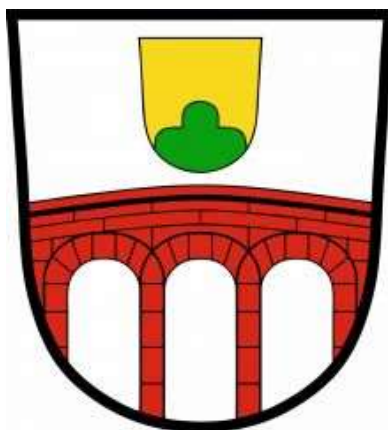


Kommunale Wärmeplanung Gemeinde Arnbruck



Angaben zum Beratungsempfänger:

Beratungsempfänger:
Straße und Hausnummer:
Postleitzahl / Ort

Gemeinde Arnbruck
Gemeindezentrum 1
93471 Arnbruck

Gefördert durch:

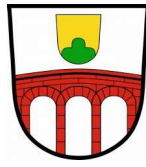


Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

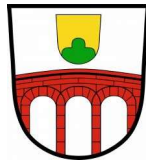
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Die kommunale Wärmeplanung der Gemeinde Arnbruck wurde im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative der Bundesregierung durch Mittel des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert.

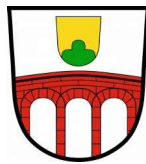
Projekttitel: „KSI: Kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Arnbruck“
- Förderkennzeichen: 67K27197

Zuwendungsbescheid Projektträger Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH;
vom 23.04.2024

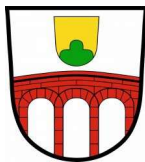


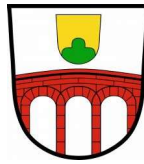
Inhaltsverzeichnis:

1. Hintergrund	- 5 -
1.1 Rechtliche Grundlagen	- 7 -
1.2 Die kommunale Wärmeplanung	- 9 -
1.3 Schlüsselakteure und Stakeholder	- 10 -
2. Bestandsaufnahme	- 11 -
2.1 Datengrundlage	- 12 -
2.2 Gebäudestruktur	- 13 -
2.3 Wärmeversorgungsstruktur	- 14 -
2.4 Energie- und CO ₂ - Bilanz	- 15 -
2.5 Räumliche Darstellung des Wärmebedarfs	- 17 -
2.6 Zwischenfazit Bestandsanalyse	- 21 -
3. Potenzialanalyse Erneuerbare Wärme und Abwärme	- 22 -
3.1 Solarenergie	- 23 -
3.2 Luft	- 28 -
3.3. Tiefe Geothermie	- 29 -
3.4 Oberflächennahe Geothermie	- 30 -
3.5 Grundwasser	- 35 -
3.6 Oberflächenwasser	- 35 -
3.7 Biomasse und Biogas	- 36 -
3.8 Industrielle Abwärme	- 38 -
3.9 Abwärme aus Abwasser	- 38 -
3.10 Potenzialanalyse energetische Gebäudesanierung	- 39 -
4. Eignungsprüfung	- 40 -
4.1 Eignungsgebiet für Wärmenetze	- 41 -
4.2 Eignungsgebiete für Wasserstoffnetze	- 42 -
4.3 Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung	- 43 -
5. Zielszenarien	- 44 -
5.1 Voraussetzungen und Annahmen	- 44 -
5.2 Bevölkerungsentwicklung	- 44 -
5.3 Verbrauchsentwicklung	- 44 -
5.3.1 Raumwärme und Warmwasser	- 44 -
5.4 Zielszenario 2045 – Entstehung eines Wärmenetzes	- 46 -
5.4.1 Grundlagen	- 46 -



5.4.2	Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern	- 48 -
5.4.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen	- 49 -
5.4.4	Räumliche Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur	- 50 -
5.4.5	Räumliche Darstellung der notwendigen Energieeinsparung	- 51 -
5.5	Zielszenario 2045 – dezentrale Wärmeversorgung	- 52 -
5.5.1	Grundlagen	- 52 -
5.5.2	Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern	- 53 -
5.5.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen	- 54 -
5.5.4	Räumliche Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur	- 55 -
5.5.5	Räumliche Darstellung der notwendigen Energieeinsparung	- 56 -
5.6	Identifizierung von Fokusgebieten	- 57 -
5.6.1	Zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck	- 57 -
5.6.2	Außenbereich Siedlung Arnbruck	- 59 -
5.6.3	Gewerbegebiet	- 60 -
6.	Maßnahmenkatalog	- 62 -
7.	Controlling und Verstetigung	- 68 -
7.1	Allgemeines Controlling	- 68 -
7.2	Fortschreibung des Wärmeplans	- 69 -
7.3	Verstetigung	- 70 -
7.4	Kommunikationsstrategie	- 72 -
8.	Steckbriefe der Wärmeversorgungsgebiete	- 73 -
8.1	zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck	- 73 -
8.2	Arnbruck-Randgebiet Siedlung	- 75 -
8.3	Nördliches Gebiet an der Scharebenstraße	- 77 -
8.4	Gewerbegebiet	- 79 -
9.	Steckbriefe Wirtschaftlichkeit typischer Versorgungsfälle – dezentrale Wärmeversorgung	- 81 -
9.1	Steckbrief Einfamilienhaus unsaniert	- 81 -
9.2	Steckbrief Einfamilienhaus saniert	- 83 -
9.3	Steckbrief Mehrfamilienhaus unsaniert	- 85 -
9.4	Steckbrief Mehrfamilienhaus saniert	- 87 -
10.	Verzeichnis	- 89 -





