GWh) auf einem ähnlichen Niveau, da in erster Linie die Ölheizungen, von denen bereits einige den Technologiewechsel vollzogen haben, durch Pelletheizungen ausgetauscht werden. Im Stützjahr 2040 sorgt die im Szenario vorgesehene Umstellung der Wärmebereitstellungstechnologie von Großverbräuchen in den Industrie- und Gewerbegebieten im Jahr 2037 dafür, dass der Anteil des Wärmenetzes am Wärmebedarf auf 46 % (81 GWh) ansteigt und lediglich noch 5 % (9 GWh) durch Erdgas gedeckt wird. Zudem erhöhen sich die Anteile von Strom und Biomasse auf 39 % (70 GWh) bzw. 9 % (17 GWh), während Heizöl auf 1 % (2 GWh) sinkt. Da der Anschluss aller Abnehmer des Wärmenetzes im Szenario bis 2040 vorgesehen ist, bleibt der Anteil des Wärmenetzes im Zieljahr 2045 mit 47 % nahezu unverändert. Der Trend bei Strom und Biomasse setzt sich fort, sodass sich die Anteile der beiden Energieträger auf 44 % (76 GWh) bzw. 10 % (17 GWh) erhöhen. Die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl haben im Zieljahr keinerlei Anteil mehr am Wärmebedarf.

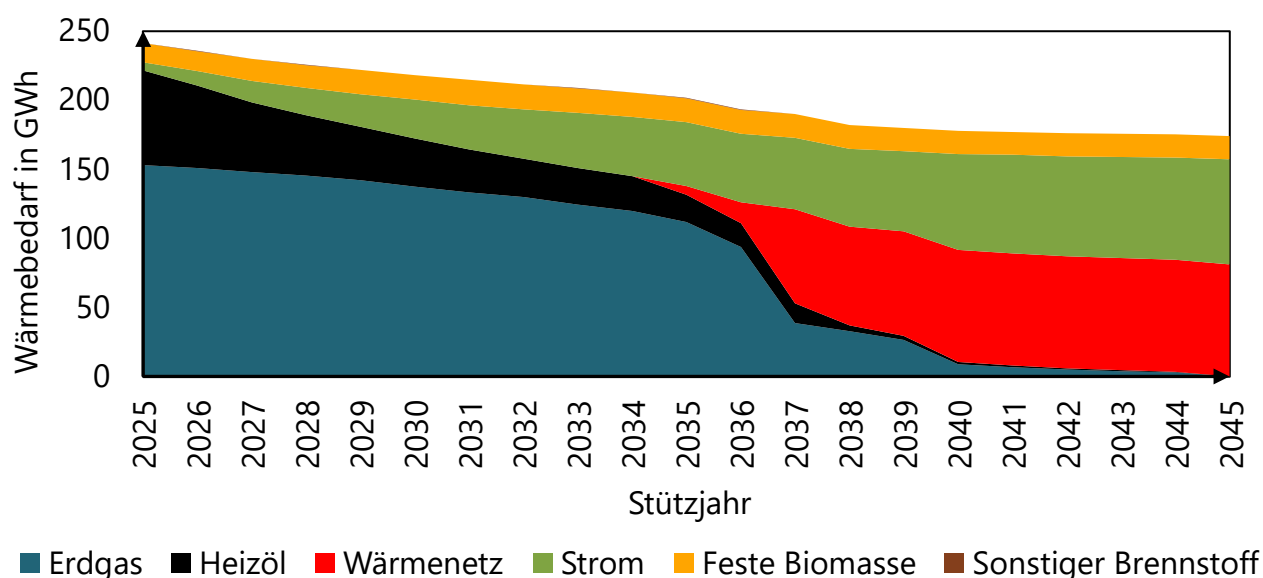


Abbildung 72: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045

Durch die Berücksichtigung von Sanierungsmaßnahmen im Rahmen der Technologiewechsel sinkt der Gesamtwärmebedarf vom Status quo im Vergleich zum Zieljahr (siehe Abschnitt 5.3.2). Von 241 GWh reduziert dieser sich auf 218 GWh im Jahr 2030, 202 GWh im Jahr 2035, 178 GWh im Jahr

2040 und schließlich auf 174 GWh im Zieljahr 2045. Dies entspricht einer Reduktion des Wärmebedarfs von 28 % von Status quo zum Zieljahr 2045.

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der Verbrauchssektoren ist in Abbildung 73 dargestellt. Wie bereits in der Bestandsanalyse erarbeitet, entfallen große Teile des Wärmebedarfs auf den Haushaltssektor (52 %). Der GHD-Sektor und der Industriesektor folgen mit 32 % bzw. 13 %. Der öffentliche Sektor weist 3 % auf. Diese Aufteilung ändert sich auch nur bedingt während der Transformation der Wärmeversorgung. Im Zieljahr 2040 macht der Haushaltssektor 42 % (73 GWh) aus, während der GHD-Sektor bei 37 % (65 GWh) und der Industriesektor bei 17 % (121 GWh) liegt. Der öffentliche Sektor bleibt bei ca. 3 %. Die Veränderungen resultieren durch die getroffenen Annahmen zum Thema Wärmebedarfsreduktion in Abschnitt 5.3.2.

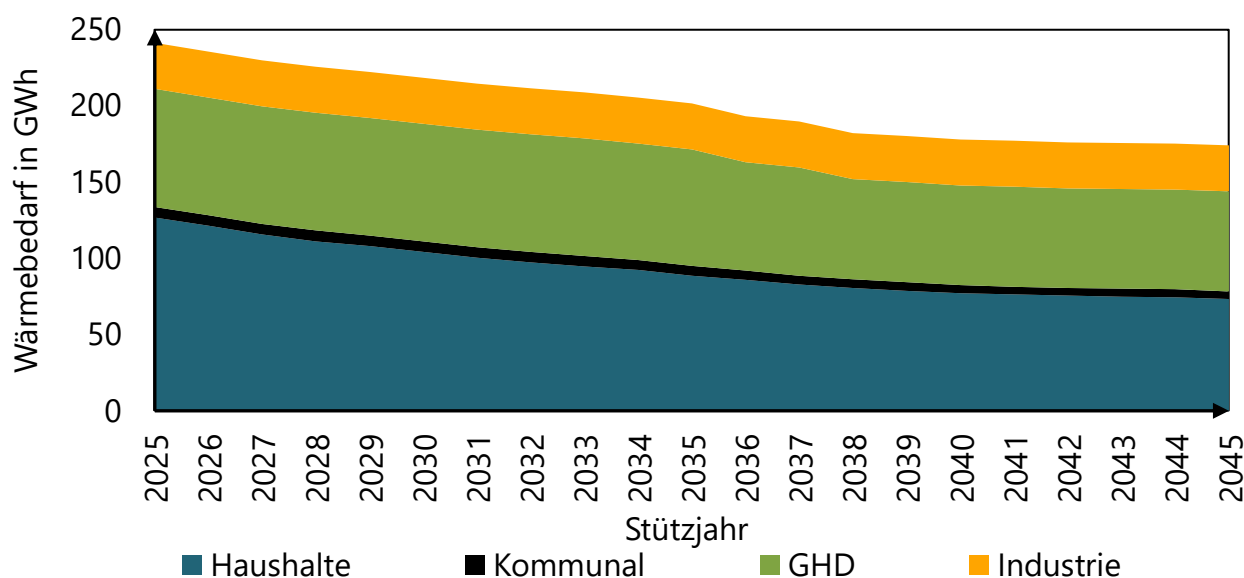


Abbildung 73: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Verbrauchssektoren bis zum Zieljahr 2045

Durch die Transformation des Wärmesektors werden die THG-Emissionen signifikant reduziert. In Abbildung 74 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen vom Status quo bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Energieträger dargestellt. Im gesamten Verlauf bis zum Zieljahr machen Erdgas und Heizöl den Großteil 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. Dies gilt aufgrund der angenommenen Erzeugung durch Strom und Biomasse auch für das Wärmenetz. Die gesamten Treibhausgasemissionen in der Neunkirchener Wärmeversorgung sinken von 60 Tsd. t auf 47 Tsd. t im Jahr 2030, 35 Tsd. t im Jahr 2035 und 6 Tsd. t im Jahr 2040. Im Zieljahr 2045 verbleiben Restemissionen von 2 Tsd. t. durch Biomasse, Strom und das Wärmenetz. Dies entspricht einer Reduktion von 96 %. Auch hier ist wie in Abbildung 72 aufgrund des im Szenario vorgesehenen Umstiegs von Großverbrauchern in den Industrie- und Gewerbegebieten auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung ein großer Sprung von 2036 auf 2037 zu erkennen.

Die verbleibenden THG-Emissionen sind dadurch begründet, dass die Emissionsfaktoren, welche für die Untersuchungen zugrunde gelegt werden, auch im Zieljahr 2045 je nach Energieträger nicht null entsprechen müssen. Dies ist auf die Betrachtung der Vorketten zurückzuführen. Deren

Emissionsreduktion liegt außerhalb des Wärmesektors und ist dementsprechend nicht Teil einer kommunalen Wärmeplanung. Da die verbleibenden Energieträger als vollständig erneuerbar gelten, werden die Ziele nach WPG trotz der verbleibenden Restemissionen mit diesem Szenario erreicht.

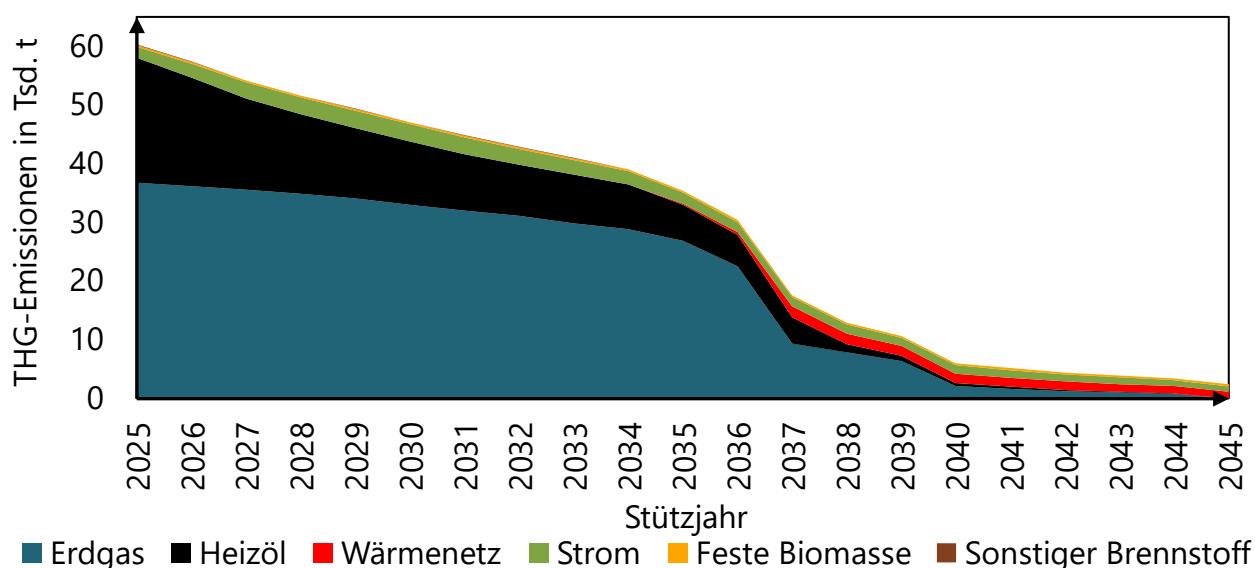


Abbildung 74: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045

Wie bereits im Kontext von Abbildung 72 beschrieben, entwickelt sich die Wärmeversorgung in Neunkirchen von einer Wärmeversorgung, welche stark von Erdgas abhängig ist, hin zu einer Wärmeversorgung ohne erdgasbasierte Heizungen. Sowohl der Wärmebedarf, welcher über Erdgasheizungen gedeckt wird, als auch der Anteil von Erdgas am Wärmebedarf aus Gasnetzen (in Abgrenzung zu grünen Gasen) ist in Abbildung 75 dargestellt.

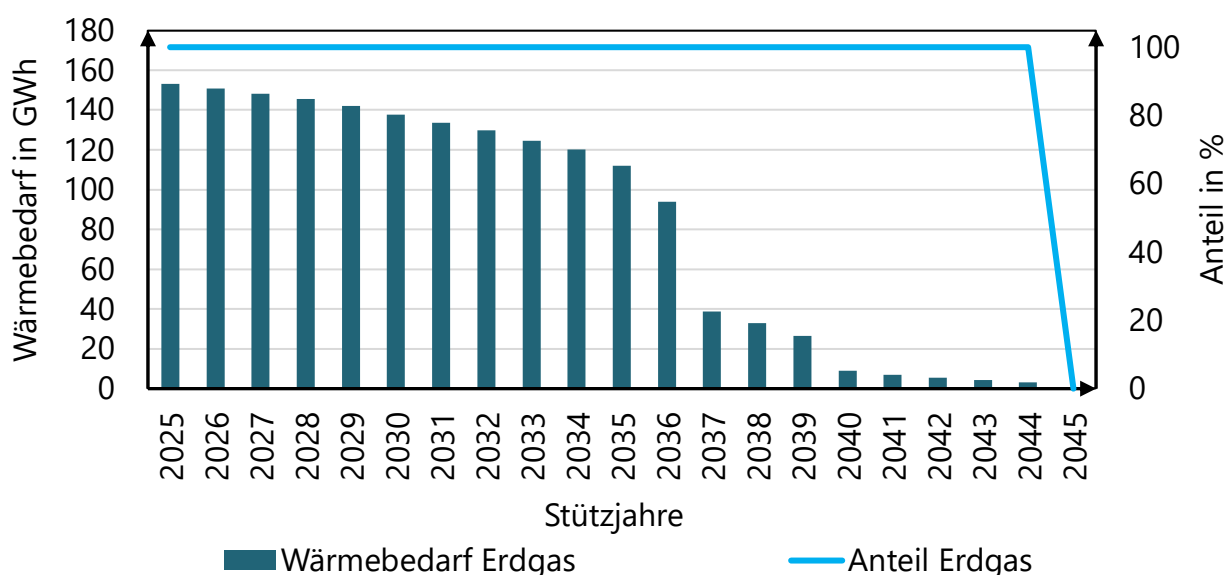


Abbildung 75: Jährlicher Wärmebedarf der gasnetzversorgten Gebäude

Es wird ersichtlich, dass der über Erdgas gedeckte Wärmebedarf über die Jahre zunächst näherungsweise gleichmäßig sinkt, was durch die homogene Verteilung der Heizungsalter begründet ist (siehe

Abschnitt 3.6). Lediglich der bereits in Zusammenhang mit Abbildung 72 und Abbildung 74 beschriebene im Szenario vorgesehene Wechsel der Wärmeversorgungstechnologie der großen Gewerbe- bzw. Industrieunternehmen sorgen aufgrund des hohen Wärmebedarfs für einen starken Abfall des Wärmebedarfs aus Erdgas von 2036 auf 2037. Im Anschluss ergibt sich wieder eine gleichmäßige Senkung des Wärmebedarfs, abgesehen vom Jahr 2040, wo auch der Großteil der jüngsten Heizungen seine theoretische Lebensdauer erreicht hat. Über den gesamten Verlauf gesehen sinkt der Wärmebedarf von Erdgas auf 138 GWh im Jahr 2030, 112 GWh im Jahr 2035 und 9 GWh im Jahr 2040. Im Zieljahr 2045 wird in keinem Gebäude in Neunkirchen mehr Erdgas als Energieträger zur Bereitstellung von Wärme genutzt. Da das Szenario keine Umstellung des Erdgasnetzes auf Wasserstoff oder andere grüne Gase vorsieht, macht Erdgas immer 100 % des über das Gasnetz gedeckten Wärmebedarfs aus.

Ergänzend ist in Abbildung 76 die Anzahl an Gebäuden dargestellt, welche am Erdgasnetz angeschlossen sind (sowohl absolut als auch relativ). Auch hier ist eine nahezu gleichmäßige Reduktion erkennbar. Von 2.244 Gebäuden im Status quo (entspricht 54 % aller Gebäude) sinkt die Anzahl auf 1.710 (41 %) im Jahr 2030, 1.013 (25 %) im Jahr 2035 und 280 (7 %) im Jahr 2040. Ab dem Zieljahr 2045 sind keine Gebäude mehr am Gasnetz angeschlossen.

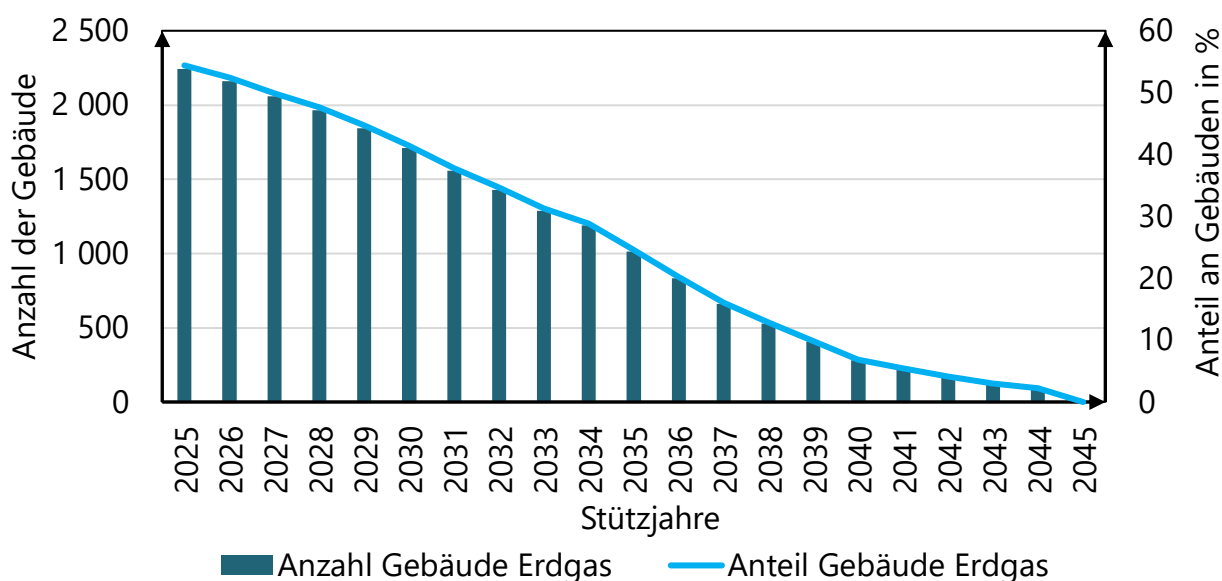


Abbildung 76: Anzahl der Gebäude am Gasnetz

In Abbildung 77 ist die absolute und relative Anzahl an Gebäuden dargestellt, welche an ein Wärmenetz angeschlossen sind. Im Status quo sowie im Stützjahr 2030 sind keine Gebäude an ein Wärmenetz angeschlossen. Durch die im Szenario vorgesehene Inbetriebnahme eines Wärmenetzes im Jahr 2035 ergibt sich eine Anzahl von 95 Gebäuden (entspricht 2 % aller Gebäude) mit Anschluss an ein Wärmenetz. Der Anschluss der restlichen Gebäude bis zum Jahr 2040 führt dazu, dass in diesem Jahr 529 Gebäude (entspricht 13 % aller Gebäude) an ein Wärmenetz angeschlossen sind. Dies ändert sich im Zieljahr 2045 entsprechend nicht mehr.

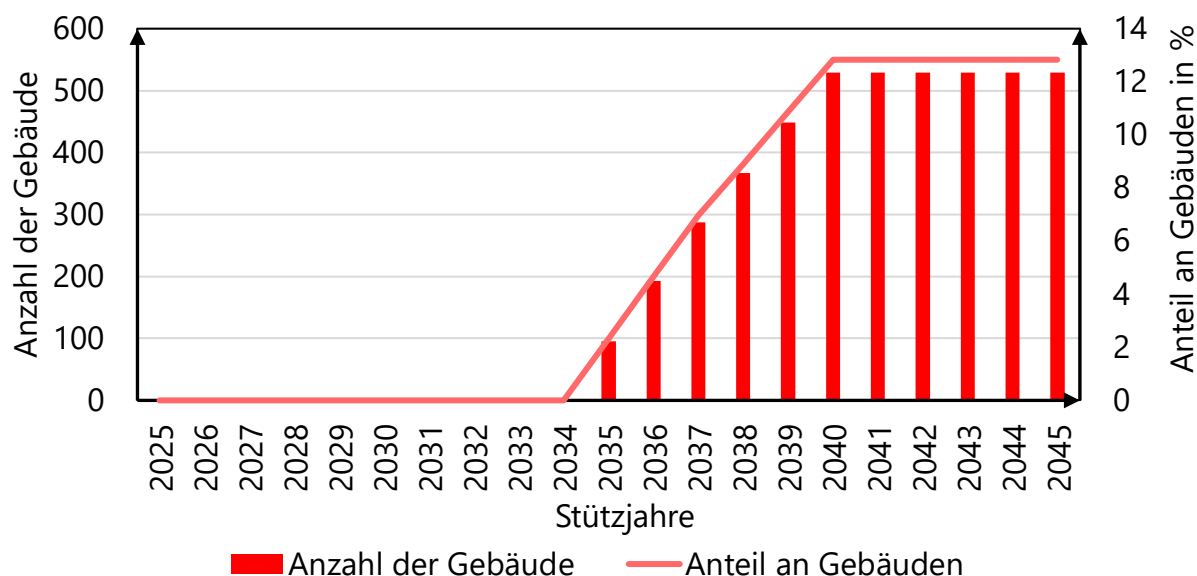


Abbildung 77: Anzahl der Gebäude an Wärmenetzen

In Abbildung 78 wird der Wärmebedarf der Wärmenetze genauer auf die Energieträger aufgeschlüsselt, deren Anteil wiederum absolut und relativ ausgewiesen ist. Da es sich um den Neubau eines Wärmenetzes handelt, bleibt die Verteilung der Energieträger von 2035 bis zum Zieljahr 2045 gleich. Strom und Umweltwärme machen aufgrund der Grundlast-Wärmepumpe jeweils einen Anteil von 80 % aus, während Biomasse durch den Holzhackschnitzel-Spitzenlastkessel 20 % des Wärmebedarfs deckt.

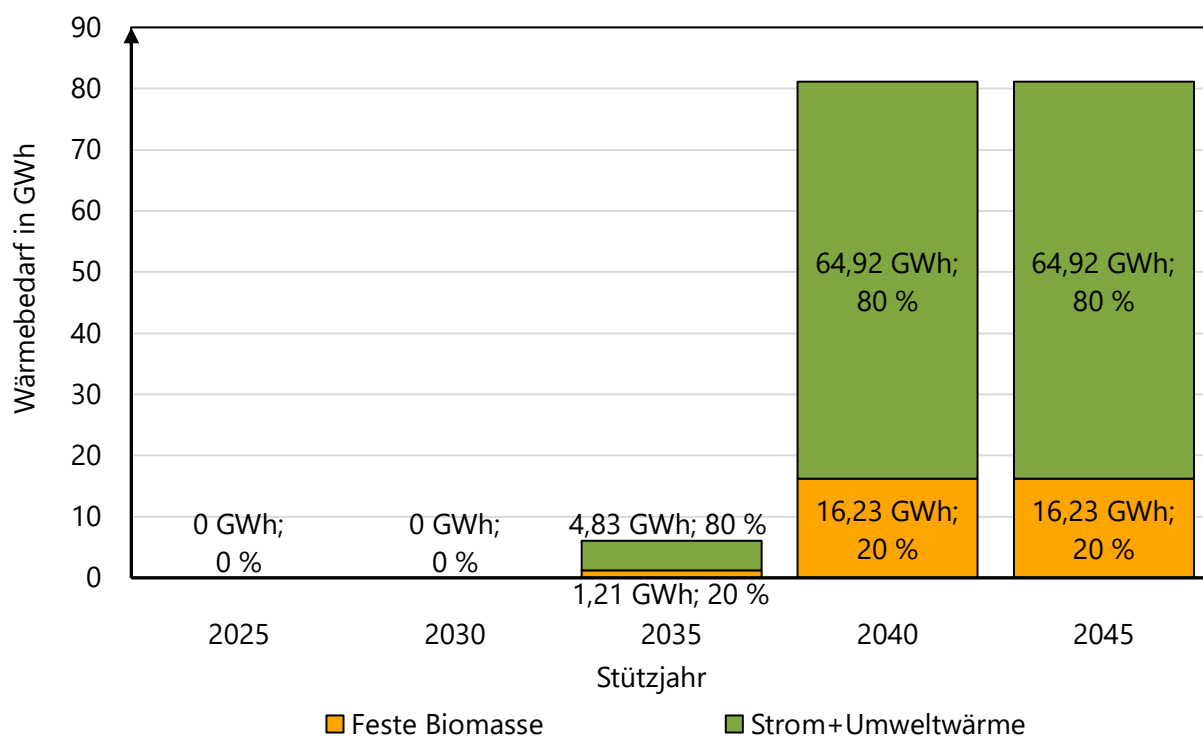


Abbildung 78: Wärmebedarf der Wärmenetze nach Energieträgern

In Abbildung 79 ist die absolute und relative Anzahl an Gebäuden dargestellt, welche eine Luft-Wasser-Wärmepumpe oder eine Sole-Wasser-Wärmepumpe aufweisen. Es ist ein geringfügig abfallender Anstieg der Anzahl an Luft-Wasser-Wärmepumpen sowie Sole-Wasser-Wärmepumpen erkennbar. Von 70 Gebäuden mit Luft-Wasser-Wärmepumpe (entspricht 2 % aller Gebäude) und keinem (bekannten) Gebäude mit Sole-Wasser-Wärmepumpe im Status quo steigt die Anzahl auf 1.213 (29 %) bzw. 209 (5 %) im Jahr 2030, 2.025 (49 %) bzw. 387 (9 %) im Jahr 2035 und 2.531 (61 %) bzw. 487 (12 %) im Jahr 2040. Im Zieljahr 2045 sind 2.798 Gebäude mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und 553 Gebäude mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe ausgestattet, was einem Anteil von 68 % bzw. 13 % entspricht.

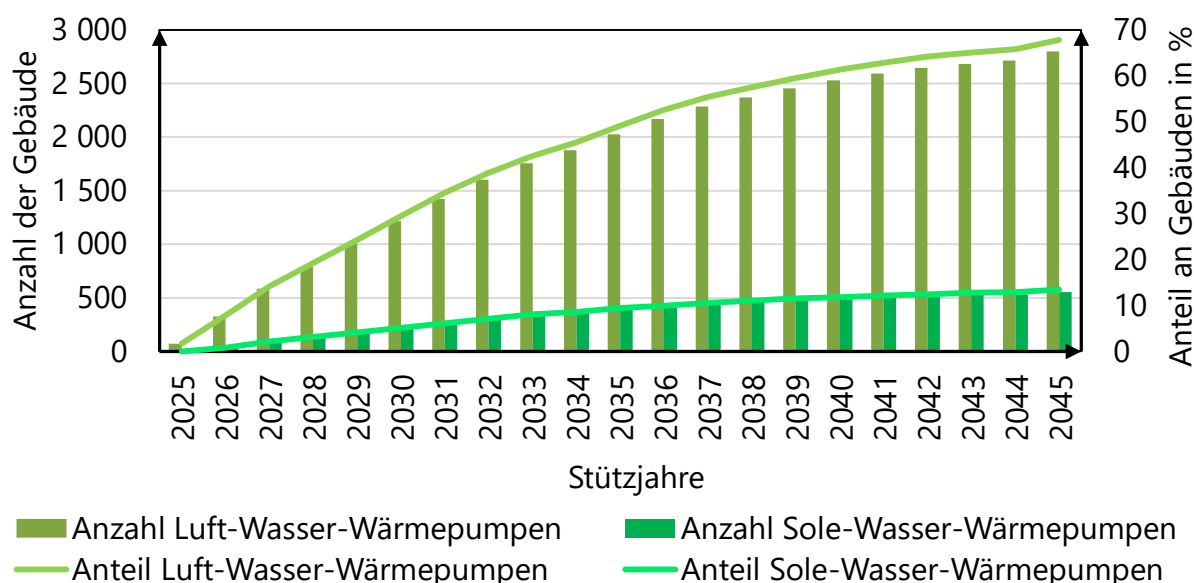


Abbildung 79: Anzahl der Gebäude mit Wärmepumpen

Die Transformation zu einer Wärmeversorgung basierend auf dezentralen Wärmepumpen wird eine nennenswerte Zusatzbelastung auf die Stromnetze im Lastfall haben. Dies ist insbesondere dadurch begründet, dass strombasierte Heizungen (sowohl Wärmepumpen als auch Stromdirektheizungen) einen hohen Gleichzeitigkeitsfaktor aufweisen. Die installierte elektrische Leistung, durch die im Hauptszenario verteilten strombasierten Heizungen, unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeitskurve aus [39] für das Zieljahr 2045 ist auf Baublockebene in Abbildung 80 dargestellt.⁸

⁸ Bei der Darstellung sind nur dezentrale Heizungen betrachtet worden und keine Wärmeerzeuger der Wärmenetze.

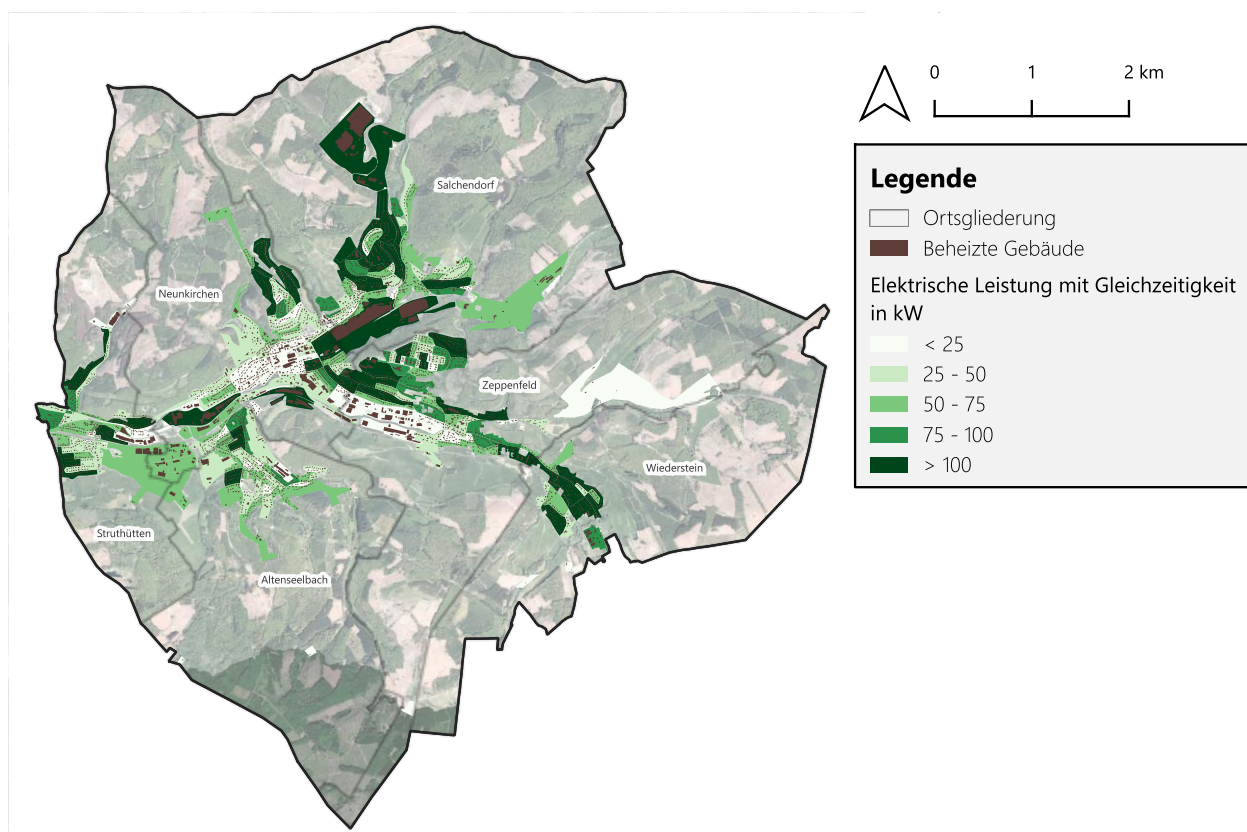


Abbildung 80: Elektrische Leistung der strombasierten Heizungen im Zieljahr 2045 auf Baublockebene

Die Ergebnisse zeigen, dass insgesamt 14 % der Baublöcke eine elektrische Leistung von über 100 kW durch die strombasierten Heizungen aufweisen. Auffällig hohe Leistungen aufgrund einer hohen Anzahl an Wärmepumpen weisen dabei insbesondere Baublöcke an den Rändern der Bebauung auf, bei denen es sich oftmals um Gewerbegebiete oder Einfamilienhaussiedlungen handelt. Wiederum 28 % der Baublöcke liegen zwischen 50 kW und 100 kW. Diese Baublöcke verteilen sich über alle Ortsteile und liegen zum Großteil dort, wo eine dezentrale Versorgung vorgesehen ist. Es ist jedoch zu beachten, dass ein Teil der Baublöcke mit hoher elektrischer Leistung in Gewerbegebieten liegt. In diesen Gebieten sind vermutlich einige Gebäude direkt über Kundenstationen versorgt, sodass die Rückwirkung auf die Niederspannungsnetze gering ist. Auch die Baublöcke zwischen 25 kW und 50 kW elektrischer Leistung treten über das gesamte Gemeindegebiet verteilt auf und machen einen Anteil von 34 % aus. Mit 24 % der Baublöcke weisen insbesondere die als Wärmenetzgebiet deklarierten Baublöcke im Zentrum und in Teilen der Gewerbegebiete elektrische Leistungen unterhalb von 25 kW auf, jedoch auch solche in gering besiedelten Gebieten. Auf das gesamte Gemeindegebiet bezogen liegt die elektrische Belastung unter Annahme eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,78 bei 11,7 MW [39]. Vereinfacht entspricht dies der Kapazität von 29 Ortsnetzstationen der Bemessungscheinleistung 400 kVA. Die Auswertungen zeigen, dass die Transformation des Wärmesektors eine zusätzliche Belastung für die Stromnetze darstellt. Eine konkrete Zielnetzplanung und potenzielle Ertüchtigung der Stromnetze ist dementsprechend für einen erfolgreichen Transformationsprozess unerlässlich.

5.5.2 Nebenszenario

Im Folgenden wird das erarbeitete Nebenzielszenario für die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Neunkirchen dargestellt. In Abbildung 81 sind die voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete im Zuge der Transformation des Wärmesektors auf Baublockebene dargestellt.⁹ Es ist zu erkennen, dass das gewählte Szenario eine rein dezentrale Wärmeversorgung vorsieht.

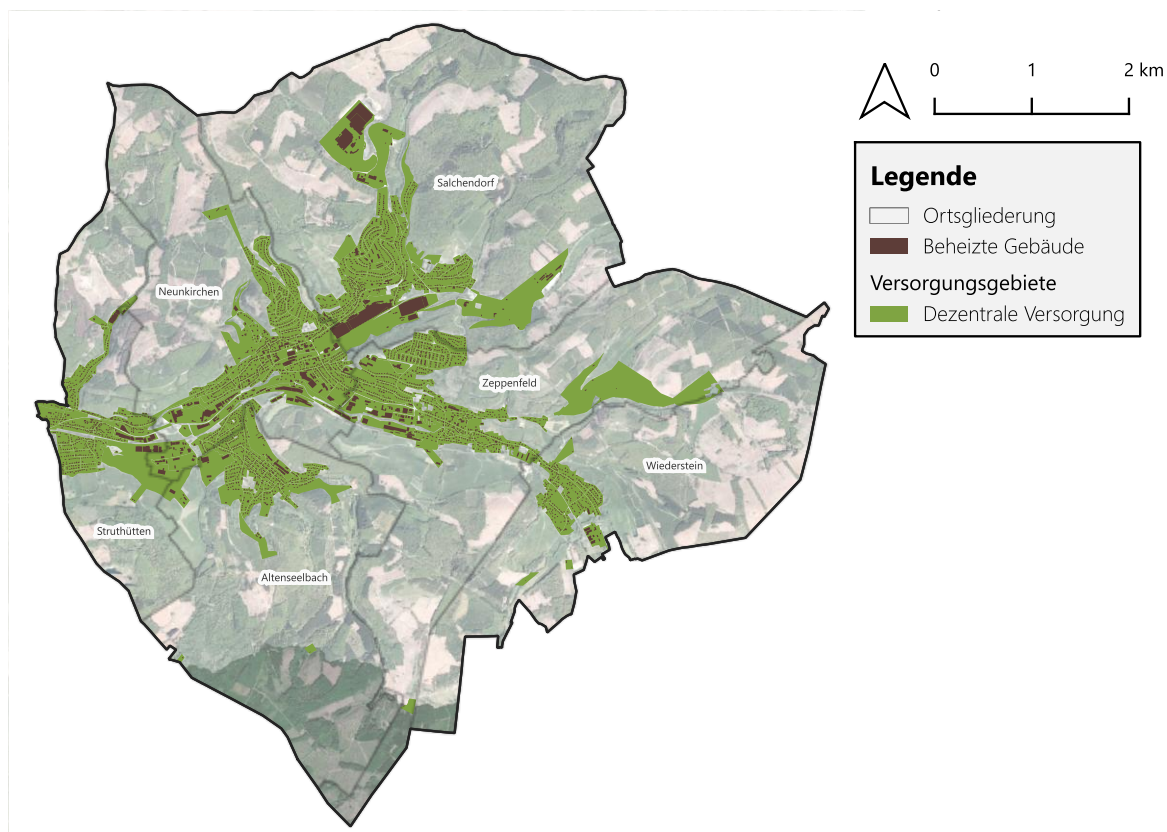


Abbildung 81: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Nebenszenario

Die genutzten Heizungstechnologien für das Zieljahr sind in Abbildung 82 dargestellt. Wie in Abschnitt 5.2 dargelegt, erfolgt die Festlegung der geeigneten Zieltechnologie primär auf wirtschaftlicher Basis unter Berücksichtigung volkswirtschaftlicher, rechtlicher und technischer Restriktionen. Es ist in Abbildung 82 - ergänzend zu Abbildung 81 erkennbar, dass im Zieljahr 2045 die gesamte Wärmeversorgung aus dezentralen Technologien besteht. Mit 3.196 Gebäuden und 605 Gebäuden machen Luft-Wasser-Wärmepumpen und Sole-Wasser-Wärmepumpen 78 % bzw. 15 % aus. Auch Pellet-Heizungen spielen mit 7 % eine Rolle. Die wenigen restlichen Gebäude werden durch Stromdirektheizungen sowie Hybrid-Heizungen aus Luft-Wasser-Wärmepumpen und Stromdirekt versorgt.

⁹ Da die Wärmenetzgebiete auf Straßenzugebene festgelegt wurden, kann es zu Ungenauigkeiten durch die Darstellung auf Baublockebene kommen.

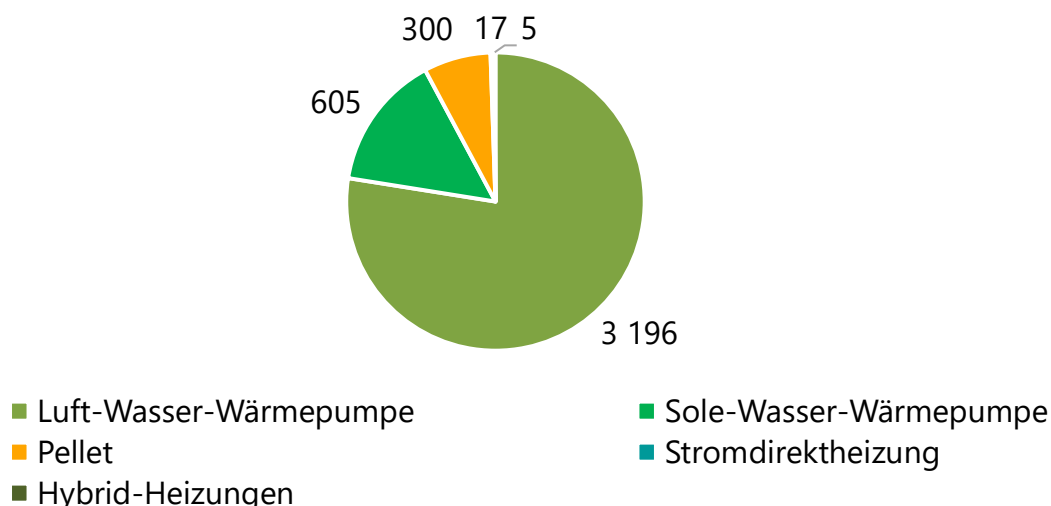


Abbildung 82: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 im Nebenszenario

Die Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs in Abhängigkeit der verwendeten Energieträger vom heutigen Status quo bis zum Zieljahr 2045 ist in Abbildung 83 dargestellt.¹⁰ Wie in Kapitel 3 beschrieben, machen im Status quo Erdgas und Heizöl den größten Anteil aus, während Strom und Biomasse vergleichsweise geringe Anteile am Wärmebedarf aufweisen.