1. Hintergrund

Im Übereinkommen von Paris beschloss die Klimarahmenkonferenz völkerrechtlich verbindlich im Jahr 2015 das Klimaschutzübereinkommen von Paris mit dem Ziel den Anstieg der Durchschnittstemperatur deutlich unter zwei Grad Celsius, im Vergleich zur vorindustriellen Zeit, zu deckeln. Deutschland verpflichtete sich dabei sogar zu einer Treibhausgasneutralität bis 2050. Zur Erreichung der gesteckten nationale Ziele wurde das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020, der Klimaschutzplan 2030 sowie der Klimaschutzplan 2050 ins Leben gerufen. Die internationalen Zusagen wurden in Deutschland 2019 im Klimaschutzgesetz verankert, in welchem verbindliche Treibhausgasminderungsziele für einzelne Sektoren vorgegeben werden. Bis 2030 sollte die Emission demnach als erster Zwischenschritt in den Sektoren Energie, Gebäude, Verkehr, Industrie, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft um 55 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden. Im jährlichen Klimaschutzbericht wird der Fortschritt dokumentiert und bei Verfehlen der Ziele müssen die zuständigen Minister mit Sofortprogrammen nachsteuern.

Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland

in der Abgrenzung der Sektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG) *

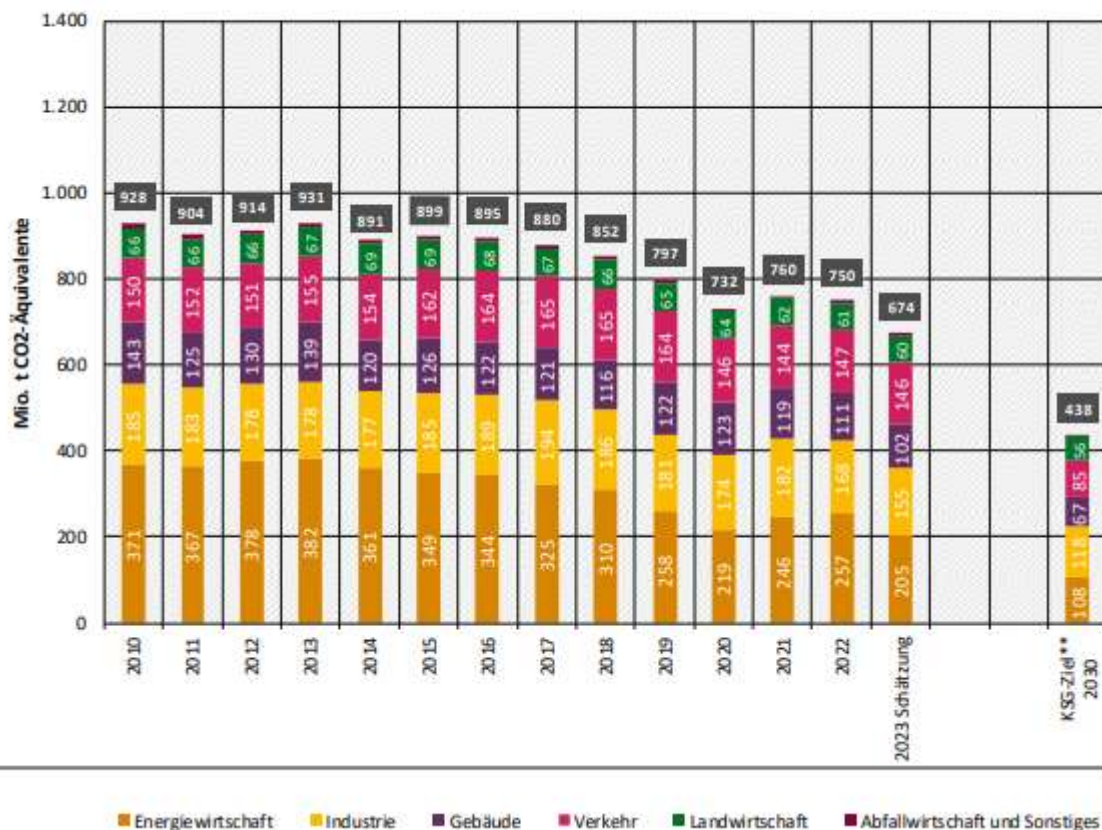
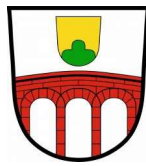


Abbildung 1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung)



Gerade der Sektor Gebäude verfehlte dabei seit 2020 regelmäßig die Reduktionsziele, wodurch die Minderungsgeschwindigkeit aus den letzten Jahren erhöht werden muss.