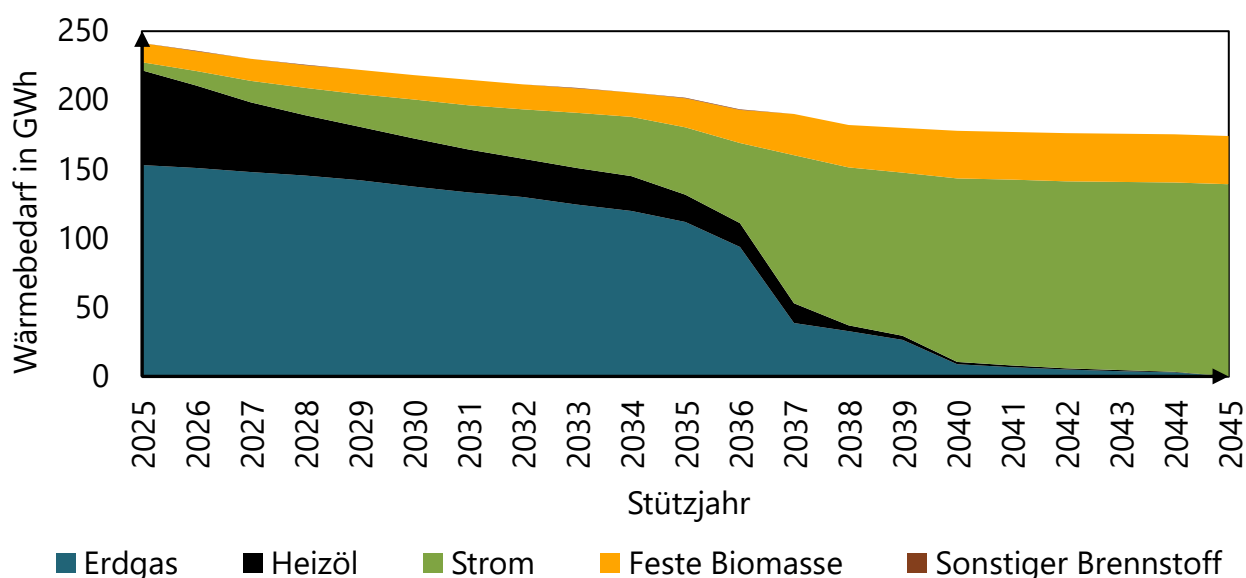


Abbildung 83: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 im Nebenszenario

Im Stützjahr 2030 sinkt der Wärmebedarf in Form von Erdgas zwar von 153 GWh im Status quo auf 138 GWh, der Anteil bleibt mit 63 % aufgrund der Wärmebedarfsreduktion durch Sanierung jedoch zunächst noch unverändert. Der Energieträger Heizöl hingegen sinkt bereits von 28 % (69 GWh) im

¹⁰ Bei der Modellierung der Heizungserneuerung im Rahmen aller Szenarien wird aus Komplexitätsgründen eine geringere Detailtiefe in Bezug auf die Unterteilung von Einzelraumheizungen und Trinkwarmwasserheizungen im Vergleich zur Bestandsanalyse genutzt. Dies führt zu geringen Abweichungen bei der Verteilung der Energieträger bei Wärmebedarf und Treibhausgasemissionen für das Stützjahr 2024 in Abgrenzung zu den Ergebnissen aus der Bestandsanalyse. Diese wirken sich insbesondere bei Biomasse durch den Einfluss der Einzelraumheizungen aus.

Status quo auf 16 % (35 GWh), was an dem höheren durchschnittlichen Alter der Ölheizungen liegt. Strom und Biomasse steigen von 2,5 % (6 GWh) bzw. 6 % (14 GWh) im Status quo auf 13 % (28 GWh) bzw. 8 % (18 GWh) im Stützjahr 2030 an.

Auch im Stützjahr 2035 verlieren Erdgas mit 56 % (112 GWh) und Heizöl mit 12 % (20 GWh) weiter an Bedeutung. Der Wechsel auf Wärmepumpen und Pellet-Heizungen sorgt dafür, dass der Anteil von Strom und Biomasse hingegen auf 24 % (49 GWh) bzw. 10 % (21 GWh) ansteigt.

Dieser Trend setzt sich fort, sodass im Stützjahr 2040 Erdgas auf 5 % (9 GWh) und Heizöl auf 1 % (2 GWh) sinkt. In diesem Szenario findet der Heizungstechnologiewechsel der Großverbraucher in den Industrie- und Gewerbegebieten auf eine Wärmepumpe statt, weshalb der Energieträger Strom einen großen Sprung auf einen Anteil von 75 % (133 GWh) macht. Biomasse steigert ihren Anteil auf 19 % (35 GWh).

Im Zieljahr 2045 hat Strom einen Anteil von 80 % (139 GWh), während Biomasse knapp 20 % (35 GWh) des Wärmebedarfs deckt. Die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl haben keinerlei Anteil mehr am Wärmebedarf.

Durch die Berücksichtigung von Sanierungsmaßnahmen im Rahmen der Technologiewechsel sinkt der Gesamtwärmebedarf vom Status quo im Vergleich zum Zieljahr (siehe Abschnitt 5.3.2). Von 241 GWh reduziert dieser sich auf 218 GWh im Jahr 2030, 202 GWh im Jahr 2035, 178 GWh im Jahr 2040 und schließlich auf 174 GWh im Zieljahr 2045. Dies entspricht einer Reduktion des Wärmebedarfs von 28 % von Status quo zum Zieljahr 2045.

Durch die Transformation des Wärmesektors werden die THG-Emissionen signifikant reduziert. In Abbildung 84 ist die Entwicklung der Treibhausgasemissionen vom Status quo bis zum Zieljahr 2045 in Abhängigkeit der Energieträger dargestellt.

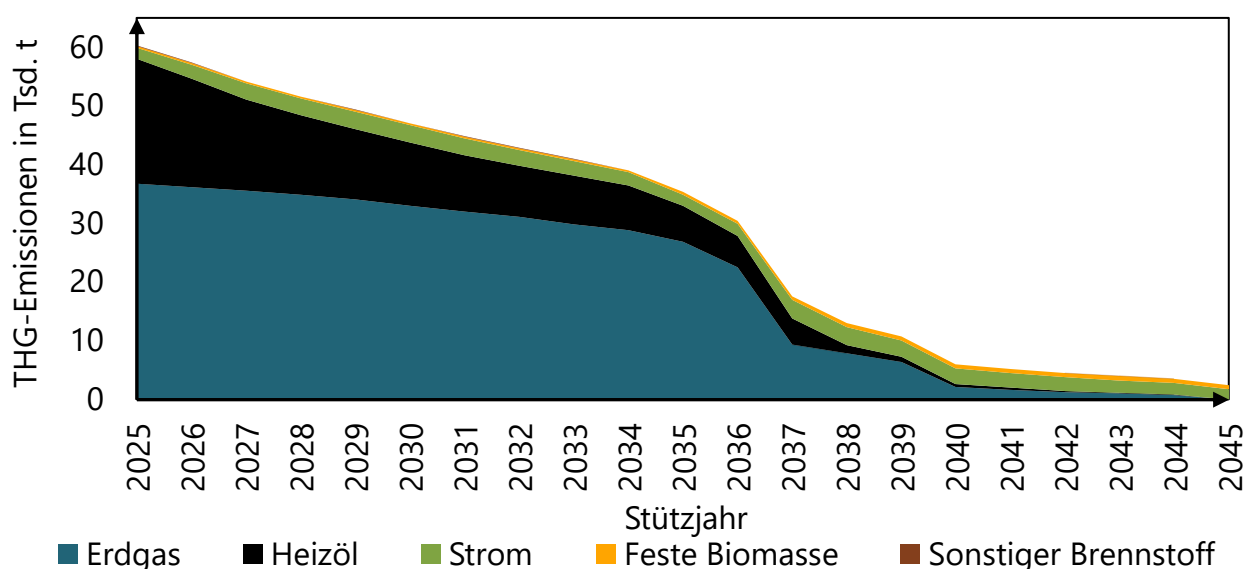


Abbildung 84: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 im Nebenszenario

Im gesamten Verlauf bis zum Zieljahr machen Erdgas und Heizöl den Großteil 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 gesamten Treibhausgasemissionen in der Neunkirchner Wärmeversorgung sinken von 60 Tsd. t auf 47 Tsd. t im Jahr 2030, 35 Tsd. t im Jahr 2035 und 6 Tsd. t im Jahr 2040. Im Zieljahr 2045 verbleiben Restemissionen von 2 Tsd. t. durch Strom und Biomasse. Dies entspricht einer Reduktion von 96 %. Auch hier ist wie in Abbildung 83 aufgrund des im Szenario vorgesehenen Umstiegs von Großverbrauchern in den Industrie- und Gewerbegebieten auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung ein großer Sprung von 2036 auf 2037 zu erkennen.

In Abbildung 85 ist die absolute und relative Anzahl an Gebäuden dargestellt, welche eine Luft-Wasser-Wärmepumpe oder eine Sole-Wasser-Wärmepumpe aufweisen. Es ist ein geringfügig abfallender Anstieg der Anzahl an Luft-Wasser-Wärmepumpen sowie Sole-Wasser-Wärmepumpen erkennbar. Von 70 Gebäuden mit Luft-Wasser-Wärmepumpe (entspricht 2 % aller Gebäude) und keinem (bekannten) Gebäude mit Sole-Wasser-Wärmepumpe im Status quo steigt die Anzahl auf 1.213 (29 %) bzw. 209 (5 %) im Jahr 2030, 2.096 (51 %) bzw. 395 (10 %) im Jahr 2035 und 2.929 (71 %) bzw. 539 (13 %) im Jahr 2040. Im Zieljahr 2045 sind 3.196 Gebäude mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe und 605 Gebäude mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe ausgestattet, was einem Anteil von 78 % bzw. 15 % entspricht.

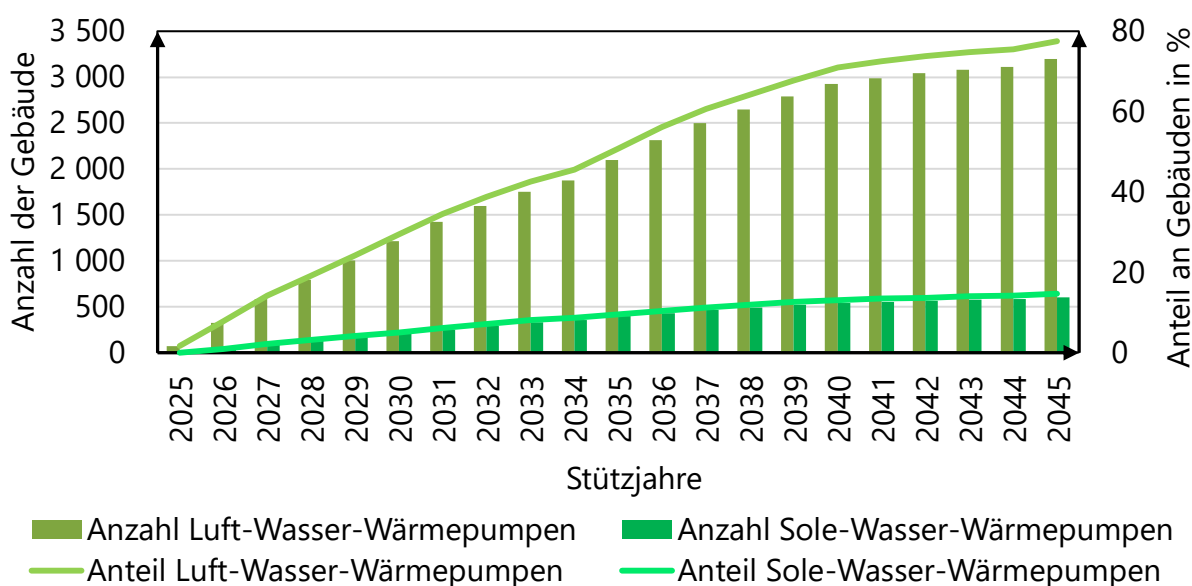


Abbildung 85: Anzahl der Gebäude mit Wärmepumpen im Nebenszenario

Die Transformation zu einer Wärmeversorgung basierend auf dezentralen Wärmepumpen wird eine nennenswerte Zusatzbelastung auf die Stromnetze im Lastfall haben. Dies ist insbesondere dadurch begründet, dass strombasierte Heizungen (sowohl Wärmepumpen als auch Stromdirektheizungen) einen hohen Gleichzeitigkeitsfaktor aufweisen. Die installierte elektrische Leistung, durch die im Nebenszenario verteilten strombasierten Heizungen, unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeitskurve aus [39] für das Zieljahr 2045 ist auf Baublockebene in Abbildung 86 dargestellt.

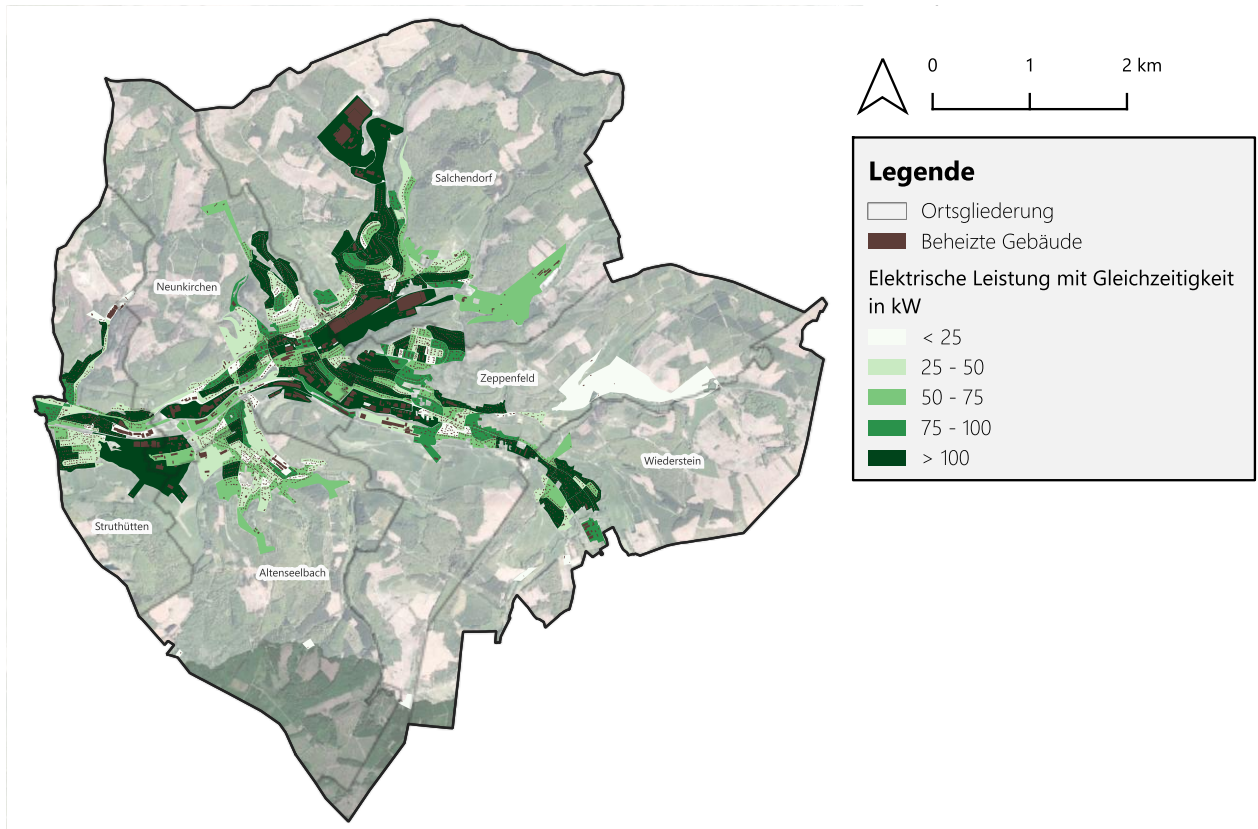


Abbildung 86: Elektrische Leistung der strombasierten Heizungen im Zieljahr 2045 auf Baublockebene im Nebenszenario

Die Ergebnisse zeigen, dass insgesamt 19 % der Baublöcke eine elektrische Leistung von über 100 kW durch die strombasierten Heizungen aufweisen. Auffällig hohe Leistungen aufgrund einer hohen Anzahl an Wärmepumpen weisen dabei insbesondere Baublöcke in Gewerbegebieten und Einfamilienhaussiedlungen sowie zum Teil im Zentrum auf. Wiederum 32 % der Baublöcke liegen zwischen 50 kW und 100 kW. Diese Baublöcke verteilen sich über alle Ortsteile. Ebenso verhält es sich mit den Baublöcken zwischen 25 kW und 50 kW elektrischer Leistung, die einen Anteil von 33 % ausmachen. Mit 16 % weisen nur wenige Baublöcke, insbesondere in Randgebieten und im ländlichen Bereich, elektrische Leistungen unterhalb von 25 kW auf. Auf das gesamte Gemeindegebiet bezogen liegt die elektrische Belastung unter Annahme eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,78 bei 14,4 MW [39]. Vereinfacht entspricht dies der Kapazität von 36 Ortsnetzstationen der Bemessungsscheinleistung 400 kVA. Die Auswertungen zeigen, dass die Transformation des Wärmesektors eine zusätzliche Belastung für die Stromnetze darstellt. Eine konkrete Zielnetzplanung und potenzielle Ertüchtigung der Stromnetze ist dementsprechend für einen erfolgreichen Transformationsprozess unerlässlich.

6 Umsetzungsstrategie und Maßnahmen

In den folgenden Abschnitten sind die Maßnahmen beschrieben, welche eine erfolgreiche Transformation des Wärmesektors begünstigen können. Im Fokus liegen hier kommunikative Maßnahmen für die Kommunalverwaltung sowie infrastrukturelle Planungsmaßnahmen für die Netzbetreiber der Sparten Strom, Gas und Wärme. Die Sortierung ist dabei insbesondere nach Priorität gewählt.

Tabelle 7: Maßnahmenübersicht

Nr.	Maßnahmenbezeichnung	Verantwortlich	Kategorie	Priorität	Zeitraum
1	Wärmequellenpotenzialprüfung bzw. Machbarkeit Wärmenetz (BEW)	Kommune, Netzbetreiber/EVU	Netze und Infrastruktur	Hoch	in 2026/2027
2	Integrierte Quartierskonzepte	Kommune	Netze und Infrastruktur	Hoch	in 2026/2027
3	Stromnetzplanung	Netzbetreiber	Netze und Infrastruktur	Hoch	2026, fortlaufend
4	Energieleitplanung	Kommune und Netzbetreiber	Netze und Infrastruktur	Hoch	2026-2027
5	Integration des Wärmeplans in die Bauleitplanung	Kommune	Stadtplanung	Hoch	nach der KWP
6	Erstellung einer Übersicht der zur Verfügung stehenden Beratungsangebote im Bereich energetische Gebäudesanierung sowie Förderung und Ausweitung des Angebots	Kommune	Öffentlichkeitsarbeit	Hoch	ab sofort
7	Gasnetzstrategie	Netzbetreiber	Netze und Infrastruktur	Mittel	2026-2027
8	Integrierte Tiefbauplanung	Kommune und Netzbetreiber	Netze und Infrastruktur	Mittel	bis 2028
9	Lokale Leuchtturmprojekte der Kommune	Kommune	Bau- und Sanierungsvorhaben	Mittel	ab sofort
10	Entwicklung und Umsetzung einer Gesamtstrategie zur Wärmebedarfsreduktion kommunaler Liegenschaften	Kommune	Bau- und Sanierungsvorhaben	Mittel	bis 2029
11	Sanierungsberatung in Quartieren mit besonderem Sanierungsbedarf	Kommune	Öffentlichkeitsarbeit	Mittel	2027-2029
12	Digitale Bürgerinformation über die Wärmewende	Kommune	Öffentlichkeitsarbeit	Mittel	nach der KWP
13	Infoveranstaltung mit den Bürgern und Stakeholdern	Kommune	Öffentlichkeitsarbeit	Mittel	nach der KWP, fort.
14	Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung	Kommune	Netze und Infrastruktur	Niedrig	2030-2033
15	Aktionen und Angebote durch lokalen Energieversorger (und/oder Handwerk) für Heizungen	Energieversorger, Handwerk	Öffentlichkeitsarbeit	Niedrig	ab sofort

6.1 Wärmequellenpotenzialprüfung bzw. Machbarkeit Wärmenetz (BEW)

Die Machbarkeitsstudie für Wärmenetze stellt einen zentralen Schritt dar, um im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung identifizierte potenzielle Wärmenetze auf ihre Realisierbarkeit hin zu prüfen. Nachdem solche Netzprojekte durch erste Planungen 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 dem EVU bzw. 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 Stromnetzinfrastruktur, 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, EVU/Netzbetreiber, 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. Hinsichtlich der Wärmequellen kommen in Neunkirchen insbesondere zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen oder oberflächennahe Geothermie auf Freiflächen in Frage. Solarthermie und die Abwasserkanäle können eine Teillösung darstellen. Ein Fokus sollte zudem auf weiteren Untersuchungen hinsichtlich der Nutzung der Gruben im Gemeindegebiet zur Wärmeversorgung liegen.

Die Kosten für die Machbarkeitsstudie bewegen sich in einem weiten Bereich von 50.000 bis 200.000 Euro, da dies stark von der untersuchten Technologie und dem Detailgrad abhängt. Die Kosten können je nach Projektumfang auch noch darüber hinausgehen. Die exakten Kosten für den späteren Netzausbau sind in dieser Phase nicht verlässlich abzuschätzen. Der Kostenträger können die Kommune, das EVU oder der 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.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Wärmequellenpotenzialprüfung bzw. Machbarkeit Wärmenetz (BEW)
Maßnahmenbeschreibung	Eine Wärmenetzmachbarkeitsstudie nach BEW (Bundesförderung für effiziente Wärmenetze) ist eine technisch-wirtschaftliche Voruntersuchung, die prüft, ob und wie sich ein klimaneutrales Wärmenetz wirtschaftlich und praktisch realisieren lässt. Sie ist ein verpflichtender erster Schritt, um eine Förderung im Rahmen der BEW zu beantragen – insbesondere für die Module 1 (Transformationsplanung) und 2 (Errichtung/Erweiterung).
Voraussetzungen	Durch die kommunale Wärmeplanung (oder andere Ansätze) wurden potenzielle Wärmenetze identifiziert, wo jedoch eine Machbarkeitsprüfung aussteht

Zeitlicher Horizont	▪ Wann mit Maßnahme starten: Zeitnah nach KWP ▪ Dauer der Maßnahme: 6-12 Monate (nur Planungsmaßnahmen)
Erforderliche Schritte	1. Erfüllung der Voraussetzung (siehe oben) und Wille der weiteren Prüfung der Machbarkeit von Wärmenetzen von den Verantwortlichen (Kommune / Energieversorger) 2. Entweder Beantragung von Fördermitteln über die BEW-Förderung oder Finanzierung der Untersuchung aus anderen Mitteln 3. ggf. Ausschreibung der Planungsleistung 4. Untersuchung der Wärmenetzmachbarkeit z.B. nach den Anforderungen nach BEW 1. Auflistung der voraussichtlichen Projektbeteiligten 2. Lage/Standort des geplanten Wärmenetzsystems 3. Konzept des Wärmenetzes 4. Zeitplanung Machbarkeitsstudie 5. Zeitplanung Bau des Wärmenetzes
Kostenplanung	▪ Erwartete Kosten: 50-200 Tsd. € ggf. noch mehr (Netzplanungskosten) ▪ Kosten für Netzausbau können nicht verlässlich abgeschätzt werden ▪ Kostenträger: Netzbetreiber, ggf. Kommune
Finanzierungsmechanismen	▪ Potenzieller Wärmnetzbetreiber in Kombination mit BEW Förderung
Messung des Erfolgs	▪ Machbarkeit (technisch und wirtschaftlich) des Wärmenetzbaus ▪ Ausreichende Potenziale durch eine oder mehrere Optionen aus: zentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen, Freiflächen-Geothermie, Freiflächen-Solarthermie sowie ggf. den Abwasserkanälen und der Grubenthermie ▪ Erhöhung der Anzahl der an Wärmenetze angeschlossene Gebäude (siehe Abbildung 77)

6.2 Integrierte Quartierskonzepte

Die Erstellung eines integrierten energetischen Quartierskonzepts (KfW 432) zielt darauf ab, eine strategische Grundlage für die klimaneutrale Entwicklung eines Quartiers zu schaffen. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung eines integrierten Quartierskonzepts zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und zur langfristigen Transformation der Energieversorgung. Dabei werden Wärme-, Strom-, Gas- und Mobilitätssektor betrachtet. Voraussetzung für die Umsetzung ist das Vorhandensein eines geeigneten Quartiers mit erkennbarem energetischem Handlungsbedarf. Zudem müssen die Kommune oder relevante Akteure bereit sein, eine integrierte Quartiersstrategie zu entwickeln. Ebenso ist die Verfügbarkeit grundlegender Daten zu Gebäuden, Energieverbräuchen und Infrastruktur erforderlich.

Der Start der Maßnahme kann kurzfristig nach der kommunalen Wärmeplanung erfolgen, abhängig von der Bewilligung entsprechender Fördermittel. Die Dauer beträgt in der Regel zwischen neun und achtzehn Monaten.

Der Prozess gliedert sich in mehrere Schritte: Zunächst erfolgt die Abgrenzung des Quartiers und die Definition der Zielsetzung. Anschließend werden eine umfassende Bestandsanalyse (Gebäudebestand, Energieverbräuche und bestehende Infrastruktur) sowie eine Potenzialanalyse (Energieeffizienzmaßnahmen und Einsatz erneuerbarer Energie) durchgeführt. Darauf aufbauend werden Szenarien zur klimaneutralen Entwicklung erarbeitet und ein konkreter Maßnahmenkatalog inklusive Umsetzungsstrategie entwickelt. Ein zentraler Bestandteil ist zudem die Einbindung relevanter Akteure sowie der Öffentlichkeit.

Die Kosten für die Erstellung eines solchen Quartierskonzepts liegen typischerweise zwischen 80.000 und 200.000 Euro, abhängig von Größe und Komplexität des Quartiers. Die Finanzierung erfolgt in der Regel durch die Kommune oder einen Projektträger und wird anteilig gefördert. Über das Förderprogramm „Energetische Stadtsanierung – Quartierskonzepte (KfW 432)“ können Zuschüsse von bis zu 75 Prozent der förderfähigen Kosten gewährt werden; für finanzschwache Kommunen sind sogar Förderquoten von bis zu 90 Prozent möglich.

Der Erfolg der Maßnahme wird insbesondere anhand der Entwicklung des Wärmebedarfs sowie der Treibhausgasemissionen im Quartier gemessen. Ziel ist eine deutliche Reduktion des Energieverbrauchs und ein nachhaltiger Beitrag zur lokalen Energiewende.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Erstellung eines integrierten energetischen Quartierskonzepts (KfW 432)
Maßnahmenbeschreibung	Entwicklung eines integrierten Quartierskonzepts zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und zur langfristigen Transformation der Energieversorgung im Quartier. Das Konzept analysiert den Gebäudebestand, Energieverbräuche, Infrastruktur sowie Potenziale für erneuerbare Energien und entwickelt darauf aufbauend Szenarien und Maßnahmen zur klimaneutralen Quartiersentwicklung. Ziel ist eine strategische Grundlage für die Umsetzung der Energiewende auf Quartiersebene.
Voraussetzungen	▪ Vorhandensein eines geeigneten Quartiers mit energetischem Handlungsbedarf ▪ Bereitschaft der Kommune oder relevanter Akteure, eine integrierte Quartiersstrategie zu entwickeln ▪ Verfügbarkeit grundlegender Daten zu Gebäuden, Energieverbrauch und Infrastruktur
Zeitlicher Horizont	▪ Wann mit Maßnahme starten: kurzfristig nach KWP möglich (abhängig von Förderantrag) ▪ Dauer der Maßnahme: in der Regel 9 bis 18 Monate
Erforderliche Schritte	1. Abgrenzung des Quartiers und Definition der Zielsetzung 2. Bestandsanalyse (Gebäude, Energieversorgung, Infrastruktur, Mobilität) 3. Potenzialanalyse für Energieeffizienz und erneuerbare Energien 4. Entwicklung von Szenarien zur klimaneutralen Quartiersentwicklung 5. Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs und einer Umsetzungsstrategie 6. Beteiligung relevanter Akteure und Öffentlichkeit

Kostenpla- nung	▪ Erwartete Kosten: typischerweise 80.000 € bis 200.000 € je nach Größe und Komplexität des Quartiers ▪ Kostenträger: Kommune bzw. Projektträger, anteilig gefördert
Finanzierungs- mechanismen	▪ Förderung über das KfW-Programm „Energetische Stadtsanierung – Quartierskonzepte (KfW 432)“. In der Regel Zuschüsse von bis zu 75 % der förderfähigen Kosten, für finanzschwache Kommunen bis zu 90 % möglich.
Messung des Erfolgs	▪ Entwicklung des Wärmebedarfs (Energieeinsparungen) und der THG-Emissionen im jeweiligen Quartier

6.3 Stromnetzplanung

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 Anpassung der bestehenden Netzstruktur unabdingbar. Sollten bereits Stromnetzplanungen existieren, könnte es erforderlich sein, diese zu überarbeiten, um den aktuellen und zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden.

Die Maßnahmen zur Stromnetzplanung sollten zeitnah nach Projektabschluss der kommunalen Wärmeplanung initiiert werden. In einigen Teilgebieten könnte es sinnvoll sein, die Ergebnisse zur Machbarkeit von Wärmenetzen abzuwarten, um einerseits Synergieeffekte zu nutzen und andererseits Gewissheit über den Bedarf an Stromnetzinfrastruktur zu haben. Die Planungsmaßnahmen selbst sollen innerhalb eines Zeitraums von sechs bis zwölf Monaten abgeschlossen sein. Der gesamte Prozess, inklusive der Durchführung von Netzausbaumaßnahmen, ist jedoch langfristig angelegt und erfordert eine kontinuierliche Anpassung und Umsetzung.

Die Stromnetzplanung beginnt mit einer engen Abstimmung mit dem zuständigen Stromnetzbetreiber, um den aktuellen Stand der Netzplanung zu bewerten und den zeitlichen Rahmen für eine Über- oder Neuplanung zu definieren. Anschließend erfolgt die eigentliche Netzplanung, bei der sowohl bestehende als auch zukünftige Anforderungen berücksichtigt werden. Im nächsten Schritt werden konkrete Netzausbaumaßnahmen identifiziert. Diese bedürfen einer sorgfältigen Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden und weiteren relevanten Akteuren und werden nach der Planung schrittweise umgesetzt.

Die Kosten für die reine Netzplanung werden auf 30.000 bis 60.000 Euro geschätzt, wobei die tatsächlichen Ausgaben vom Umfang der Maßnahmen abhängen. Die Kosten für den Netzausbau lassen sich derzeit nicht verlässlich beziffern, da diese stark von den spezifischen Anforderungen und Gegebenheiten abhängen. Der Stromnetzbetreiber übernimmt die Kosten für die Netzplanung und den Ausbau. 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.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Stromnetzplanung
Maßnahmenbeschreibung	Analyse der zukünftigen Belastung und Ausbauanforderungen im Stromnetz unter Berücksichtigung von Elektrifizierungstrends (z. B. Wärmepumpen, E-Mobilität). Ziel ist es, Engpässe frühzeitig zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zur Netzertüchtigung zu entwickeln.
Voraussetzungen	▪ Starker Fokus in der Kommune (oder zumindest Teilgebiete) auf dezentrale Technologien ▪ Wenn schon Stromnetzplanung vorhanden → evtl. Überplanung der bestehenden Infrastruktur
Zeitlicher Horizont	▪ Wann mit Maßnahme starten: Zeitnah nach Projektende (evtl. Wärmenetzmachbarkeit in Teilgebieten abwarten) ▪ Wann Abschluss der Maßnahme: in 2-3 Jahren (nur Planungsmaßnahmen) ▪ Dauer der Maßnahme: 6-12 Monate (nur Planungsmaßnahmen) ▪ Netzausbaumaßnahmen sind ein kontinuierlicher Prozess nach der Planung
Erforderliche Schritte	1. Rücksprache mit dem Stromnetzbetreiber zum Stand der Netzplanung 2. Zeithorizont zur Überplanung/Neuplanung abstecken 3. Netzplanung durchführen 4. Netzausbaumaßnahmen identifizieren 5. Netzausbaumaßnahmen abstimmen und durchführen
Kostenplanung	▪ Erwartete Kosten: 30-60 Tsd. € (Netzplanungskosten); Kosten für Netzausbau können nicht verlässlich abgeschätzt werden ▪ Kostenträger: Stromnetzbetreiber
Finanzierungsmechanismen	▪ Keine Förderungsmöglichkeiten bekannt
Messung des Erfolgs	▪ Indirekte Erhöhung der Anzahl an Gebäuden mit Wärmepumpe (siehe Abbildung 79) und des Anteils von Strom in Wärmenetzen (siehe Abbildung 78)

6.4 Energieleitplanung

Die Energieleitplanung dient als ganzheitlicher, räumlicher Ansatz zur strategischen Planung von Energieinfrastrukturen. Dabei werden die Bereiche Wärme, Strom, Gas sowie erneuerbare Energiequellen gemeinsam betrachtet. Ziel ist es, Kommunen einen sektorübergreifenden Orientierungsrahmen zu bieten, um zukünftige Maßnahmen koordiniert und effizient umzusetzen. Eine Energieleitplanung ist insbesondere dann sinnvoll, wenn im betrachteten Gebiet mehrere Energieinfrastrukturen eine bedeutende Rolle spielen. Durch die integrierte Analyse sollen Ausbaubedarfe der verschiedenen Netze aufeinander abgestimmt und optimiert werden.

Mit der Maßnahme kann nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung oder jederzeit bei Bedarf begonnen werden. Die reine Planungsphase dauert in der Regel mindestens zwölf Monate, abhängig

von der Komplexität des Gebiets. Die darauf aufbauenden Netzausbaumaßnahmen stellen einen kontinuierlichen Prozess dar.

Zunächst bedarf es einer engen Abstimmung mit Strom-, Gas und Wärmenetzbetreibern zum Stand der Netzplanung. Zu den weiteren erforderlichen Schritten zählen die Durchführung einer spartenübergreifenden Energieleitplanung sowie die Identifikation, Abstimmung und Umsetzung notwendiger Netzausbaumaßnahmen.

Die erwarteten Kosten für die Netzplanung liegen bei etwa 100.000 bis 200.000 Euro oder darüber. Die Kosten für den tatsächlichen Netzausbau lassen sich nicht verlässlich abschätzen und werden in der Regel von den Netzbetreibern getragen. Fördermöglichkeiten sind derzeit nicht bekannt.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Energieleitplanung
Maßnahmenbeschreibung	Ganzheitliche räumliche Planung von Energieinfrastrukturen unter Einbeziehung von Wärme, Strom, Gas und erneuerbaren Energiequellen. Sie dient als strategischer Orientierungsrahmen für Kommunen zur Koordination sektorübergreifender Maßnahmen.
Voraussetzungen	▪ Je mehr Infrastrukturen (Strom, Gas, Wärme, ggf. weitere) im Betrachtungsgebiet eine Rolle spielen, desto eher macht eine gesamtheitliche Analyse Sinn ▪ Diese hat den Zweck den Ausbaubedarf von den o.g. aufeinander abzustimmen und zu optimieren
Zeitlicher Horizont	▪ Wann mit Maßnahme starten: Nach der KWP oder jederzeit bei Bedarf ▪ Dauer der Maßnahme: 12 Monate oder länger je nach Komplexität (nur Planungsmaßnahmen) ▪ Netzausbaumaßnahmen sind ein kontinuierlicher Prozess nach der Planung
Erforderliche Schritte	1. Rücksprache mit den Strom-, Gas und Wärmenetzbetreiber zum Stand der Netzplanung und Identifizierung, ob es eine spartenübergreifende, szenariobasierte Netzplanung gibt 2. Energieleitplanung durchführen 3. Netzausbaumaßnahmen identifizieren 4. Netzausbaumaßnahmen abstimmen und durchführen
Kostenplanung	▪ Erwartete Kosten: 100-200 Tsd. € und mehr (Netzplanungskosten) ▪ Kosten für Netzausbau können nicht verlässlich abgeschätzt werden ▪ Kostenträger: Netzbetreiber
Finanzierungsmechanismen	▪ Keine Fördermöglichkeiten bekannt
Messung des Erfolgs	▪ Kosteneinsparungen in den einzelnen Sparten ▪ Erhöhung des EE-Anteils (siehe Abbildung 87)

6.5 Integration des Wärmeplans in die Bauleitplanung

Die Integration des kommunalen Wärmeplans in die Bauleitplanung verfolgt das Ziel, die Erkenntnisse und Zielsetzungen der kommunalen Wärmeplanung verbindlich in Flächennutzungs- und Bebauungsplänen zu verankern. Dadurch sollen energetische Zielsetzungen frühzeitig in städtebauliche Planungsprozesse einfließen. Voraussetzung hierfür ist dementsprechend das Vorliegen einer kommunalen Wärmeplanung. Gemäß § 27 Absatz 3 des Wärmeplanungsgesetzes sind die ausgewiesenen Wärme- und gegebenenfalls Wasserstoffnetzeignungsgebiete bei der Aufstellung, Änderung oder Aufhebung von Bauleitplänen sowie bei anderen flächenbedeutsamen Planungen öffentlicher Stellen zu berücksichtigen.

Die Maßnahme beginnt mit der Fertigstellung der kommunalen Wärmeplanung und ist als fortlaufender Prozess zu verstehen.

Erforderlich ist insbesondere die kontinuierliche Beteiligung der verwaltungsinternen Arbeitsgruppe „Kommunale Wärmeplanung/Klimaschutzmanagement“ an internen Planungsrunden, Bauleitplanverfahren, Änderungen des Flächennutzungsplans sowie weiteren formellen und informellen städtebaulichen Planungen. Zudem sollte die Arbeitsgruppe bei Vorlagen für politische Gremien sowie in strategische Planungen für kommunale Liegenschaften eingebunden und die Wärmeversorgung im Umweltbericht berücksichtigt werden.