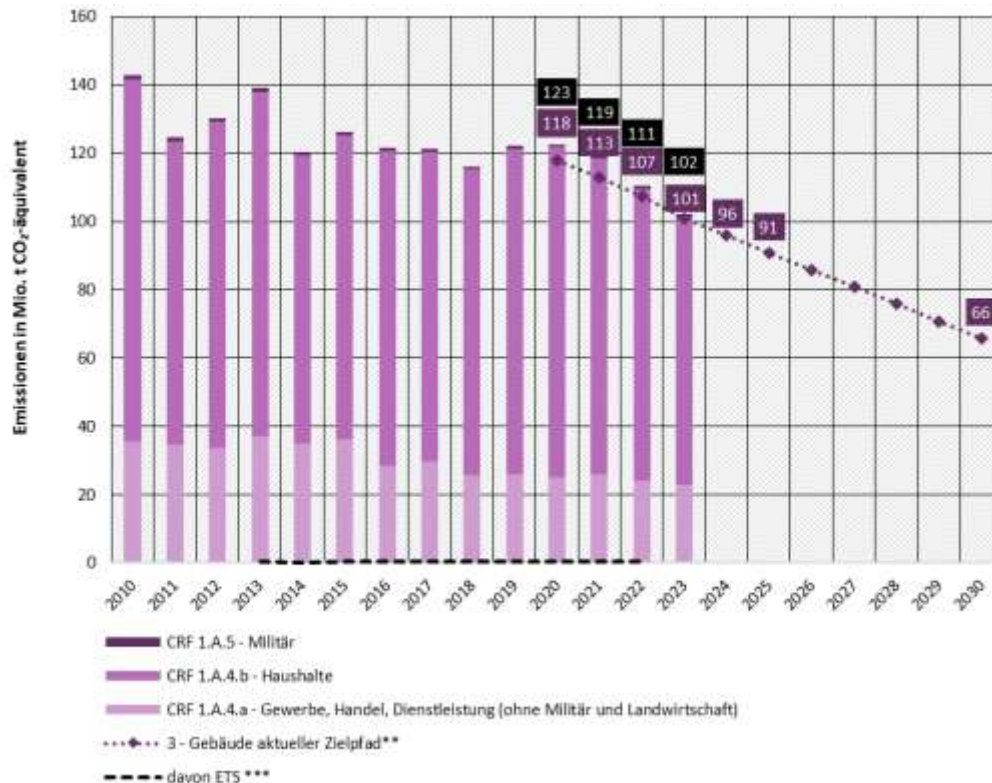
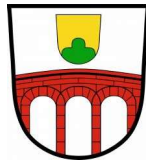


Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Sektor Wärme; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung)

Die Politik setzt dazu auf einen Instrumentenmix aus Ordnungsrecht, Förderung, CO₂-Bepreisung, Information und Beratung.



1.1 Rechtliche Grundlagen

Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze

Das am 20. Dezember 2023 vom Bundestag beschlossene „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ (WPG), was im folgenden Wärmeplanungsgesetz genannt wird, schafft die Grundlage für eine flächendeckende Einführung einer systematischen Wärmeplanung. Das Gesetz regelt unter anderem:

Fristen für die Erstellung von Wärmeplänen:

Gemeinden sind verpflichtet, Wärmepläne zu erstellen, die auf die lokalen Gegebenheiten und Bedarfe abgestimmt sind. Es gibt festgelegte Fristen, bis wann diese Pläne aufgestellt werden müssen.

Mindestinhalte der Wärmepläne:

Diese Pläne müssen bestimmte Anforderungen erfüllen, wie eine Analyse des aktuellen Wärmebedarfs, eine Strategie zur Senkung der CO₂-Emissionen und Vorschläge für klimafreundliche Wärmeerzeugung und -verteilung.

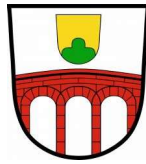
Veröffentlichung und Fortschreibungspflichten:

Die Wärmepläne müssen öffentlich zugänglich gemacht und regelmäßig aktualisiert werden, um den Fortschritt in der Dekarbonisierung zu gewährleisten und Anpassungen an neue technologische oder regulatorische Entwicklungen zu ermöglichen.

Gebäudeenergiegesetzes (GEG)

Das Gebäudeenergiegesetz trat erst zum 01. November 2020 in Kraft und bündelt die bisherigen energetischen Anforderungen an Gebäude des Energieeinspargesetzes (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeeG).

Ab 2024 muss jede neu eingebaute Heizung zu 65 Prozent mit Erneuerbaren Energien betrieben werden. In Neubaugebieten greift diese Regel direkt ab 1. Januar 2024. Für bestehende Gebäude und Neubauten außerhalb von Neubaugebieten gibt es längere Übergangsfristen: In Großstädten (mehr als 100.000 Einwohnerinnen und Einwohner) werden klimafreundliche Energien beim Heizungswechsel spätestens nach dem 30. Juni 2026 Pflicht. In kleineren Städten ist der Stichtag der 30. Juni 2028. Gibt es in den Kommunen bereits vorab eine Entscheidung zur Gebietsausweisung für ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetzausbaugebiet greifen frühere Fristen. Hinweis: Diese kommunalen Gebietseinteilungen unterscheiden sich von den im Wärmeplan dargestellten voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten.



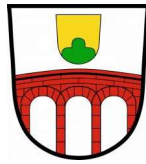
EU-Richtlinie 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD)

Die EU-Richtlinie 2024/1275 zur Erreichung des Green Deals im Gebäudesektor zielt darauf ab, die Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern und einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Ab 2030 wird für Neubauten die Berechnung des Lebenszyklus-Treibhauspotenzials verpflichtend. Gleichzeitig wird die Einführung eines Null-Emissions-Gebäudes als Mindeststandard vorgeschrieben, um eine nachhaltige Reduktion der Treibhausgasemissionen zu gewährleisten. In den öffentlichen Neubauten greift die Pflicht des Nullemissionsgebäudes schon ab 2028.

Die Mitgliedstaaten sind darüber hinaus verpflichtet, bis zum 31.12.2025 einen nationalen Gebäudesanierungsplan zu erstellen. Dieser Plan muss konkrete nationale Ziele enthalten, etwa zur jährlichen Sanierungsrate, zum Primär- und Endenergieverbrauch des nationalen Gebäudebestands sowie zur Verringerung der Treibhausgasemissionen. Zudem sind darin Strategien und Maßnahmen festzulegen, um diese Ziele zu erreichen.

Für den Nichtwohngebäudebereich schreibt die Richtlinie vor, dass bis 2030 die energetisch schlechtesten 16 % saniert werden müssen, wobei dieser Anteil bis 2033 sogar auf 26 % steigen soll. Im Wohngebäudebereich ist der durchschnittliche Primärenergiebedarf des gesamten Bestands bis 2030 im Vergleich zu 2020 um mindestens 16 % und bis 2035 um mindestens 20 % zu senken.