Die Kosten werden von der Kommune getragen und sind überschaubar, da hauptsächlich interne Abstimmungen erforderlich sind. Sie lassen sich jedoch nicht konkret beziffern. Finanzierungsmechanismen sind dementsprechend nicht relevant und auch nicht bekannt.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Integration des Wärmeplans in die Bauleitplanung
Maßnahmenbeschreibung	Verankerung der Ergebnisse und Zielbilder der kommunalen Wärmeplanung in Flächennutzungs- und Bebauungsplänen. Dadurch sollen energetische Zielsetzungen frühzeitig im planerischen Verfahren berücksichtigt werden.
Voraussetzungen	Vorliegen der Kommunalen Wärmeplanung Die KWP ist bei Bauleitplanungen und „flächenbedeutsamen Planungen“ zu berücksichtigen: Nach § 27 (3) WPG sind die Wärme- und ggf. Wasserstoffnetzeignungsgebiete in Abwägungs- und Ermessensentscheidungen zu berücksichtigen bei einer Aufstellung, Änderung, Ergänzung oder Aufhebung eines Bauleitplans und einer anderen flächenbedeutsamen Planung oder Maßnahme einer öffentlichen Stelle [...]
Zeitlicher Horizont	▪ Beginnend mit der Fertigstellung der KWP

Erforderliche Schritte	1. (Fortführung der) Beteiligung der verwaltungsinternen Gruppe „Kommunale Wärmeplanung/Klimaschutzmanagement“ an verwaltungsinternen Planungsrunden, Beteiligungen im Rahmen von B-Plänen, Veränderungen / Überarbeitungen Flächennutzungsplan und anderer städtebaulichen (auch informellen) Planungen für das Gemeindegebiet (etwa Satzungen) 2. Ggf. Beteiligung bei Vorlagen für politische Gremien 3. (Fortführung der) Einbindung von der verwaltungsinternen Gruppe „Kommunale Wärmeplanung/Klimaschutzmanagement“ in strategische Planungen (bspw. Leitlinien) für kommunaler Liegenschaften 4. Berücksichtigung der Wärmeversorgung als Thema im Umweltbericht
Kostenplanung	▪ Kostenträger: Kommune ▪ Kostenaufwand: nicht näher spezifizierbar
Finanzierungsmechanismen	▪ Nicht relevant
Messung des Erfolgs	▪ Umsetzung von Neubaugebieten unter Berücksichtigung von EE-Technologien und der Versorgungsgebiete aus der Wärmeplanung (insb. Wärmenetzgebiete)

6.6 Erstellung einer Übersicht der zur Verfügung stehenden Beratungsangebote im Bereich energetische Gebäudesanierung sowie Förderung und Ausweitung des Angebots

Im Rahmen dieser Maßnahme wird eine umfassende Übersicht über bestehende Beratungsangebote zur energetischen Gebäudesanierung für Bürgerinnen und Bürger erstellt. Diese Übersicht soll bestehende städtische, private und institutionelle Angebote strukturiert darstellen und zugleich Ansatzpunkte zur inhaltlichen Erweiterung aufzeigen. Ziel ist es, bestehende Beratungslücken zu schließen und den Zugang zu Beratungsleistungen zu verbessern.

Voraussetzung ist das Vorhandensein bzw. die Schaffung entsprechender Beratungsangebote. Die Umsetzung soll bis spätestens Anfang des Jahres 2027 beginnen.

Zu den notwendigen Schritten zählen die Erhebung und Bündelung bestehender Angebote, deren Vernetzung zur leichteren Zugänglichkeit sowie die Entwicklung eines Konzepts zur Erweiterung der Beratungskapazitäten, etwa durch Schulungen oder digitale Formate. Ergänzend ist eine Öffentlichkeitskampagne vorgesehen, um das Angebot bekannt zu machen und die Vorteile energetischer Sanierungen hervorzuheben.

Die Kosten belaufen sich auf rund 65.000 Euro für den Zeitraum von 2026 bis 2029, zuzüglich eines möglichen zusätzlichen Budgets für eine externe Öffentlichkeitskampagne. Die Finanzierung erfolgt grundsätzlich über den kommunalen Haushalt, wobei mögliche Förderoptionen zu prüfen sind.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Erstellung einer Übersicht der zur Verfügung stehenden Beratungsangebote im Bereich energetische Gebäudesanierung sowie Förderung und Ausweitung des Angebots

Maßnahmen- beschreibung	Erhebung und strukturelle Darstellung bestehender Energieberatungsangebote für Bürgerinnen und Bürger, kombiniert mit Empfehlungen zur inhaltlichen Erweiterung. Ziel ist es, Beratungslücken zu schließen und Zugänglichkeit zu verbessern.
Voraus- setzungen	▪ Vorhandene städtische, private und institutionelle Beratungsangebote im Bereich energetische Gebäudesanierung
Zeitlicher Horizont	▪ Umsetzungsbeginn: Bis Anfang des nächsten Jahres (z.B. 2027)
Erforderliche Schritte	1. Erstellung einer umfassenden Übersicht der bestehenden Beratungsangebote (städtisch, privat, institutionell) 2. Vernetzung und Bündelung der Angebote, um sie leichter zugänglich zu machen 3. Entwicklung eines Konzepts zur Steigerung der Beratungskapazitäten (Schulung neuer Beraterinnen und Berater sowie Einführung digitaler Beratungsformate) 4. Durchführung einer Öffentlichkeitskampagne zur Bekanntmachung des Angebots und Hervorhebung der Vorteile energetischer Gebäudesanierungen
Kostenpla- nung	▪ Kosten: 65 Tsd. Euro für den Zeitraum 2026 bis 2029 ▪ Zusätzlicher Budgetbedarf für Kampagne über einen externen Dienstleister
Finanzierungs- mechanismen	▪ ggf. Förderung möglich (Details sind zu prüfen) ▪ Kommune muss Maßnahme über Haushalt tragen (bei Mehrkosten)
Messung des Erfolgs	▪ Erhöhung der Sanierungsquote ▪ Reduktion des Wärmebedarfs (siehe Abbildung 72)

6.7 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-EE-Gas-Netze geeignet sind. Durch die kommunale Wärmeplanung gibt es bereits erste Erkenntnisse, ob Teile des Gasnetzes in Zukunft potenziell als Wasserstoff-EE-Gas-Netze genutzt werden könnten. Ist dies der Fall, so sind für die identifizierten Gebiete Gasnetzumstellungsmaßnahmen zu planen. Für die nicht als zukünftige Wasserstoff-EE-Gas-Netze identifizierten Gebiete sind Gasnetzstilllegungsmaßnahmen zu planen.

Bezüglich des zeitlichen Horizonts sollte zeitnah nach Projektende der kommunalen Wärmeplanung 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 ist eine Abstimmung mit 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. 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, das heißt die reine Planung, belaufen sich auf 40.000 € bis 90.000 €, je nach Stand der bisherigen Strategie und dem davon abhängigen Aufwand der weiteren Planungen. Die Kosten für die Netzumstellungs- und Netzstilllegungsmaßnahmen können erst mit vorliegender Gasnetzstrategie verlässlich abgeschätzt werden. Der Kostenträger der Gasnetzstrategie ist der Netzbetreiber oder der Konzessionsgeber. 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 den Gasnetzbetreibern können die notwendigen Schritte zeitnah und im Einklang mit den Klimazielen umgesetzt werden.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Gasnetzstrategie
Maßnahmenbeschreibung	Untersuchung zur zukünftigen Rolle des Gasnetzes unter Dekarbonisierungsaspekten, insbesondere im Hinblick auf Rückbau, Umnutzung oder selektive Umstellung auf grüne Gase / Wasserstoff. Die Strategie bewertet wirtschaftliche und technische Konsequenzen auf Quartiersebene unter Berücksichtigung der EU-Richtlinie über gemeinsame Vorschriften für die Binnenmärkte für erneuerbares Gas, Erdgas und Wasserstoff.
Voraussetzungen	▪ Durch die kommunale Wärmeplanung (oder andere Ansätze) wurden bestehende Gasnetzgebiete in ihrer Gesamtheit nicht als zukünftige Wasserstoff- EE-Gas-Netze identifiziert ▪ Für die identifizierten zukünftige Wasserstoff- EE-Gas-Netze Gebiete sind Gasnetzumstellungsmaßnahmen zu planen ▪ Für die anderen, nicht als zukünftige Wasserstoff- EE-Gas-Netze identifizierten Gebiete sind Gasnetzstillungs- und Gasnetzrückbaumaßnahmen zu planen
Zeitlicher Horizont	▪ Wann mit Maßnahme starten: Zeitnah nach Projektende der KWP ▪ Dauer der Maßnahme: 6-12 Monate (nur Planungsmaßnahmen) ▪ Netzbau-, Netzstilllegungs- und Netzurückbaumaßnahmen sind ein kontinuierlicher Prozess nach der Planung
Erforderliche Schritte	1. Rücksprache mit dem Gasnetzbetreiber zum Stand der Gasnetzstrategie 2. Zeithorizont zur Strategieerstellung abstecken 3. Erstellung Gasnetzstrategie 4. Identifikation von Netzbau-, Netzstilllegungs- und Netzurückbaumaßnahmen 5. Netzbau-, Netzstilllegungs- und Netzurückbaumaßnahmen abstimmen und durchführen

Kostenplanung	▪ Erwartete Kosten: 20-100 Tsd. € (Gasnetzstrategie); Kosten für Netzbau-, Netzstilllegungs- und Netzurückbaumaßnahmen können erst mit vorliegender Gasnetzstrategie verlässlich abgeschätzt werden ▪ Kostenträger: Gasnetzbetreiber
Finanzierungsmechanismen	▪ Keine Förderungsmöglichkeiten bekannt
Messung des Erfolgs	▪ Reduktion der Anzahl an Gebäude am Erdgasnetz (siehe Abbildung 76)

6.8 Integrierte Tiefbauplanung

Die integrierte Tiefbauplanung zielt auf die Bündelung und Koordination von Tiefbaumaßnahmen verschiedener Sparten wie Strom, Wasser, Wärme, Breitband, Abwasser und Straßenbau ab. Dadurch sollen Kosten gesenkt, Verkehrsbehinderungen reduziert und Mehrfachaufbrüche vermieden werden. Angesichts des hohen Infrastrukturbedarfs im Zuge der Energiewende ist eine abgestimmte Vorgehensweise besonders sinnvoll, insbesondere wenn bislang keine systematische Koordination zwischen den beteiligten Akteuren besteht.

Die Maßnahme kann jederzeit begonnen werden. Je nach Komplexität der Akteursstruktur und dem angestrebten Digitalisierungsgrad beträgt die Umsetzungsdauer etwa sechs bis 18 Monate.

Zu den erforderlichen Schritten gehören die Identifikation aller relevanten Tiefbauakteure, die Analyse bestehender Abstimmungsprozesse sowie die Prüfung von Verbesserungsmöglichkeiten, beispielsweise durch eine zentrale Plattform für geplante Maßnahmen.

Die Kosten sowie die Kostenträger lassen sich derzeit nicht konkret benennen und sind stark projektabhängig. Fördermöglichkeiten sind nicht bekannt.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Integrierte Tiefbauplanung
Maßnahmenbeschreibung	Bündelung und Koordination von Tiefbaumaßnahmen (z. B. Strom, Wasser, Wärme, Breitband, Abwasser, Straßen) zur Minimierung von Kosten, Verkehrsbehinderungen und mehrfachen Aufbrüchen. Ziel ist die effiziente Umsetzung unterschiedlicher Infrastrukturausbauten in einem Arbeitsgang.
Voraussetzungen	▪ Durch die hohe Notwendigkeit von Infrastrukturmaßnahmen im Rahmen der Energiewende ist es sinnvoll, einen möglichst abgestimmten Tiefbau zu betreiben ▪ Falls es im Betrachtungsgebiet noch keine detaillierte Abstimmung zwischen Tiefbau-Akteuren gibt, wäre die Maßnahme grundsätzlich sinnvoll
Zeitlicher Horizont	▪ Wann mit Maßnahme starten: Jederzeit/sofort ▪ Dauer der Maßnahme: Je nach Komplexität der Akteursstruktur und angestrebtem Level der Digitalisierung 6 bis 18 Monate

Erforderliche Schritte	1. Identifizierung möglichst aller Akteure, die im Planungsgebiet Tiefbau betreiben (oder zukünftig betreiben wollen) 2. Recherche des bisherigen Abstimmungsprozesses zwischen den Akteuren (falls vorhanden) 3. Analyse von Verbesserungsoptionen, wie einer zentralen Austauschplattform von geplanten Tiefbaumaßnahmen
Kostenplanung	▪ Erwartete Kosten: unklar ▪ Kostenträger: unklar
Finanzierungsmechanismen	▪ Keine Förderungsmöglichkeiten bekannt
Messung des Erfolgs	▪ Kosteneinsparungen in den einzelnen Sparten ▪ Fortschritte bei der Anzahl Erdgas- und Wärmenetzanschlüsse sowie Wärmepumpen (siehe Abschnitt 5.5.1)

6.9 Lokale Leuchtturmprojekte der Kommune

Lokale Leuchtturmprojekte sind besonders sichtbare und innovative Vorhaben mit Vorbildcharakter, die eine klimafreundliche Energieversorgung demonstrieren und die Akzeptanz in der Bevölkerung erhöhen sollen. Somit dienen sie auch als praxisnahe Anschauungsobjekte für weitere Maßnahmen.

Voraussetzung ist das Vorhandensein geeigneter kommunaler Standorte oder Objekte. Die Maßnahme kann jederzeit begonnen werden, wobei Dauer und Abschluss vom jeweiligen Sanierungs- oder Modernisierungsobjekt abhängen.

Zunächst werden geeignete Objekte identifiziert, etwa Gebäude mit hohem Energieverbrauch, akutem Sanierungsbedarf oder besonderer strategischer Bedeutung. Anschließend erfolgt eine Priorisierung nach Dringlichkeit sowie eine Auswahl der umzusetzenden Projekte und die Abstimmung der Finanzierung. Nach der Planung werden die Sanierungs- oder Modernisierungsmaßnahmen umgesetzt. Parallel dazu soll die Öffentlichkeit kontinuierlich informiert werden, beispielsweise durch Pressearbeit, Veranstaltungen oder digitale Dokumentationen.

Die Kosten sind objektabhängig und können nicht pauschal geschätzt werden. Kostenträger sind in der Regel die Kommune oder private Investoren. Als Finanzierungsmechanismen kommen unter anderem Landes- und Bundesförderprogramme wie die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) in Betracht.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Lokale Leuchtturmprojekte der Kommune
Maßnahmenbeschreibung	Umsetzung innovativer oder besonders sichtbarer Projekte mit Vorbildcharakter zur Förderung klimafreundlicher Energieversorgung. Sie sollen die Akzeptanz steigern und als praxisnahe Anschauungsobjekte für weitere Maßnahmen dienen.

Voraussetzungen	Existenz geeigneter Standorte/Objekte
Zeitlicher Horizont	- Wann mit Maßnahme starten: Jederzeit - Wann Abschluss der Maßnahme: Abhängig vom zu sanierenden/modernisierenden Objekt - Dauer der Maßnahme: Abhängig vom zu sanierenden/modernisierenden Objekt - Sanierungs-/Modernisierungsmaßnahmen sind ein kontinuierlicher Prozess - Abhängig vom Sanierungsstand der Objekte und der Finanzierungssituation der Kommune
Erforderliche Schritte	- Identifizierung von Objekten, - die im Vergleich zu Referenzgebäuden einen hohen Energieverbrauch aufweisen - bei denen ein aktueller Handlungsbedarf besteht (bspw. Schäden an Heizung/Gebäude) - Notwendigkeit neuer Räumlichkeiten (bspw. der geplante Umzug einer Abteilung in ein neues Bestandsgebäude) - Notwendigkeit durch Entwicklungsprojekte (bspw. Durchführung der Landesgartenschau, Einführung von Naturschutzgebieten) - Priorisierung der identifizierten Objekte nach Dringlichkeit - Auswahl der konkret zu sanierenden/modernisierenden Objekt - Abstimmung der Finanzierung von Sanierungs-/Modernisierungsmaßnahmen für die ausgewählten Objekte - Planung und Durchführung der entsprechenden Sanierungs-/Modernisierungsmaßnahmen der ausgewählten Objekte - Parallel zu Schritt 3 bis 5 sollte die Öffentlichkeit kontinuierlich informiert werden, bspw. durch Zeitungsartikel, Infoveranstaltungen, digitale (Fotos/Videos) Dokumentation der Planungs- und Durchführungsmaßnahmen im Internet (digitales Baustellentagebuch), Führung und Expertengespräche auf Baustellen für die Öffentlichkeit
Kostenplanung	- Erwartete Kosten: Kann nicht geschätzt werden, da abhängig vom zu sanierenden/modernisierenden Objekt - Kostenträger: Kommune
Finanzierungsmechanismen	- Kommune oder private Investoren - Landes- und Bundesförderprogramme, bspw. das Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) der KfW
Messung des Erfolgs	Anzahl der daraus entstehenden Projekte (z.B. ein Projekt pro Jahr)

6.10 Entwicklung und Umsetzung einer Gesamtstrategie zur Wärmebedarfsreduktion kommunaler Liegenschaften

Diese Maßnahme umfasst die Entwicklung und Umsetzung einer umfassenden Strategie zur Reduktion des Wärmebedarfs in kommunalen Gebäuden. Grundlage ist eine systematische Erfassung, Analyse und Priorisierung von Einsparpotenzialen, die durch konkrete Sanierungs- und

Investitionsmaßnahmen umgesetzt werden. Voraussetzung ist das Vorhandensein fossiler oder ineffizienter Wärmeversorgungssysteme in kommunalen Gebäuden sowie ausreichende personelle und organisatorische Ressourcen. Zudem bedarf es einer detaillierten Bestands- und Potenzialanalyse.

Nach Abschluss der kommunalen Wärmeplanung können geeignete Gebäude identifiziert und Machbarkeitsstudien durchgeführt werden. Die Strategieerstellung dauert etwa ein Jahr, während sich die Umsetzung der Maßnahmen über mehrere Jahre erstreckt.

Zu den erforderlichen Schritten zählen zunächst die Bestandsaufnahme und Identifikation kommunaler Gebäude anhand relevanter Kennwerte, wie dem Energieverbrauch. Es folgt eine Priorisierung, beispielsweise nach Einsparpotenzial oder Sanierungsdringlichkeit, sowie die Durchführung von Machbarkeitsprüfungen sowie die Erstellung eines Umsetzungsfahrplans inklusive der Abstimmung mit Ausschüssen und Fördergebern.

Die Kosten für die Strategie liegen zwischen 50.000 und 200.000 Euro, hängen jedoch stark von den Gebäuden ab. Sanierungen inklusive Heizungswechsel können Kosten von etwa 400 bis 2.000 Euro pro Quadratmeter verursachen. Die Finanzierung erfolgt durch die Kommune, ergänzt durch mögliche Fördermittel von Land, Bund oder EU.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmen-bezeichnung	Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Wärmebedarfsreduktion kommunaler Liegenschaften und Umsetzung
Maßnahmen-beschreibung	Systematische Erfassung, Analyse und Priorisierung von Einsparmaßnahmen in öffentlichen Gebäuden zur Senkung des Wärmebedarfs. Die Strategie wird durch konkrete Investitions- und Sanierungsmaßnahmen ergänzt.
Voraus-setzungen	- Es gibt noch fossile (oder ineffiziente) Wärmeversorgung in kommunalen Gebäuden - Personal und/oder Ressourcen für Beauftragung - Genaue Gebäude-Bestands- und Potenzialanalyse
Zeitlicher Horizont	- Wann mit Maßnahme starten: Zeitnah nach KWP könnten geeignete Gebäude identifiziert werden und potenzielle Machbarkeitsstudien durchgeführt werden - Wann Abschluss der Maßnahme: Nach Abarbeitung aller relevanten Objekte - Dauer der Maßnahme: ca. 1 Jahr + Umsetzungsdauer mehrere Jahre
Erforderliche Schritte	- Identifikation von Gebäuden: Kartierung der kommunalen Gebäude / Bestandsaufnahme: Alter, Nutzung, aktueller Energieverbrauch, Heizsysteme, bauliche/gewerbliche Besonderheiten - Priorisierung der Gebäude: Auswahl nach Einsparpotenzial, sozio-kultureller Bedeutung oder dringendem Sanierungsbedarf - Durchführung von Machbarkeitsprüfung: Erhebung von Investitions- und Personalkosten: Ermittlung der Kosten für Grundsanierung inkl. Heizungswechsel pro Liegenschaft - Zeitplanung und Meilensteine erstellen: Festlegung eines Umsetzungsfahrplans, Abstimmung mit Ausschüssen und Fördergebern

Kostenplanung	▪ Kostenträger: Kommune ▪ Strategie: 50 bis 200 Tsd. Euro ▪ Grundsanierung inkl. Heizungswechsel: ca. 400 bis 2.000 €/m² → ein- bis zweistellige Millionenbeträge je Gebäude ▪ Stark abhängig von Gebäude und Technologie, hoher Invest wahrscheinlich, evtl. jedoch tatsächlich wirtschaftlich oder hoher Anteil der Kosten kann amortisiert werden
Finanzierungsmechanismen	▪ ggf. Fördermittel Land, Bund, EU
Messung des Erfolgs	▪ Erhöhung der Sanierungsquote ▪ Reduktion des Wärmebedarfs (siehe Abbildung 72)

6.11 Sanierungsberatung in Quartieren mit besonderem Sanierungsbedarf

Die Sanierungsberatung in ausgewählten Quartieren, auch als Energiekarawane bekannt, richtet sich gezielt an Haushalte mit hohem Sanierungspotenzial. Durch aufsuchende und niederschwellige Beratung sollen Sanierungsvorhaben direkt vor Ort aktiviert werden. Die Maßnahme wird von der Kommune initiiert und in Zusammenarbeit mit der Verbraucherzentrale oder lokalen Energieberaterinnen und -beratern umgesetzt. Voraussetzung ist die Identifikation geeigneter Quartiere im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung.