Bei Nichteinhaltung der Richtlinie oder das Verfehlen der Reduktionsziele wäre theoretisch auch eine Strafzahlung für das betreffende Land möglich. Ebenso wäre es grundsätzlich denkbar, dass eine Nation im Gebäudesanierungsplan eine Sanierungspflicht für besonders ineffiziente Gebäude festlegt, wenn die Reduktionsziele verfehlt werden.



1.2 Die kommunale Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung dient als strategisches Instrument, das Städten und Gemeinden ermöglicht, die Wärmeversorgung im Kontext einer nachhaltigen Stadtentwicklung systematisch zu gestalten. Durch einen ganzheitlichen Ansatz, der die spezifischen lokalen Gegebenheiten berücksichtigt, stellt sie einen bedeutenden Hebel für die Umsetzung der Wärmewende dar. Der Plan beinhaltet eine umfassende Analyse des regionalen Wärmebedarfs und definiert Maßnahmen zur zukünftigen Deckung dieses Bedarfs durch erneuerbare und emissionsfreie Energien. Die kommunale Wärmeplanung bezieht sich dabei auf das gesamte Gemeindegebiet. Es ist jedoch zu beachten, dass die Wärmeplanung keine detaillierte Planung eines lokalen Wärmenetzes oder eine tiefgehende Betrachtung einzelner Stadtgebiete ersetzt.

Die Kommunale Wärmeplanung ist in vier Arbeitsphasen unterteilt:

Bestandsanalyse:

Im Zuge der Bestandsanalyse werden Daten zur Gebäude-, Siedlungs- und Energieinfrastruktur systematisch erfasst und ausgewertet. Dabei wird der Wärmebedarf bzw. -verbrauch detailliert ermittelt und auf dieser Grundlage eine Treibhausgasbilanz erstellt. Das Ziel der Bestandsanalyse ist es, einen umfassenden Überblick über den aktuellen Zustand des Wärmebedarfs sowie der bestehenden Wärmeversorgungsstruktur zu erhalten.

Potenzialanalyse:

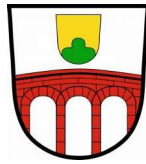
Die Potenzialanalyse zielt darauf ab, zukünftige Entwicklungen des Wärme- und Kältebedarfs zu untersuchen, die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energiequellen darzulegen und potenzielle Abwärmequellen zu identifizieren. Sie dient als Grundlage, um Chancen und Handlungsoptionen für eine klimafreundliche Wärmeversorgung aufzuzeigen.

Zielszenario:

Auf Grundlage des aktuellen IST-Zustands sowie der Potenziale zur Reduzierung des Energiebedarfs und der Nutzung erneuerbarer Energien werden Szenarien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung entwickelt. Dabei werden Fokusgebiete festgelegt, für die spezifische Maßnahmen erforderlich sind. Diese Maßnahmen sollen in ihrer Gesamtheit sicherstellen, dass die Wärmeversorgung im gesamten Gemeindegebiet bis zum festgelegten Zieljahr klimaneutral gestaltet wird.

Umsetzungsphase:

Der kommunale Wärmeplan soll in der Umsetzungsphase als Orientierungshilfe dienen. Auf Basis der ausgewählten Zielszenarien sind konkrete Maßnahmenpakete zu entwickeln, die detailliert ausgearbeitet und nach Priorität geordnet werden müssen. Um die angestrebten Ziele zu erreichen, müssen die erarbeiteten Maßnahmen in die praktische Umsetzung überführt und die Ergebnisse kontinuierlich mit dem festgelegten Zielszenario abgeglichen und überwacht werden.



1.3 Schlüsselakteure und Stakeholder

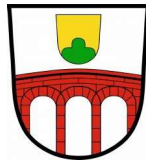
Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist eine frühzeitige angemessene Beteiligung der verschiedenen Akteure notwendig, um möglichst alle Interessen mit zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Übersicht Gruppen Schlüsselakteure

Gruppe:	Beteiligung:
Gemeindeverwaltung	partizipativ
Netzbetreiber	partizipativ
Energieunternehmer	partizipativ
Schornsteinfeger	informativ
Großverbraucher	informativ
Liegenschaftsbesitzer	informativ
sonstige	informativ
Gemeinderat	Partizipativ und beschließend

Akteursgruppen mit partizipativer Beteiligung wurden aktiv in die Arbeit eingebunden, um deren aktuellen Planungsstand zur zukünftigen Wärmeversorgung zu erfahren, Möglichkeiten zu identifizieren und die Konsequenzen verschiedener Szenarien zu erläutern.

Akteursgruppen mit Informativer Beteiligung wurden über den Stand sowie den Inhalten der kommunalen Wärmeplanung informiert.



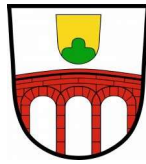
2. Bestandsaufnahme

Die Gemeinde Arnbruck liegt im Landkreis Regen im Regierungsbezirk Niederbayern. Das Gemeindegebiet umfasst eine Fläche von rund 37,9 km² und liegt auf einer Höhe zwischen 550 und 1.080 m über dem Meeresspiegel. Arnbruck zählt 2.048 Einwohner (Stand: 30.06.2024) und gliedert sich in mehrere Ortsteile, darunter u. a. Niederndorf, Rappendorf, Poschinger Hütte und Trautmannsried. Die Gemeinde ist geprägt durch ihre Lage im Bayerischen Wald mit überwiegend ländlicher Struktur und ausgedehnten Wald- und Grünflächen. Neben der landwirtschaftlichen Nutzung spielt der Tourismus eine bedeutende Rolle..



Abbildung 3: Gemeindegebiet Hofstetten; Quelle: Bayern-Atlas

Das Gemeindegebiet umfasst ca. 2.419 Gebäude, von denen rund 814 als beheizt eingestuft werden.



Ein wesentliches Ziel der Bestandsanalyse ist die Ermittlung des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen, die auf den Wärmesektor zurückzuführen sind. Durch die räumliche Zuordnung der Verbräuche, können diese mit dem ebenfalls erhobenen Wärmepotenzial potenziellen zukünftigen Wärmedeckungen abgeschätzt werden.

2.1 Datengrundlage

Um eine hohe Qualität der kommunalen Wärmeplanung zu gewährleisten, wurden die Kommunen durch das Wärmeplanungsgesetz (WPG) zur Datenerhebung relevanter Daten ermächtigt.

Die Aufbereitung und Bearbeitung der Daten erfolgte mit Hilfe eines digitalen Zwillings der Firma ENEKA Energiekartografie.

2.1.1 Daten der Kommunalverwaltung

Die Gemeinde Arnbruck hat das digitale Liegenschaftskataster bereitgestellt, welches Informationen über die Gebäudegrundfläche, die Gebäudefunktion, die Lagebezeichnung mit Adresse sowie weitere Angaben zu Flurstücken und Flächennutzungen enthält.

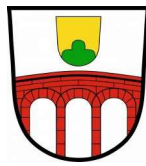
2.1.2 Daten der Schornsteinfeger

Auf Grundlage des Bayerischen Klimaschutzgesetzes (BayKlimaG) melden die bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger seit dem Berichtsjahr 2022 jährlich die in den Kkehrbüchern erfassten Heizungsanlagen an das Bayerische Landesamt für Statistik. Die Daten werden vom Landesamt anschließend straßenbezogen weitergeleitet, um den Schutz personenbezogener Daten sicherzustellen. Zur Verfügung gestellt werden folgende Informationen:

- Art und Anzahl der Heizungen (Zentralheizung/Einzelraumheizung)
- Feuerstättenart nach Brennstoff (straßenbezogen)
- Mittlere Nennwärmeleistung (straßenbezogen)
- Durchschnittsalter der Heizung (straßenbezogen)

2.1.3 Daten der Netzbetreiber

Den Netzbetreibern liegen gebäudescharfe Verbrauchsdaten im Bereich Strom (Heizstrom, Wärmepumpenstrom) vor. Im Gemeindegebiet wird das Stromnetz von der Bayernwerk AG betrieben. Die entsprechenden Verbrauchsdaten wurden uns unter Einhaltung der Datenschutzbestimmungen zur Verfügung gestellt. Ein Gasnetz besteht in der Gemeinde Arnbruck nicht.



2.2 Gebäudestruktur

Etwa 40% der Gebäude in Arnbruck wurde vor 1977 und somit vor der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet. Ein Großteil der bestehenden Gebäude in Arnbruck wird für Wohnzwecke genutzt. Die Gesamtnutzfläche aller beheizten Gebäude konnte mit etwa 25.040 m² ermittelt werden, wobei der überwiegende Teil ebenfalls für Wohnzwecke verwendet wird.