Die Beratung erfolgt quartiersweise über mehrere Wochen oder Monate und kann bei Bedarf wiederholt werden. Insgesamt ist ein Zeitraum von zwei bis vier Jahren vorgesehen. Dies hängt jedoch von der Anzahl und Größe der Quartiere ab.

Nach Auswahl und Priorisierung der Quartiere werden geeignete Partner eingebunden, die die Beratung bei den Bürgern durchführen. Die Maßnahme sollte beworben und das jeweilige Quartier auf das Angebot hingewiesen werden. Im Anschluss an die Durchführung der Beratung wird der Erfolg systematisch ausgewertet.

Die geschätzten Kosten betragen rund 40.000 Euro für den Zeitraum 2027 bis 2030 und werden von der Kommune getragen. Fördermöglichkeiten bestehen gegebenenfalls durch das Land den Bund oder die EU, aktuell jedoch nicht speziell für die Energiekarawane. Durch Kooperationen mit der Verbraucherzentrale NRW sind die Kosten potenziell teilweise reduzierbar.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Sanierungsberatung in Quartieren mit besonderem Sanierungsbedarf (Energiekarawane)
Maßnahmenbeschreibung	Gezielte aufsuchende Beratung von Haushalten in ausgewählten Quartieren zur energetischen Gebäudesanierung. Ziel ist die Aktivierung von Sanierungsvorhaben durch direkte Ansprache und niederschwellige Unterstützungsangebote.

Voraussetzungen	▪ Einordnung der Maßnahme: Beratungsangebot initiiert über die Kommune für bestimmte Quartiere (Individualberatung) über einen festgelegten Zeitraum. In Zusammenarbeit mit der Verbraucherzentrale oder lokalen Energieberatern. ▪ Identifikation von Gebieten mit erhöhtem Sanierungspotenzial im Rahmen der KWP
Zeitlicher Horizont	▪ Abhängigkeit von der Anzahl an Quartieren ▪ Beratungszeitraum für jedes Quartier über mehrere Wochen/Monate je Größe des Quartiers ▪ Potenziell iterativ wiederholend je Quartier in Abhängigkeit von Nachfrage und Erfolg ▪ Mittelfristige Maßnahme: 2-4 Jahre (je nach Größe und Anzahl der Quartiere)
Erforderliche Schritte	1. Quartiere auswählen und in Zeitschiene einordnen (z.B. nach Priorität) 2. Partner auswählen, der die Beratung bei den Bürgern durchführt (+ Vertragsbedingungen und Umfang klären) 3. Maßnahme bewerben und die jeweiligen Quartiere auf das Beratungsangebot hinweisen (zum Beispiel auch mit initialer Veranstaltung) 4. Beratung durchführen 5. Erfolg monitoren (Standardisierte Kontaktaufnahme z.B. 12-18 Monate nach Beratung, ob Nutzen erkennbar; kurzfristiger kann geprüft werden, wie viele Beratungen je Quartier durchgeführt werden)
Kostenplanung	▪ Kostenträger: Kommune ▪ Geschätzte Kosten 40 Tsd. Euro für den Zeitraum 2027 bis 2030 (inkl. Personalkosten)
Finanzierungsmechanismen	▪ ggf. Fördermittel Land, Bund, EU ▪ Aktuell keine Förderoptionen für die Durchführung der Energiekarawane ▪ Mittels einer Kooperation mit der Verbraucherzentrale NRW können die Beratungskosten potenziell gesenkt werden
Messung des Erfolgs	▪ Erhöhung der Sanierungsquote ▪ Reduktion des Wärmebedarfs (siehe Abbildung 72)

6.12 Digitale Bürgerinformation über die Wärmewende

Die digitale Bürgerinformation soll eine transparente und kontinuierliche Information über die kommunale Wärmewende ermöglichen. Ziel ist es, Bürgerinnen und Bürger niedrigschwellig zu informieren und zur aktiven Mitwirkung zu motivieren.

Die Maßnahme hat keine besonderen Voraussetzungen und kann je nach Priorisierung gestartet werden. Sie ist als dauerhafte Aufgabe angelegt.

Inhaltlich werden Themen wie Heizungswechsel, Wärmepumpen, Photovoltaik und weitere erneuerbare Energien aufgegriffen. Die Information erfolgt über unterschiedliche Formate wie Webseiten, Veranstaltungen, soziale Medien oder Informationsstände.

Die Kosten belaufen sich auf etwa 40 bis 70 Tsd. Euro für den Zeitraum 2026 bis 2029, wobei der Initialaufwand höher ausfällt und es in nachfolgenden Jahren dementsprechend günstiger wird. Zudem hängt der Gesamtaufwand vom technischen Umfang und damit auch davon ab, wie viel

investiert werden möchte. Kostenträger sind die Kommune und gegebenenfalls Energieversorger. Förderoptionen sind begrenzt, eventuell ist eine NKI-Förderung möglich.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Digitale Bürgerinformation über die Wärmewende
Maßnahmenbeschreibung	Entwicklung und Betrieb digitaler Informationsplattformen oder Tools zur transparenten Darstellung der kommunalen Wärmewende. Ziel ist es, Bürgerinnen und Bürger niedrigschwellig und kontinuierlich zu informieren und zum Mitmachen zu motivieren.
Voraussetzungen	keine
Zeitlicher Horizont	- Wann mit Maßnahme starten: Je nach Priorisierung im Zusammenhang mit anderen Projekten - Dauer der Maßnahme: kontinuierlich
Erforderliche Schritte	Sammlung von Themen und Formaten, über die Bürger informiert werden können - Themen: Heizungswechsel, Wärmepumpe, PV-Ausbau, anderer EE-Ausbau, dynamische Stromtarife uvm. - Formate: Webseite, Veranstaltungen, Social Media, „Kommunale Informationen“, Marktstand
Kostenplanung	- Erwartete Kosten: 40 bis 70 Tsd. Euro (für 2026 bis 2029) - Erstaufwand aufgrund von Herstellungskosten im Rahmen von z.B. Programmierungsarbeiten höher als in den Folgejahren geschätzt - Kostenträger: Kommune, Energieversorger
Finanzierungsmechanismen	- Keine Förderungsmöglichkeiten bekannt - ggf. NKI-Förderung
Messung des Erfolgs	- Reduktion des Wärmebedarfs und Erhöhung des EE-Anteils (siehe Abbildung 87) - Erhöhung der Anzahl an Gebäuden mit Wärmepumpe (siehe Abbildung 79) oder Wärmenetzanschluss (siehe Abbildung 77)

6.13 Infoveranstaltung mit den Bürgern und Stakeholdern

Eine Infoveranstaltung mit den Bürgern stellt 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.

Voraussetzungen für die Durchführung solcher Veranstaltungen bestehen keine. Der inhaltliche Fokus der Veranstaltungen kann je nach Ergebnissen der KWP variieren und daran angepasst werden, um den spezifischen lokalen Bedürfnissen gerecht zu werden.

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

Um die Veranstaltungen erfolgreich umzusetzen, sind folgende Schritte erforderlich: Zunächst müssen der Rhythmus und der allgemeine thematische Fokus festgelegt werden. Danach folgt die Organisation konkreter Termine und Veranstaltungsorte sowie die Abstimmung mit potenziellen Partnern wie Energieversorgern, dem Handwerk und dem Verbraucherschutz. Eine gezielte Bewerbung der Veranstaltung und die Einladung der Bürger und der weiteren Akteure ist essenziell, um eine hohe Beteiligung sicherzustellen. Schließlich erfolgt die eigentliche Durchführung der Veranstaltung, die durch informative Inhalte und interaktive Elemente geprägt sein sollte.

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

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

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Infoveranstaltung mit den Bürgern und Stakeholdern
Maßnahmenbeschreibung	Organisation und Durchführung öffentlicher Veranstaltungen zur Vorstellung von Planungen, Ergebnissen und Umsetzungsoptionen im Bereich Wärme. Der Austausch mit Betroffenen fördert Akzeptanz, Transparenz und gegenseitiges Verständnis.
Voraussetzungen	Keine (Fokus kann variieren je nach Ergebnis der KWP)
Zeitlicher Horizont	- Wann mit Maßnahme starten: direkt nach der KWP - Wann Abschluss der Maßnahme: nie (evtl. nach Klimaneutralität, aber auch dann potenziell weiterer Mehrwert vorhanden) - Dauer der Maßnahme: kein festes Ende (im Zweifel bis 2045) - Regelmäßigkeit: 1 bis 2 Mal im Jahr

Erforderliche Schritte	1. Festlegung Rhythmus und Inhaltsfokus (allgemein) 2. Terminfindung, Ortsfindung und Klärung der potenziellen Partner (Energieversorger, Handwerk, Verbraucherschutz etc.) 3. Werbung/Einladung 4. Durchführung der Veranstaltung
Kostenplanung	▪ Erwartete Kosten: Kostenaufwand für Veranstaltungs- und Workshopsorganisation 12 Tsd. Euro für den Zeitraum 2026 bis 2029
Finanzierungsmechanismen	▪ Keine Förderungsmöglichkeiten bekannt
Messung des Erfolgs	▪ Reduktion des Wärmebedarfs und Erhöhung des EE-Anteils (siehe Abbildung 87) ▪ Erhöhung der Anzahl an Gebäuden mit Wärmepumpe (siehe Abbildung 79) oder Wärmenetzanschluss (siehe Abbildung 77)

6.14 Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung

Die Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung dient der Fortschreibung bestehender Wärmepläne unter Berücksichtigung neuer Daten, technischer Entwicklungen und veränderter Rahmenbedingungen. Dementsprechend können die festgelegten Ziele an aktuelle Erkenntnisse und Gegebenheiten angepasst werden.

Voraussetzung ist eine bereits vorliegende Wärmeplanung. Spätestens fünf Jahre nach deren Erstellung soll die Aktualisierung begonnen werden. Die Dauer beträgt etwa zwölf bis 16 Monate.

Die Maßnahme umfasst eine erneute Bestands- und Potenzialanalyse, die Überarbeitung des Zielszenarios sowie die Anpassung der Wärmewendestrategie und der Maßnahmen.

Die Kosten liegen bei etwa 50.000 Euro und werden von der Kommune getragen. Die Finanzierung erfolgt über Konnexitätszahlungen des Landes NRW.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung
Maßnahmenbeschreibung	Überarbeitung und Fortschreibung bestehender Wärmepläne unter Einbezug neuer Daten, Entwicklungen und technischer Rahmenbedingungen. Dient der kontinuierlichen Anpassung der Wärmewendeziele an aktuelle Erkenntnisse und Gegebenheiten.
Voraussetzungen	▪ Kommunale Wärmeplanung liegt vor
Zeitlicher Horizont	▪ Wann mit Maßnahme starten: Spätestens 5 Jahre nach der zuvor erstellten kommunalen Wärmeplanung ▪ Dauer der Maßnahme: 12 bis 16 Monate

	Die Qualität der vorangegangenen KWP und Datenübergabe hat maßgeblich Einfluss auf den Projektaufwand
Erforderliche Schritte	- Bestandsanalyse (inkl. Einarbeitung der bisherigen Ergebnisse) - Potenzialanalyse - Überarbeitung des Zielszenarios - Abstimmung und Anpassung der Wärmewendestrategie - Identifizierung von neuen Maßnahmen und Anpassung von bestehenden Maßnahmen
Kostenplanung	- Erwartete Kosten: ca. 50 Tsd. € - Kostenträger: Kommune
Finanzierungsmechanismen	Konnexitätszahlungen des Landes NRW
Messung des Erfolgs	Anpassungsbedarf der bis dahin angesetzten Maßnahmen und Ziele

6.15 Aktionen und Angebote durch lokalen Energieversorger (und/oder Handwerk) für Heizungen

Die Wärmewende erfordert nicht nur langfristige Infrastrukturentscheidungen, sondern auch kurzfristig greifbare Angebote für Bürgerinnen und Bürger, die individuellen Investitionen planen. Lokale Energieversorger und das Handwerk spielen dabei eine zentrale Rolle als Umsetzer, Multiplikatoren und Vertrauenspartner.

Ziel dieser Maßnahme ist es, koordinierte Informations- und Angebotskampagnen zum Heizungstausch und zur Umstellung auf erneuerbare Energien zu fördern – in Zusammenarbeit mit Energieversorgern, SHK-Betrieben, Energieberatern und ggf. der Kommune. Neben Informationsveranstaltungen sollen auch konkrete technische und finanzielle Angebote entwickelt werden, z.B. „Heizung zum Festpreis“, Contracting-Modelle oder Zuschussprogramme. Diese Maßnahme soll Hemmschwellen senken, den Fachkräftemangel durch Kooperationsmodelle auffangen und Investitionen in klimafreundliche Heizsysteme sichtbar, einfach und attraktiv machen.

Voraussetzung ist die Bereitschaft zur Zusammenarbeit sowie eine geeignete Koordinations- und Kommunikationsstruktur. Der Projektstart ist jederzeit möglich, die Umsetzung erfolgt dauerhaft mit zeitlich begrenzten Aktionsphasen.

Zu den erforderlichen Schritten zählen die Einbindung der notwendigen Akteure (EVU und Handwerksbetriebe), die Abstimmung gemeinsamer Angebote, die Entwicklung standardisierter Lösungen sowie eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit und Evaluation.

Die Kosten entstehen vor allem durch Koordination und Kommunikation. Handwerksbetriebe finanzieren sich in der Regel über Aufträge, während Energieversorger anteilige Kosten tragen können. Hinsichtlich der Finanzierung sind Förderprogramme für Energieberatung, kommunale Beteiligungen sowie Sponsoring durch den Energieversorger oder lokale Wirtschaftsverbände möglich.

Kategorie	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung	Aktionen und Angebote durch lokalen Energieversorger (und/oder Handwerk) für Heizungen
Maßnahmenbeschreibung	Entwicklung und Umsetzung von Angeboten für Endkunden zum Heizungstausch oder zur Heizungsoptimierung durch EVU, Handwerksbetriebe und/oder Energieberater. Fokus liegt auf erneuerbaren Heiztechnologien (z. B. Wärmepumpen, Solarthermie), Beratungsdienstleistungen, Paketlösungen und regional abgestimmten Aktionsprogrammen.
Voraussetzungen	▪ Bereitschaft lokaler Akteure zur Zusammenarbeit ▪ Technische Beratungskompetenz vorhanden oder vernetzbar ▪ Kommunikationsplattform oder Ansprechstelle für Endkunden ▪ Koordination über EVU, Klimaschutzmanagement oder lokale Netzwerkstelle
Zeitlicher Horizont	▪ Projektstart: jederzeit möglich ▪ Dauerhafte Weiterführung je nach Marktdynamik ▪ Zeitlich begrenzte Aktionsphasen zur Verstärkung (z. B. Frühjahr/Sommer-Kampagnen)
Erforderliche Schritte	1. Ansprache und Einbindung lokaler EVU und Handwerksbetriebe 2. Abstimmung gemeinsamer Angebotsstruktur und Marketingstrategie 3. Technische Standardisierung von Paketlösungen („Heizung zum Festpreis“, Solarbooster, etc.) 4. Öffentlichkeitskampagne (z. B. lokale Energiemesse, Anzeigen, Infoabende) 5. Rückkopplung / Evaluation der Nachfrage
Kostenplanung	▪ Aufwand für Koordination, Öffentlichkeitsarbeit ▪ Beitrag Handwerksbetriebe: i. d. R. eigenfinanziert durch Auftragsvolumen ▪ Energieversorger tragen ggf. anteilige Umsetzungskosten oder profitieren durch Anschlussgewinne
Finanzierungsmechanismen	▪ Förderprogramme für Energieberatung (BAFA, Landesprogramme) ▪ Kommunale Beteiligung am Koordinationsaufwand ▪ Sponsoring/Beteiligung durch EVU oder lokale Wirtschaftsverbände
Messung des Erfolgs	▪ Erhöhung des EE-Anteils

7 Partizipations- und Kommunikationsstrategie

Im Rahmen der Wärmeplanung in der Gemeinde Neunkirchen wurden verschiedene Maßnahmen getroffen, um den Bürgern Informationen zur Verfügung zu stellen. Dies ist entscheidend, um Akzeptanz und Unterstützung für das Projekt zu gewährleisten. Im Folgenden werden die wesentlichen Maßnahmen und Aktivitäten im Bereich Beteiligung und Kommunikation beschrieben.

7.1 Einrichtung einer Projektwebseite

Zu Beginn des Projekts wurde eine Themenseite auf der Webseite eingerichtet: <https://www.neunkirchen-siegerland.de/Wohnen-Leben/Klima-und-Umweltschutz/Kommunale-W%C3%A4rmeplanung/?La=1>. Diese Webseite dient als zentrale Informationsplattform für alle Interessierten. Sie bietet umfassende Informationen über die Ziele, den Fortschritt und die einzelnen Schritte des Wärmeplanungsprojekts. Auf der Webseite werden regelmäßig Aktualisierungen, Berichte und relevante Dokumente veröffentlicht, um die Bürger stets auf dem neuesten Stand zu halten.

7.2 Kommunikation über E-Mail

Um den Dialog mit den Bürgern zu erleichtern und eine unkomplizierte Möglichkeit zur Klärung von Fragen zu bieten, wurde die E-Mail-Adresse waermeplanung@neunkirchen-siegerland.de eingerichtet. Über diese E-Mail-Adresse konnten Bürger ihre Fragen und Anregungen direkt an das Projektteam richten.

7.3 Bürgerveranstaltungen

7.3.1 1. Bürgerveranstaltung

Am Dienstag, den 7. Oktober 2025, fand im Otto-Reiffenrath-Haus die erste Bürgerinformationsveranstaltung zur kommunalen Wärmeplanung statt. Beginn war um 18:00 Uhr. Das Projektteam aus der Gemeinde Neunkirchen und BMU Energy Consulting präsentierte den aktuellen Stand der Wärmeplanung. Im Fokus standen: die Bestandsanalyse der bestehenden Wärmeversorgung in Neunkirchen, ein Ausblick auf die Schwerpunkte zukünftiger Wärmeinfrastruktur und erste Handlungsoptionen zur klimaneutralen Wärmeversorgung. Im Anschluss wurde Gelegenheit zum Austausch geboten. Die Veranstaltung diente dem Ziel, Bürgerinnen und Bürger frühzeitig in den Beteiligungsprozess einzubinden, Verständnis zu fördern und ein tragfähiges Meinungsbild zu schaffen.

7.3.2 2. Bürgerveranstaltung

Eine zweite Bürgerinformationsveranstaltung zur kommunalen Wärmeplanung wurde am 20.04.2026 um 18:00 Uhr ebenfalls im Otto-Reiffenrath-Haus durchgeführt. Ziel dieser Veranstaltung war die Vorstellung der vorläufigen Endergebnisse der kommunalen Wärmeplanung durch Gemeinde Neunkirchen und die BMU Energy Consulting. Ebenso sollte die Veranstaltung eine Vernetzung der Bürgerinnen und Bürger mit lokalen Akteuren fördern. Aus diesem Grund wurde die Veranstaltung als hybrides Messeformat konzipiert. Die Bürgerinnen und Bürger hatten die Möglichkeit, sich an verschiedenen Messeständen (z.B. Energieverein Siegen-Wittgenstein, lokale Heizungsbauer und Energieberater) zu informieren und sich über ihre individuellen Herausforderungen der Wärmewende auszutauschen. Die Besucherzahlen der Veranstaltung waren im Vergleich zur ersten Bürgerinformationsveranstaltung leider jedoch geringer als erhofft. Nichtsdestotrotz kam in der Fragerunde



nach der Ergebnisvorstellung eine lebhafte Diskussion über die Herausforderungen der Wärmetransformation in Neunkirchen auf.