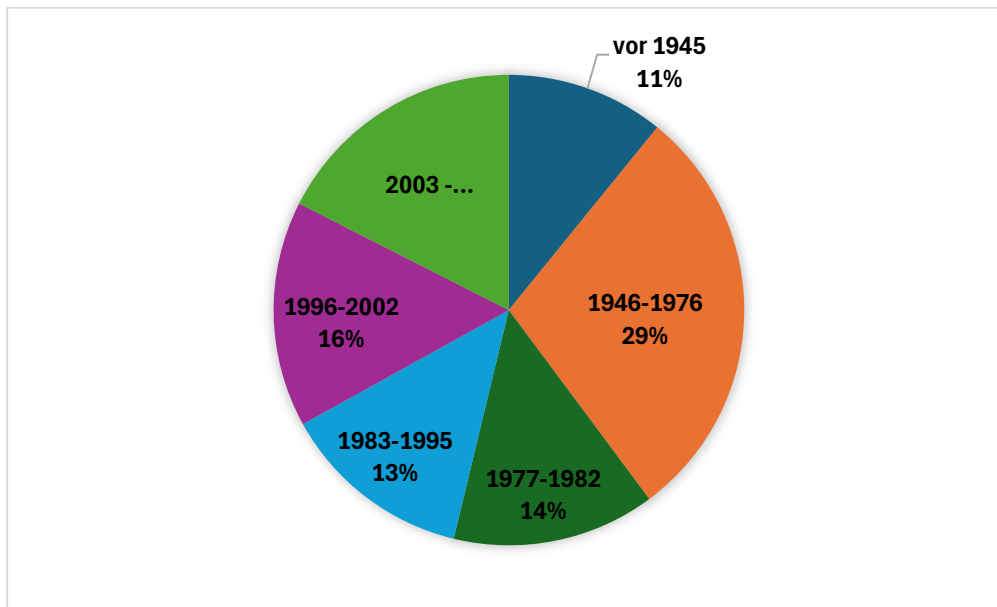


Abbildung 4: Verteilung des Gebäudebestands nach Baualterklassen

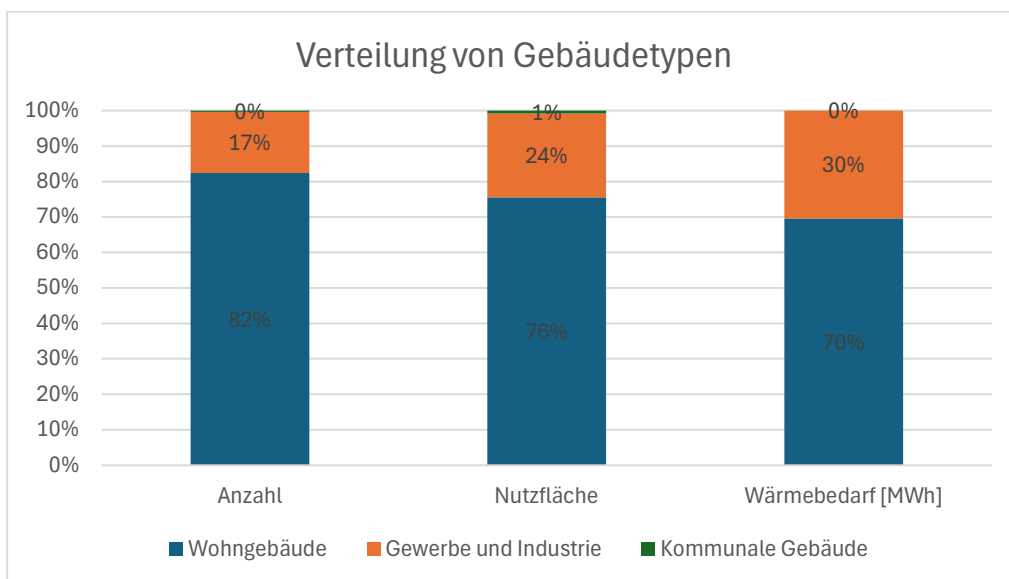
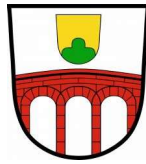


Abbildung 5: Verteilung der Gebäudetypen nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf



2.3 Wärmeversorgungsstruktur

Die Auswertung der Kkehrbuchdaten zeigt, dass rund 69 % der beheizten Gebäude mit Heizöl versorgt werden. Etwa 4 % der Gebäude nutzen Flüssiggas als Hauptheizquelle, während weitere 21 % durch zentrale Biomassekessel beheizt werden. Zusätzlich zur zentralen Wärmeversorgung gibt es zahlreiche Gebäude, die über dezentrale Einzelraumfeuerstätten beheizt werden, wie Umlaufwasserheizer, Raumheizer, Herde oder Kamine. Im Gemeindegebiet sind beispielsweise 689 Kaminöfen für stückiges Holz installiert, die häufig zur Unterstützung der zentralen Heizanlagen dienen.

Das Durchschnittsalter aller Wärmeerzeuger beträgt 16,62 Jahre, wobei insbesondere die zentralen Ölheizungen mit einem Durchschnittsalter von 27,1 Jahren deutlich älter sind. Es ist davon auszugehen, dass bis 2030 ein erheblicher Teil der Feuerungsanlagen altersbedingt erneuert werden muss.