7.4 Weitere Beteiligungsformate

Im Rahmen der Vorstudie vom Kreis Siegen-Wittgenstein zum Thema Grubenthermie fanden zwei Austauschtermine (im Oktober 2025 und Januar 2026) organisiert vom Energy4Climate statt. Dabei informierte das Projektteam über den Stand der Wärmeplanung und wurde über den aktuellen Stand der Studie in Kenntnis gesetzt, um die potenziellen Grubenthermie-Potenziale in das Projekt einfließen lassen zu können.

Hinsichtlich des Wärmenetzeignungsgebiets fand zudem im Januar 2026 ein Austausch des Projektteams aus Gemeinde und BMU Energy Consulting mit der Fritz Schäfer GmbH als potenziellem Ankercunden mit hohem Wärmebedarf statt. Auch hier wurden die Zwischenergebnisse vorgestellt, um im Anschluss das identifizierte Wärmenetzpotenzialgebiet darzulegen und zu diskutieren, wie die Fritz Schäfer GmbH im Hinblick auf ihre Zukunftspläne hinsichtlich einer erneuerbaren Wärmeversorgung zu einer potenziellen Versorgung durch ein Wärmenetz stehen. Die Ergebnisse sind entsprechen in das Zielszenario eingeflossen.

8 Verstetigungsstrategie

Die Umsetzung einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Wärmeversorgung in der Gemeinde Neunkirchen erfordert eine Verstetigungsstrategie. Sie stellt sicher, dass die einmal angestoßenen Projekte langfristig wirken und kontinuierlich weiterentwickelt werden. Im Rahmen dieser Strategie werden demnach Empfehlungen zur Verstetigung des Wärmeplans in der Verwaltung gegeben – etwa durch die Einrichtung einer bereichsübergreifenden Arbeitsgruppe oder die Schaffung einer weiteren Klimaschutzmanager-Stelle, welche die Umsetzung langfristig koordiniert. Neben der Bereitstellung personeller und finanzieller Ressourcen, der Schaffung geeigneter Organisationsstrukturen sowie der Vernetzung innerhalb der Verwaltung und mit anderen Kommunen oder weiteren externen Akteuren spielt insbesondere die Festlegung von Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten eine wichtige Rolle. In dem Zusammenhang werden durch die Umsetzung des Wärmeplans zu erwartende positive Effekte dargestellt (z.B. durch Wertschöpfungsangaben, Möglichkeiten zur weiteren Fördermittelakquisition etc.). Auch die Öffentlichkeitsarbeit trägt einen wichtigen Teil zur Verstetigung des Wärmeplans bei.

Die Umsetzungsstrategie mit Maßnahmenplan verleiht dem Wärmeplan einen konkreten Fahrplan (Roadmap), der der Gemeinde Neunkirchen dabei hilft, die Wärmetransformationsziele Schritt für Schritt zu erreichen. Dieser Verstetigungsfahrplan der Maßnahmen aus Kapitel 6 ist in Abbildung 87 für Neunkirchen dargestellt. Für die Jahre bis zum Zieljahr 2045 ist dort eine Orientierung des möglichen zeitlichen Ablaufs der Maßnahmen sowie die Entwicklung des Wärmebedarfs, des EE-Anteils und der THG-Emissionen, die sich aus dem Zielszenario in Abschnitt 5.5 ergeben, dargelegt. Zudem sind bereits drei Meilensteine gesetzt. Anhand dessen kann zunächst übergeordnet der Erfolg der Maßnahmen im Hinblick auf das Controlling-Konzept in Kapitel 9 überwacht werden, da jede Maßnahme zumindest indirekt auf diese Zielgrößen wirkt.

		Jahr	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
		Wärme- bedarf in GWh	236	230	226	222	218	215	211	209	206	202	193	190	182	180	178	177	176	176	175	174
		EE-Anteil in %	9,5	12,4	14,7	17,1	19,4	21,8	23,8	25,9	27,8	32,7	40,4	68,9	76,5	81	91,5	93,4	95,1	96,3	97,5	100
Nr.	Maßnahme	THG- Emissionen in Tsd. t	57,4	54,2	51,6	49,4	47,1	44,8	42,9	41	39,1	35,4	30,4	17,6	12,9	10,7	6	5,2	4,4	3,9	3,4	2,4
1.	Wärmequellenpotenzialprüfung bzw. Machbarkeit Wärmenetz (BEW)																					
2.	Stromnetzplanung																					
3.	Energieleitplanung																					
4.	Integration des Wärmeplans in die Bauleitplanung																					
5.	Erstellung einer Übersicht der zur Verfügung stehenden Beratungsangebote im Bereich energetische Gebäudesanierung sowie Förderung und Ausweitung des Angebots																					
6.	Gasnetzstrategie																					
7.	Integrierte Tiefbauplanung																					
8.	Lokale Leuchtturmprojekte der Kommune																					
9.	Entwicklung einer Gesamtstrategie zur Wärmebedarfsreduktion kommunaler Liegenschaften und Umsetzung & Umstellung der kommunalen Liegenschaften auf erneuerbare Heizsysteme																					
10.	Sanierungsberatung in Quartieren mit besonderem Sanierungsbedarf																					
11.	Digitale Bürgerinformation über die Wärmewende																					
12.	Infoveranstaltung mit den Bürgern und Stakeholdern																					
13.	Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung																					
14.	Aktionen und Angebote durch lokalen Energieversorger (und/oder Handwerk) für Heizungen																					
	Meilensteine				MS1					MS2												MS3

1. Meilenstein: Infrastrukturmaßnahmen (erste Iteration) abgeschlossen 2. Meilenstein: Aktualisierung der kommunalen Wärmeplanung 3. Meilenstein: Abschluss der Wärmetransformation in Neunkirchen

Abbildung 87: Verstetigungsfahrplan der Maßnahmen

8.1 Akteure der Verstetigung

Für die Verstetigung des Wärmeplans werden alle für die Schaffung einer klimaneutralen Wärmeversorgung notwendigen Akteure eingebunden. Deren Aufgaben werden im Folgenden beschrieben und sind zusammenfassend in Tabelle 8 dargelegt.

Die Kommunalverwaltung der Gemeinde Neunkirchen übernimmt hier eine zentrale Rolle in der Koordination und Steuerung der Wärmeversorgung. 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. Als zentrale Koordinierungsstelle übernimmt die Kommunalverwaltung auch die Koordinierung der zentralen Öffentlichkeitsarbeit für die Wärmeplanung, sodass die Bürgerinnen und Bürger einen Ansprechpartner haben, der Anfragen dann ggf. an weitere Akteure weiterleitet.

Die Westnetz GmbH übernimmt Planung, Bau und Betrieb der Strom- und Gasnetze. Dabei steht vor allem die Ertüchtigung der Stromnetze, für die sichere Versorgung von dezentralen Wärmepumpen, und die Stilllegung oder potenzielle Umwidmung der Gasnetze (für die Durchleitung von Wasserstoff) im Fokus. Im Zuge eines potenziellen Wärmenetzes könnte ein weiterer Netzbetreiber hinzukommen, dessen Aufgaben neben Planung, Bau und Betrieb des Wärmenetzes auch die Integration von erneuerbaren Wärmequellen in die Wärmenetze ist. Die Infrastrukturbetreiber nehmen durch ihre Aufgaben eine zentrale Rolle im Gelingen der Wärmewende ein. Neben den technischen Themen stehen die Westnetz GmbH und potenzielle weitere Netzbetreiber für die Beratung von Privat- und Gewerbekunden hinsichtlich des Netzanschlusses sowie der Nutzung und Umstellung auf erneuerbare Wärmequellen zur Verfügung.

Die Bürgerinnen und Bürger tragen mit ihren Entscheidungen eine Hauptverantwortung für das Gelingen der Wärmewende. Da die Bürgerinnen und Bürger in der Regel „Laien“ im Themenfeld der Wärmeversorgung sind, ist eine aktive Beteiligung umso wichtiger. Daher sollen sich die Bürgerinnen und Bürger an Planungsprozessen und Informationsveranstaltungen beteiligen. Nur dadurch entsteht Verständnis für durchzuführende Einzelmaßnahmen des Wärmeplans. Gleichzeitig kann nur auf Basis von aktiver Beteiligung eine Diskussion entstehen, die in Konsens mündet und zu Akzeptanz führt. Dieser Diskurs und der notwendige Konsens sind wichtig, da ein Großteil der notwendigen Investitionen im privaten Bereich durchgeführt wird.

Wohnungsbaugesellschaften sowie Immobilienentwicklerinnen und Immobilienentwickler sollten die Wärmeplanung bei der Errichtung neuer Wohn- und Gewerbegebäude direkt mitberücksichtigen, um von Anfang an eine nachhaltige Wärmeversorgung zu gewährleisten. Sie führen auch energetische Sanierungen bestehender Gebäude durch und rüsten diese mit modernen, erneuerbaren Heizsystemen nach.

(Gebäude-)Energieberaterinnen und Energieberater, Handwerksbetriebe und Fachfirmen sowie Schornsteinfegerinnen und Schornsteinfeger nehmen eine Schlüsselposition in der Einzelberatung von Bürgerinnen und Bürgern ein, da diese die einzelnen Gebäude individuell analysieren und gezielte Energieeinsparungsmaßnahmen und Heizungslösungen im Einklang mit dem Wärmeplan ausarbeiten. Die Handwerksbetriebe und Fachfirmen sind letztlich auch die Akteure, die die

empfohlenen Maßnahmen umsetzen und für Wartung und Betrieb von Wärmeversorgungslösungen im privaten Bereich zuständig sind.

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

Tabelle 8: 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.
Netzbetreiber/Energieversorger	Technische Umsetzung: Planung, Bau und Betrieb von Wärmenetzen sowie der Integration erneuerbarer Energien wie Solarthermie, Geothermie und Biomasse.	Beratung und Unterstützung: Bereitstellung von Expertise und Beratung für private Haushalte und Gewerbebetriebe hinsichtlich der Nutzung und Umstellung auf erneuerbare Wärmequellen.
Bürgerinnen und Bürger	Aktive Beteiligung an Planungsprozessen und Informationsveranstaltungen, um die Akzeptanz und Unterstützung für die Projekte zu erhöhen.	Eigene Investitionen: Investitionen in erneuerbare Heizsysteme wie Wärmepumpen oder Solarthermieranlagen im privaten Bereich.
Wohnungsbaugesellschaften 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 und Fachfirmen	Installation und Wartung: Installation, Wartung und Reparatur von Wärmeversorgungssystemen. 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 Wärmetechnologien.	Fördermittelberatung: Beratung zu verfügbaren Förderprogrammen und Unterstützung bei der Beantragung.

8.2 Organisation der Verstetigungsstrategie in Arbeitsgruppen

Für die Verstetigung der kommunalen Wärmeplanung kann eine Arbeitsgruppe „Wärmewende“ eingerichtet werden, die aus allen Akteuren der Wärmewende in Neunkirchen besteht. Optional kann innerhalb dieser Arbeitsgruppe zusätzlich eine Arbeitsgruppe für die netzgebundene

Wärmeversorgung eingerichtet werden, die sich mit der Umsetzung der leitungsgebundenen Energieversorgung für die Grundlagenschaffung der Wärmewende befasst. Die Leitung beider Arbeitsgruppen sollte der für den Klimaschutz zuständige Fachbereich übernehmen, welcher somit die zentrale Koordinierungsstelle für die Wärmewende in Neunkirchen darstellt. Dieser Fachbereich führt zudem zentral die Kommunikation bzgl. der Wärmewende und der Wärmeplanung mit den Bürgerinnen und Bürgern und berichtet in regelmäßigen Abständen der Politik.

Die Arbeitsgruppe „Wärmewende“ besteht aus den verschiedenen relevanten Fachbereichen der Kommunalverwaltung Neunkirchen, den Netzbetreibern sowie den weiteren direkten Akteuren der Wärmewende, den Schornsteinfegern, Handwerksbetrieben und Fachfirmen, den (Gebäude-)Energieberatern sowie den (lokalen) Finanzinstituten.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe können beispielsweise halbjährlich oder jährlich Arbeitsgruppentreffen stattfinden, bei denen der Stand aktueller Maßnahmen und die Vorbereitung zukünftiger Maßnahmen berichtet und diskutiert werden sollen. Der Fokus der Arbeitsgruppe liegt dabei auf der übergeordneten Betrachtung der Maßnahmen im Gemeindegebiet, sodass hier bspw. der aktuelle Stand einzelner Maßnahmen vorgestellt, Zeitpläne sowie Zuständigkeiten abgestimmt und ggf. Anpassungsnotwendigkeiten zur Zielerreichung der Wärmewende diskutiert werden. So kann bspw. kommuniziert werden,

- in welchen Gebieten das Fernwärmenetz als nächstes ausgebaut/verdichtet werden soll (Netzbetreiber/Energieversorger),
- wo der Wärmepumpenausbau voranschreitet (bspw. durch Handwerksbetriebe/Fachfirmen/Schornsteinfegerinnen und Schornsteinfeger),
- wo Hindernisse in der Umsetzung einzelner Heizungsumstellungs- oder Sanierungsmaßnahmen sind und was ggf. der Auslöser dafür ist (bspw. durch Handwerksbetriebe/Fachfirmen/Energieberaterinnen und Energieberater)
- welche neuen Förderprodukte es zur Unterstützung von Heizungsumstellungs- oder Sanierungsmaßnahmen existieren und wie die Förderanträge gestellt werden können (bspw. durch Finanzinstitute).

Damit wird das Ziel verfolgt, durch diese Arbeitsgruppe nicht nur den Austausch der einzelnen Akteure sowie der Wissensvermittlung zu stärken, sondern auch ein klares Bild über den aktuellen Stand der Wärmewende in Neunkirchen zu erlangen sowie Ideen und Anregungen zur Förderung der Wärmewende zu sammeln, notwendige Unterstützungsmaßnahmen zu identifizieren und dadurch Handlungsempfehlungen an die Politik und Bürgerinnen und Bürger abzuleiten. Aus dieser übergreifenden Betrachtung heraus lässt sich dann eine räumliche Spezifizierung und Differenzierung der einzelnen Wärmeversorgungsgebiete zur Operationalisierung des Wärmeplans und seiner Maßnahmen ableiten.

Im Rahmen der Arbeitsgruppe wird das im folgenden Abschnitt beschriebene Controlling durchgeführt und die Ergebnisse im Rahmen des Arbeitsgruppentreffens zunächst vorgestellt und diskutiert. Im Anschluss sollten ein Controlling-Bericht erstellt und der Politik vorgestellt sowie gleichzeitig der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

Ein weiterer wichtiger Schritt der Umsetzung des Wärmeplans ist dessen Integration in kommunale Planungsinstrumente. Durch die Verzahnung der unterschiedlichen Instrumente wird für eine nachhaltige Verankerung gesorgt. Der Wärmeplan soll beispielsweise eng mit der Bauleitplanung sowie



mit bestehenden Klimaschutzkonzepten verbunden werden. So kann sichergestellt werden, dass die strategische Ausrichtung der Wärmeversorgung mit der Stadtentwicklung abgestimmt ist. Diese koordinierte Herangehensweise ermöglicht die optimale Abstimmung von Flächenbedarfen, technischen Anforderungen und Ausbauzeiten, wodurch Doppelarbeit und Planungskonflikte vermieden werden.

9 Controlling-Konzept

Ein Controlling- und Monitoring-Konzept ist von zentraler Bedeutung, um die Umsetzung der Wärmewende in Neunkirchen zu überwachen und zu bewerten. Dazu bedarf es geeigneter Indikatoren und Instrumente, mit denen die Gemeinde künftig den Fortschritt der Maßnahmen sowie die Entwicklung der Wärmetransformation regelmäßig überprüfen kann. So soll es ermöglicht werden, bei Bedarf nachzusteuern und Erfolge messbar zu machen.

Zum einen werden die Rahmenbedingungen für die kontinuierliche Erfassung und Auswertung der Energie- und Treibhausgasbilanz für den gesamten Untersuchungsraum dargestellt (Controlling Top-Down), zum anderen werden Regelungen für die Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen im Hinblick auf die Erreichung der definierten Klimaschutzziele festgelegt (Controlling Bottom-Up). Dazu bedarf es der Definition von Erfolgsindikatoren im Hinblick auf die Maßnahmen, deren Entwicklung dokumentiert werden muss und die potenziell zu Anpassungen der Maßnahmen führen können. Indikatoren sind dabei als messbare Größen oder Kennzahlen zu verstehen, die Aufschluss über die Leistung und den Fortschritt der Maßnahmen geben. Diese Indikatoren können finanzieller, operativer, qualitativer oder quantitativer Natur sein. Beispiele für Indikatoren sind der Anteil von Erneuerbaren Energien oder übergeordnet die CO₂-Emissionen. Die Auswahl der Indikatoren wird eng mit den Zielen und den spezifischen Anforderungen der Gemeinde verknüpft. Um dies weiter zu konkretisieren, verdeutlicht Abbildung 88 die zentralen Elemente eines wirkungsvollen Controlling-Konzeptes und zeigt deren wechselseitige Abhängigkeiten für die erfolgreiche Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung.



Abbildung 88: Schematische Darstellung des Controlling-Konzepts für Neunkirchen

Es wird erkennbar, dass ein effektives Controlling nicht allein auf der Datenerhebung beruht, sondern ein integriertes Steuerungsinstrument darstellt, das klare Verantwortlichkeiten, transparente Kommunikationswege und eine langfristige Orientierung verbindet. Zugleich wird deutlich, dass nur das Zusammenspiel dieser Faktoren eine belastbare Grundlage schafft, um Fortschritte nachvollziehbar zu bewerten, Abweichungen frühzeitig zu identifizieren und zielgerichtete Anpassungen zur Sicherstellung der Wärmewende vorzunehmen.

9.1 Aufgaben der Akteure im Controlling-Prozess

Auch im Rahmen des Controllings bedarf es der Mitarbeit der verschiedenen Akteure, denen unterschiedliche Aufgaben zukommen.

Die Kommunalverwaltung der Gemeinde Neunkirchen koordiniert das Monitoring und hat dabei die Aufgabe, den Gesamtüberblick zu behalten und sicherzustellen, dass alle relevanten Maßnahmen aus dem Wärmeplan erfasst und bewertet werden. Dies beinhaltet auch die Zusammenführung der Ergebnisse der verschiedenen Akteure sowie einer potenziellen Anpassung der Umsetzungsstrategie. Durch die im Verstetigungs- und Fortschreibungskonzept gebildete Arbeitsgruppe lassen sich die verschiedenen Akteure auch für das Monitoring ihrer Daten und Maßnahmen miteinbinden. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Festlegung von klaren Verantwortlichkeiten und wer welche Daten liefern muss. Zudem sollte ein Zeitrahmen für die Erhebung von Daten und Kennzahlen sowie die Berichterstattung (z.B. quartalsweise, halbjährlich) festgelegt werden. Der Kommunalverwaltung obliegt außerdem die Erstellung und Verteilung der regelmäßigen Berichte, in denen der Fortschritt der Wärmeplanung dokumentiert und bewertet wird.

Die lokalen Energieversorger tragen durch die Bereitstellung von Daten zur Energieerzeugung, zum Energieverbrauch, zu Betriebskosten und zur Effizienz der Systeme maßgeblich zur Informationsgrundlage bei. Darüber hinaus führen sie technische Analysen durch, um Optimierungspotenziale zu identifizieren und Verbesserungsvorschläge in die gemeinsame Planung einzubringen.

Auch die Bürgerinnen und Bürger leisten einen wichtigen Beitrag, indem sie Rückmeldungen zu den installierten Systemen und deren Performance geben. Ergänzend beteiligen sie sich an regelmäßigen Umfragen, die zusätzliche Informationen zur praktischen Umsetzung und Akzeptanz der Maßnahmen liefern.

Die Wohnungsbaugesellschaften und Immobilienentwickler unterstützen den Prozess durch regelmäßige Berichterstattung über Fortschritte bei Neubau- und Sanierungsvorhaben. Darüber hinaus kooperieren sie mit der Gemeinde und den Energieversorgern bei der Datenerhebung und Analyse, um die Entwicklungen im Gebäudebestand transparent nachvollziehen zu können.

Die Handwerksbetriebe und Fachfirmen übernehmen schließlich eine wichtige Rolle in der Qualitätssicherung. Sie gewährleisten die ordnungsgemäße Installation und Wartung der Systeme und dokumentieren diese durch regelmäßige Wartungsberichte.

Durch dieses abgestimmte Zusammenspiel aller Beteiligten wird eine solide Grundlage für eine datenbasierte, transparente und effiziente Steuerung der kommunalen Wärmeplanung geschaffen.

9.2 Kennzahlen für das Controlling

Im Hinblick auf die Definition von Zielen und Kennzahlen dient unter anderem der Projektplan zur Maßnahmenverfestigung aus Abbildung 87 als Orientierung und Grundlage. Neben der zeitlichen Einhaltung der Maßnahmen lassen sich damit die aus dem Zielszenario bestimmten Pfad für die Reduktion des Wärmebedarfs durch Sanierungsmaßnahmen sowie die Erhöhung des EE-Anteils und der damit einhergehenden Reduktion der CO₂-Emissionen kontrollieren.

Zum Monitoring und damit Controlling der Maßnahmen sind folgende Kennzahlen von Bedeutung:

1. Anteil Erneuerbarer Energien insgesamt
2. CO₂-Emissionen
3. Anzahl der Gebäude mit Wärmepumpen
4. Wärmenetzanschlüsse
5. Erdgasnetzanschlüsse
6. Anzahl der umgestellten Heizungstechnologien auf eine klimaneutrale Heizung
7. Anteil Erneuerbarer Energien in Wärme-/Gasnetzen
8. Ausbau lokaler erneuerbarer Strom- und Wärmeerzeugung / Status der Potenzialerschließung von Wärmequellen
9. (Spezifischer) Wärmeverbrauch der Gebäude je Energieträger
10. Dekarbonisierung kommunaler Liegenschaften
11. Anzahl durchgeführter Energieberatungen
12. Sanierungsrate
13. Beanspruchte Fördergelder

Insbesondere die Anteile der Energieträger in den Wärmenetzen geben außerdem vor, welche Potenziale an Energie durch die einzelnen Technologien in den jeweiligen Jahren erschlossen werden müssen. In Tabelle 9 ist ergänzend eine Liste sinnvoller Kennzahlen und ihrer Datenquellen nach verschiedenen Kategorien dargestellt.

Das Controlling des Fortschritts bei den weniger quantitativen Maßnahmen, wie den Informationsveranstaltungen, kann neben der Anzahl durchgeführter Energieberatungen, der Sanierungsberatung und beanspruchter Fördergelder auch über die Anzahl der daraus entstehenden Projekte, Programme oder beispielsweise Vereine (Energiegenossenschaften etc.) geschehen. Welche Ziele oder Kennzahlen für das Monitoring sinnvoll sind, wird zudem für jede Maßnahme im jeweiligen Steckbrief aufgeführt. Im Großen und Ganzen wirken jedoch viele Maßnahmen auf viele Ziele und Kennzahlen, wenn auch nur indirekt, sodass der Erfolg der Wärmewendestrategie anhand des Zusammenspiels aller Maßnahmen gemessen werden sollte.

Um das Controlling dieser Kennzahlen bewerkstelligen zu können, bedarf es Instrumente zur Datenerhebung und -evaluierung, wie digitale Monitoring-Plattformen (zur Einbindung verschiedener Quellen), regelmäßige Fortschrittsberichte (zur Dokumentation des Stands der Umsetzung, erreichter Meilensteine sowie Herausforderungen und notwendiger Anpassungen), Geoinformationssysteme und einem CO₂-Bilanzierungstool. 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.

Tabelle 9: Mögliche Kennzahlen für das Controlling-Konzept sowie potenzielle Datenquellen

Kategorie	KPIs	Datenquellen
Heizsysteme	- Anzahl installierter Wärmepumpen - Zubau an Wärmepumpen in % - Anzahl und Anteil von Öl- und Gasheizungen - Durchschnittliches Alter der Heizsysteme in Jahren	Schornsteinfeger: - Brennstoffnutzung - Art der Wärmeerzeugungsanlagen - Effizienz der Heizsysteme Energieversorger: - Wärmestrom-Daten - Wärmepumpen-Anschlüsse
Energieverbrauch	Gesamtwärmeverbrauch der Kommune nach Energieträger und Sektoren in MWh/a	Energieversorger: Energieverbrauch nach Energieträger Zuordnung der Sektoren z.B. über LANUK Heizölabsatz ggf. über Händler
Versorgungsnetze	- Investitionssummen in Versorgungsnetze (Strom und Wärme) in Euro - Verlegte Trassenlänge der Wärmenetz in m - Anschlüsse an Wärmenetze	Netzbetreiber / Energieversorger: - Netzlänge und -investitionen - Anzahl der Anschlüsse - Wärmeerzeugungsmengen
Sanierung	Sanierungsquote pro Jahr in %	Handwerksbetriebe: Durchgeführte Wartungen und Sanierungsmaßnahmen Energieberater: Fördermittelanträge
Anteil Erneuerbarer Energien	- Installierte Leistung von EE-Erzeugungsanlagen in MW - EE-Anteil an lokalem Wärmeverbrauch in %	Marktstammdatenregister für Erzeugungsleistung Berechnungen auf Basis der o.g. Daten
CO₂-Bilanz	- CO₂-Bilanz des kommunalen Wärmeverbrauchs nach Sektoren und Energieträgern in t/Jahr - CO₂-Reduktion gegenüber Basisjahr in %	Berechnung auf Basis des Energieverbrauchs

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

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, „GEG 2024“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gebaeudeforum.de/ordnungsrecht/geg/geg-2024/>
- [3] Institut Wohnen und Umwelt, „Deutsche Wohngebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden“. 10. Februar 2015. [Online]. Verfügbar unter: https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/episode/2015_IWU_LogaEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf
- [4] IBS Ingenieurbüro für Haustechnik Schreiner, „Energetische, thermodynamische und bauphysikalische Begriffe und Zusammenhänge“. [Online]. Verfügbar unter: <http://energieberatung.ibs-hlk.de>
- [5] Institut Wohnen und Umwelt, „Datenbasis Gebäudebestand“, Dez. 2010. [Online]. Verfügbar unter: https://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht_Datenbasis.pdf
- [6] SHK Profi, „BHKW – vier Buchstaben für mehr Effizienz“. Zugegriffen: 29. Juli 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.shk-profi.de/artikel/shk_BHKW_vier_Buchstaben_fuer_mehr_Effizienz-3530375.html
- [7] Institut Wohnen und Umwelt, „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
- [8] 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/>
- [9] Umweltbundesamt, „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
- [10] H. Cischinski und N. Diefenbach, „Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016“, Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Apr. 2018. [Online]. Verfügbar unter: https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebestand/2018_IWU_CischinskyEtDiefenbach_Datenerhebung-Wohngebäudebestand-2016.pdf
- [11] P. Hermann, „Wie funktioniert eine Wärmepumpe?“, www.heizung.de. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.heizung.de/waermepumpe/funktionsweise.html>
- [12] S. Lengning, N. Langreder, F. Lettow, M. Sahnoun, S. Kreidelmeyer, und A. Wunsch, „Technikkatalog Wärmeplanung“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.kww-halle.de/praxis-kommunale-waermewende/bundesgesetz-zur-waermeplanung>
- [13] A. Rosenkranz, „Luft-Wasser-Wärmepumpe: Heizen mit Wärme aus der Umgebungsluft“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.heizung.de/waermepumpe/luft-wasser-waermepumpe.html>
- [14] [heizung.de](http://www.heizung.de), „Sole-Wasser-Wärmepumpe: Funktion, Kosten & kurzes FAQ“, www.heizung.de. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.heizung.de/waermepumpe/sole-wasser-waermepumpe.html>

- [15] F. Hopp, „Wie funktioniert Geothermie?“, www.erdwaermebohrer.de. [Online]. Verfügbar unter: <https://erdwaermebohrer.de/geothermie/>
- [16] energie-fachberater.de, „Grundwasserwärmepumpe - alles zu Funktion, Bedingungen und Kosten“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energie-fachberater.de/heizung-lueftung/heizung/waermepumpe/grundwasserwaermepumpe-alles-zu-funktion-bedingungen-und-kosten.php>
- [17] R. Meyer, S. Herkel, und C. Kost, „Die Rolle von Wasserstoff im Gebäudesektor: Vergleich technischer Möglichkeiten und Kosten defossilisierter Optionen der Wärmeerzeugung“, 2021. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/cbox/1713/live/lw_datei/ariadne-analyse_wasserstoffgebaeudesektor_september2021.pdf
- [18] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Digitalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, „ALKIS Flurstücke - Flächen“. [Online]. Verfügbar unter: <https://open.nrw/dataset/alkis-flurstuecke-flachen-bi>
- [19] Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen, „INSPIRE-WFS NW Denkmäler“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.wms.nrw.de/wms/wms_nw_inspire-denkmal?
- [20] LANUK, „Daten kommunale Wärmeplanung“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/energie/kwp/
- [21] Statistisches Bundesamt, „Zensus 2022“. 15. Mai 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.zensus2022.de/DE/Ergebnisse-des-Zensus/_inhalt.html
- [22] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., „Spezifischer Wärmebedarf von Gebäuden nach Baujahr“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.dvgw.de/medien/asue/themen/kwk/bhkw/Bilder/asue_Spezifischer-Waermebedarf-nach-Baujahr-in-kwh-pro-m2-und-a.jpg
- [23] Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen (LANUK), „Wärmekataster NRW“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/planungskarte_waerme
- [24] M. Peters, S. Steidle, und H. Böhnsich, „Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden“, Stuttgart, Dez. 2020.
- [25] Behörde für Umwelt und Energie, „Wärmekataster Handbuch“, Hamburg, 2019.
- [26] LANUK, „Wärmestudie NRW“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.energieatlas.nrw.de/site/waermestudienrw_ergebnisse
- [27] 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
- [28] 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
- [29] 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=#
- [30] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, „Geothermie in NRW – Standortcheck“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.geothermie.nrw.de/>
- [31] Geologischer Dienst NRW, „IS GT DS - Informationssystem Geothermie von Nordrhein-Westfalen - Datensatz“. [Online]. Verfügbar unter: <https://ckan.open.nrw/dataset/912ad0a6-5eb4-4df3-a19f-908c33650964>



- [32] Fraunhofer IEG, „Erläuterung zur Grubenthermie-Vorstudie für KWP“, 2026.
- [33] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, „Plattform für Abwärme“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html
- [34] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), „Leitfaden Feste Biobrennstoffe“, Mai 2014. [Online]. Verfügbar unter: https://www.fnr.de/fileadmin/allgemein/pdf/broschueren/leitfaden-festebioenergietoffe_web.pdf
- [35] Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), „Biogas“. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeconomie-nachwachsende-rohstoffe/biogas>
- [36] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), „BASISDATEN BIOENERGIE 2024“. [Online]. Verfügbar unter: https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2023/Mediathek/Broschuere_Basisdaten_Bioenergie_2023_web.pdf
- [37] Geofabrik, „OpenStreetMap Data Extracts“. [Online]. Verfügbar unter: <https://download.geofabrik.de/>
- [38] Stadtverwaltung Wuppertal und Verbraucherzentrale Wuppertal, „Gebäudetypologie der Stadt Wuppertal“, Gebäudetypologie der Stadt Wuppertal, Feb. 2016.
- [39] S. Kippelt, „Dezentrale Flexibilitätsoptionen und ihr Beitrag zum Ausgleich der fluktuierenden Stromerzeugung Erneuerbarer Energien“, TU Dortmund, 2017.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energiesparrecht in Deutschland – Historischer Überblick [2]	14
Abbildung 2: Trinkwasserbereitstellung nach Gebäudetyp (eigene Darstellung nach [5])	20
Abbildung 3: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Raumwärme und Trinkwarmwasser (eigene Darstellung nach [6])	20
Abbildung 4: Jahresdauerlinie aufgeteilt nach Grundlast und Spitzenlast (eigene Darstellung nach [6])	21
Abbildung 5: Mögliche Ausführungen der wesentlichen Bauteile von Gebäuden hinsichtlich der Dämmung [7]	23
Abbildung 6: Temperaturklassen und Heizkörper [8]	23
Abbildung 7: Beispielhafte Heizkurven verschiedener Heizsysteme [8]	24
Abbildung 8: Art der Wärmedämmung im Überblick und nach Wandtypen (eigene Darstellung nach [5])	25
Abbildung 9: Verglasungsarten nach Fensterbaujahr in Deutschland (eigene Darstellung nach [5])	26
Abbildung 10: Sanierungsraten und Sanierungszyklus (eigene Darstellung nach [9])	27
Abbildung 11: Prozentualer Anteil der gedämmten Flächen von Außenwänden, Fußböden, Kellerdecken und Dächern in verschiedenen Wohngebäudetypen, unterteilt nach Baujahren (eigene Darstellung nach [10] mit Stand 2016)	28
Abbildung 12: Nachträglich gedämmte Bauteilfläche von Außenwänden, Fußböden/Kellerdecken und Dächern (eigene Darstellung nach [10] mit Stand 2016)	28
Abbildung 13: Typische Wärme-Jahresdauerlinie von Haushalten für ein Hybridsystem [6]	36
Abbildung 14: Flächennutzung der Gemeinde Neunkirchen [18]	41
Abbildung 15: Anzahl der Gebäude je Gebäudetyp	42
Abbildung 16: Primärer Gebäudetyp auf Baublockebene	43
Abbildung 17: Anzahl der Gebäude je Baujahresklasse	43
Abbildung 18: Primäre Baujahresklasse auf Baublockebene	44
Abbildung 19: Spezifischer Wärmebedarf aller Gebäude	45
Abbildung 20: Lage des Erdgasnetzes auf Baublockebene	46
Abbildung 21: Jährlicher Wärmebedarf (alle Sektoren) in GWh	47
Abbildung 22: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Haushalte) in GWh	48
Abbildung 23: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor öffentliche Gebäude) in GWh	48
Abbildung 24: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor GHD) in GWh	49
Abbildung 25: Jährlicher Wärmebedarf (Sektor Industrie) in GWh	49
Abbildung 26: Anteil von Erdgas am Wärmebedarf auf Baublockebene	50
Abbildung 27: Anteil von Heizöl am Wärmebedarf auf Baublockebene	51
Abbildung 28: Anteil von Strom und Umweltwärme am Wärmebedarf auf Baublockebene	52
Abbildung 29: Anteil von Biomasse am Wärmebedarf auf Baublockebene	52
Abbildung 30: Anteil von sonstigen Brennstoffen am Wärmebedarf auf Baublockebene	53
Abbildung 31: Primärer Energieträger (bezogen auf Wärmebedarf) auf Baublockebene	54
Abbildung 32: Anzahl versorgter Gebäude nach Energieträger	55
Abbildung 33: Anzahl der Gebäude mit Erdgas zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	56

Abbildung 34: Anzahl der Gebäude mit Heizöl zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	56
Abbildung 35: Anzahl der Gebäude mit Strom zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	57
Abbildung 36: Anzahl der Gebäude mit Biomasse zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	58
Abbildung 37: Anzahl der Gebäude mit sonstigem Brennstoff zur Bereitstellung von Raumwärme auf Baublockebene	58
Abbildung 38: Altersstruktur der Erdgasheizungen	59
Abbildung 39: Altersstruktur der Ölheizungen	60
Abbildung 40: Altersstruktur der Biomasseheizungen	61
Abbildung 41: Wärme-flächendichte auf Baublockebene	62
Abbildung 42: Wärmelinien-dichte auf Straßenzugebene	63
Abbildung 43: Lokalisation von Großverbrauchern auf Baublockebene	63
Abbildung 44: Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf in Abhängigkeit des Energieträgers	64
Abbildung 45: Anteil erneuerbarer Energien am Wärmebedarf auf Baublockebene	65
Abbildung 46: Jährliche Treibhausgasemissionen (alle Sektoren) in Tsd. t	66
Abbildung 47: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Haushalte) in Tsd. t	66
Abbildung 48: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor GHD) in Tsd. t	67
Abbildung 49: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor Industrie) in Tsd. T	67
Abbildung 50: Jährliche Treibhausgasemissionen (Sektor öffentliche Gebäude) in Tsd. t	68
Abbildung 51: Zusammenfassung der Potenziale für die Wärmeversorgung nach [26]	70
Abbildung 52: Potenzial für Freiflächen-Solarthermie auf Flurebene nach [20] und [26]	71
Abbildung 53: Standorte der genutzten Durchflüsse der Fließgewässer in Neunkirchen	73
Abbildung 54: Übersichtsplan der Kanäle und ungefähre Standorte der Messtellen	74
Abbildung 55: Ausschlussgebiete für oberflächennahe Geothermie [30]	75
Abbildung 56: Erdwärmekollektoren-Potenzial auf Freiflächen	77
Abbildung 57: Erdsonden-Potenzial auf Freiflächen	78
Abbildung 58: Lage von stillgelegten und gefluteten Bergwerken mit hohem oder moderatem Potenzial für eine geothermische Erschließung und Nutzung von Grubenwasser im Gebiet der Gemeinde Neunkirchen [32]	80
Abbildung 59: Potenzialflächen für zentrale Luft-Wasser-Wärmepumpen	83
Abbildung 60: Zusammenfassung der Potenzialanalyse	85
Abbildung 61: Lösungsraum der Wärmetechnologien	87
Abbildung 62: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs durch Sanierung	89
Abbildung 63: Sanierungspotenzial auf Baublockebene	90
Abbildung 64: Eignung der Gebäude in Abhängigkeit der Technologien	92
Abbildung 65: Eignung der Wärmeversorgungsart Luft-Wasser-Wärmepumpe für das Zieljahr 2045	93
Abbildung 66: Eignung der Wärmeversorgungsart Sole-Wasser-Wärmepumpe für das Zieljahr 2045	94
Abbildung 67: Eignung der Wärmeversorgungsart „dezentrale Versorgung“ für das Zieljahr 2045	95
Abbildung 68: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wärmenetz“ für das Zieljahr 2045	96

Abbildung 69: Eignung der Wärmeversorgungsart „Wasserstoffnetze“ für das Zieljahr 2045	96
Abbildung 70: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete.....	97
Abbildung 71: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045	98
Abbildung 72: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045	99
Abbildung 73: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Verbrauchssektoren bis zum Zieljahr 2045	100
Abbildung 74: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045.....	101
Abbildung 75: Jährlicher Wärmebedarf der gasnetzversorgten Gebäude	101
Abbildung 76: Anzahl der Gebäude am Gasnetz	102
Abbildung 77: Anzahl der Gebäude an Wärmenetzen.....	103
Abbildung 78: Wärmebedarf der Wärmenetze nach Energieträgern.....	103
Abbildung 79: Anzahl der Gebäude mit Wärmepumpen.....	104
Abbildung 80: Elektrische Leistung der strombasierten Heizungen im Zieljahr 2045 auf Baublockebene.....	105
Abbildung 81: Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete im Nebenszenario	106
Abbildung 82: Anzahl versorgter Gebäude je Technologie im Zieljahr 2045 im Nebenszenario	107
Abbildung 83: Entwicklung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 im Nebenszenario	107
Abbildung 84: Entwicklung der jährlichen Treibhausgasemissionen nach Energieträgern bis zum Zieljahr 2045 im Nebenszenario	108
Abbildung 85: Anzahl der Gebäude mit Wärmepumpen im Nebenszenario.....	109
Abbildung 86: Elektrische Leistung der strombasierten Heizungen im Zieljahr 2045 auf Baublockebene im Nebenszenario	110
Abbildung 87: Verstetigungsfahrplan der Maßnahmen	136
Abbildung 88: Schematische Darstellung des Controlling-Konzepts für Neunkirchen.....	141

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakterisierung der Wohngebäude nach Baujahresklassen nach Institut Wohnen und Umwelt (IWU) [3]	17
Tabelle 2: Typische Heizwärmebedarfe von Wohngebäuden [4]	18
Tabelle 3: Heizlastdichte in W/m^2 für unterschiedliche Baujahre und Gebäudetypen [4]	19
Tabelle 4: Datengrundlage für die Bestandsanalyse	40
Tabelle 5: Durchfluss und Wärmepotenzial der untersuchten Fließgewässer in Neunkirchen	73
Tabelle 6: Betrachtete Sanierungsklassen	88
Tabelle 7: Maßnahmenübersicht	111
Tabelle 8: Aufgaben der Akteure	138
Tabelle 9: Mögliche Kennzahlen für das Controlling-Konzept sowie potenzielle Datenquellen	144