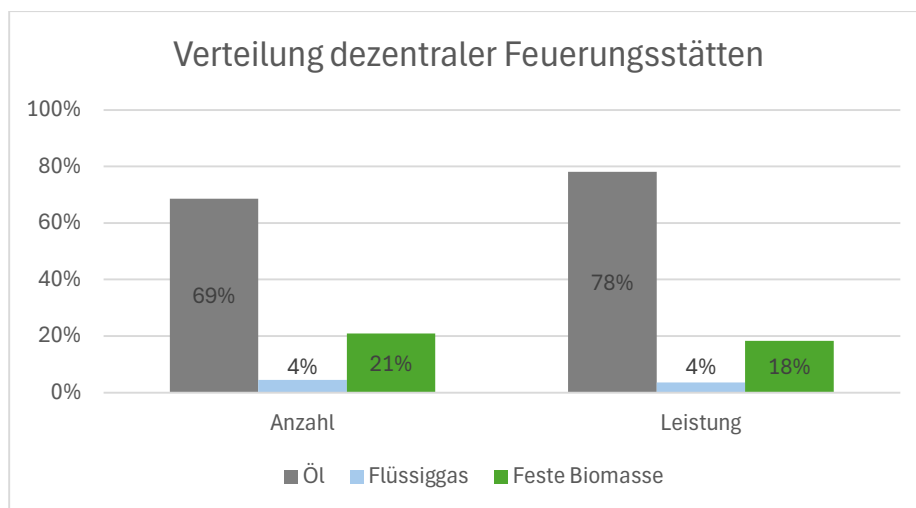


Abbildung 6: Verteilung der Energieträger von zentralen Wärmeerzeugern

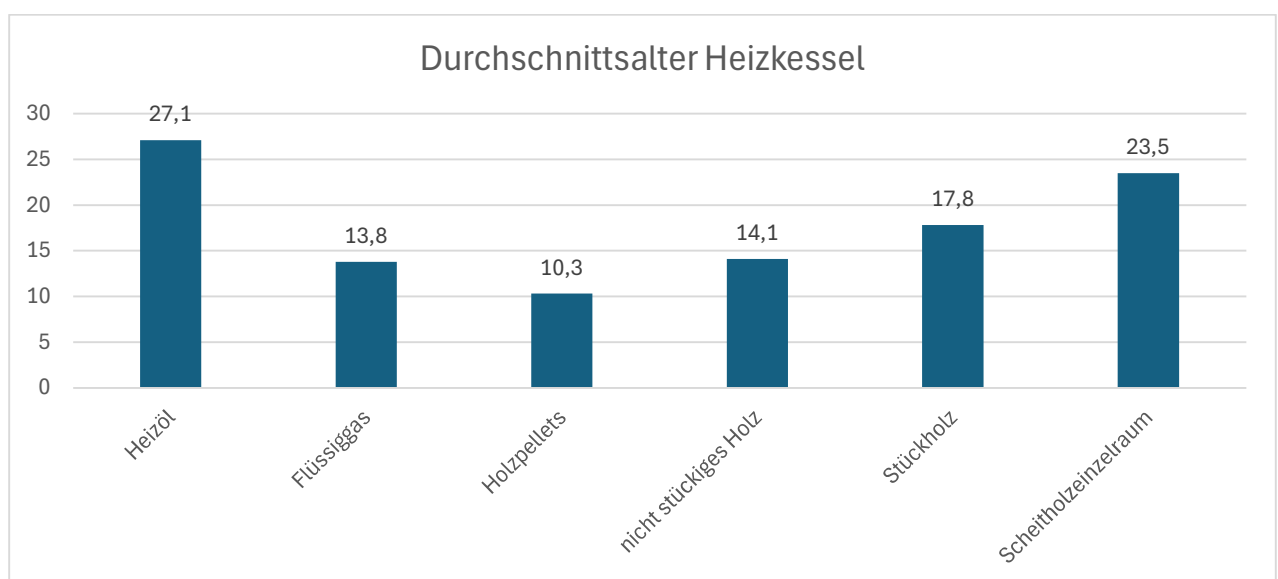
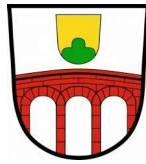


Abbildung 7: Durchschnittsalter Heizkessel



2.3.1 Gasnetz Infrastruktur

Im Gemeindegebiet Arnbruck ist nach Rücksprache mit der Gemeindeverwaltung derzeit kein Gasnetz vorhanden.

2.3.2 Wärmenetz Infrastruktur

Im Gemeindegebiet ist derzeit kein Wärmenetz vorhanden.

In naher Zukunft ist die Durchführung einer Machbarkeitsstudie durch einen privaten Betreiber vorgesehen, um die Errichtung eines zentralen Wärmenetzes auf Basis von Hackschnitzeln und Biogas zu prüfen. Die Untersuchung soll sich auf das gesamte zentrale Siedlungsgebiet erstrecken und auch die mögliche Einbindung des Gewerbegebiets bewerten. In der Vergangenheit fanden hierzu bereits Informationsveranstaltungen für die Bürgerinnen und Bürger statt.

2.4 Energie- und CO₂- Bilanz

2.4.1 Energiebilanz

Die erhobenen Daten der Netzbetreiber und Schornsteinfeger ermöglichen eine detaillierte Analyse des Energieverbrauchs nach Art, Sektoren und Energieträgern. Der Sektor "Öffentliche Gebäude" umfasst Gebäude der Gemeinde Arnbruck sowie weitere Einrichtungen wie die Feuerwehr und Schule. Der Energiebedarf wird größtenteils dezentral durch den Energieträger Heizöl gedeckt. Der Wärmebedarf in Arnbruck wird hauptsächlich durch den Bedarf an Raumwärme und Warmwasser bestimmt. Der Gesamtenergieverbrauch im Wärmesektor beläuft sich dabei auf ca. 40,00 Gigawattstunden.

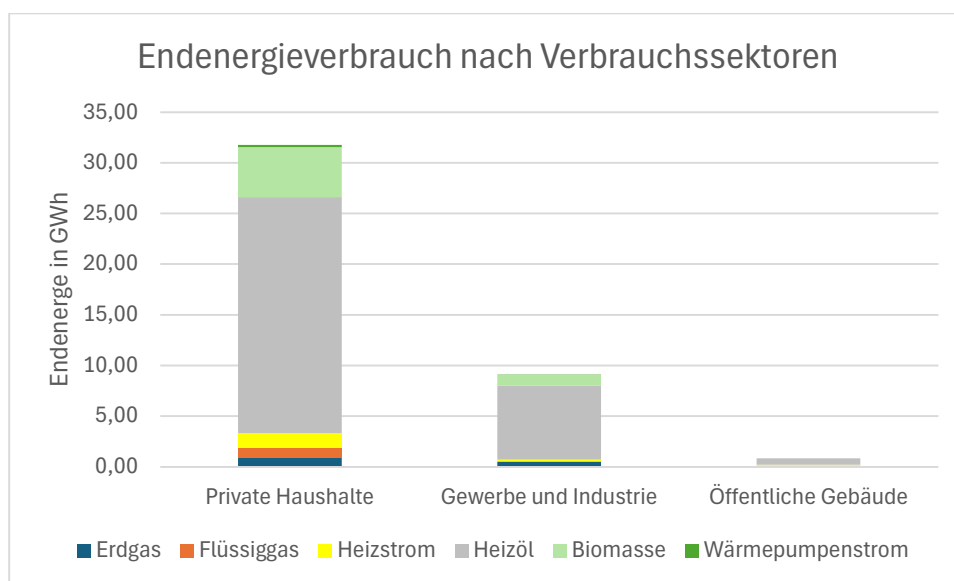
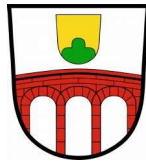


Abbildung 8: Energieverbrauch nach Verbrauchssektoren



2.4.2 CO₂-Bilanz

Die Berechnung der Treibhausgasbilanz basiert auf dem ermittelten Wärmeenergiebedarf. Dabei wurden die entsprechenden Energieverbräuche mit den jeweiligen Emissionsfaktoren aus dem Technikkatalog des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende (KWW) multipliziert. Sowohl die direkten CO₂-Äquivalente als auch die vorgelagerten Emissionen (Vorketten) sind hierin berücksichtigt. Erdgas und Heizöl als dominierende Energieträger tragen dabei maßgeblich zu den CO₂-Emissionen bei.

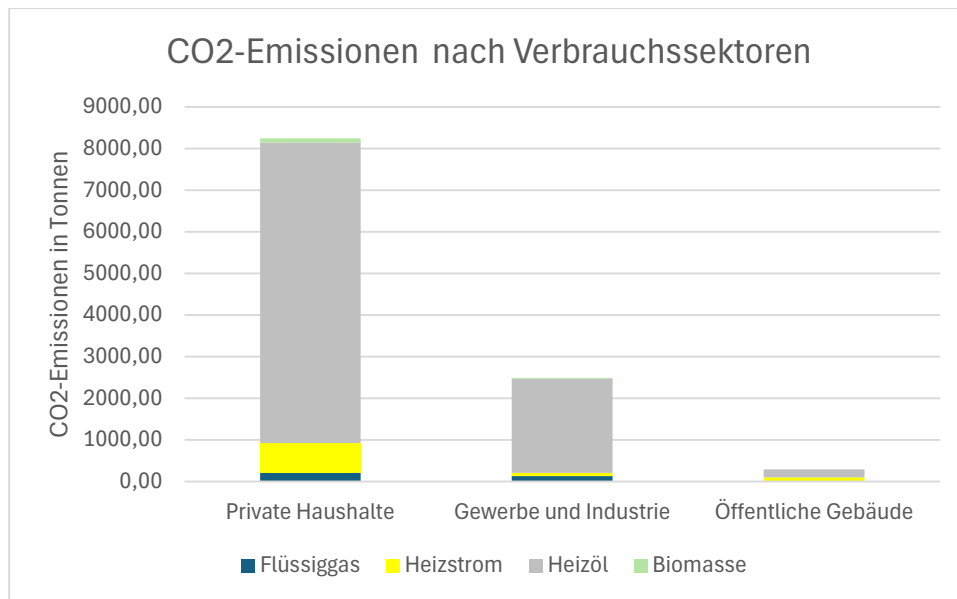
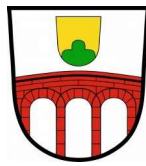


Abbildung 9: CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren

Die gesamten CO₂-Emissionen im Wärmesektor können für Arnbruck auf 11.026 Tonnen berechnet werden, was einem Pro-Kopf-Ausstoß von 5,38 Tonnen entspricht. Um eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen, müssen diese Emissionen auf nahezu null reduziert werden.



2.5 Räumliche Darstellung des Wärmebedarfs

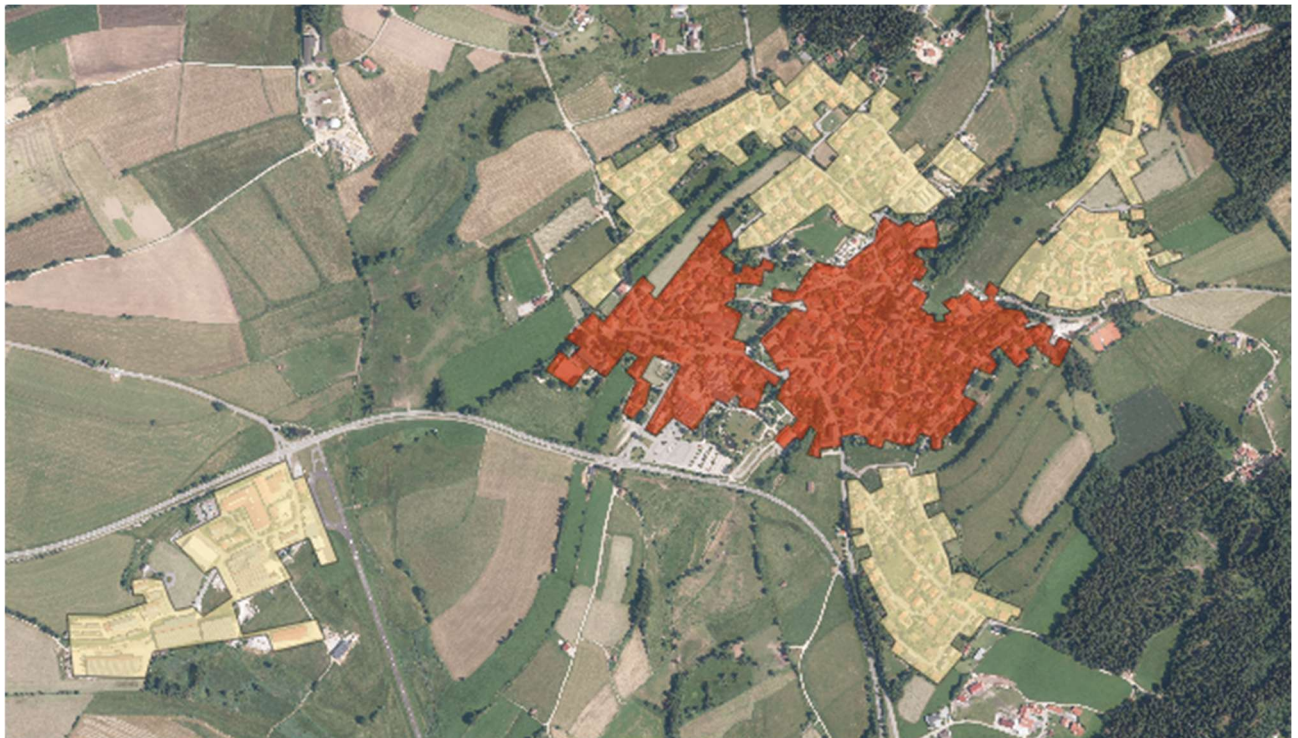
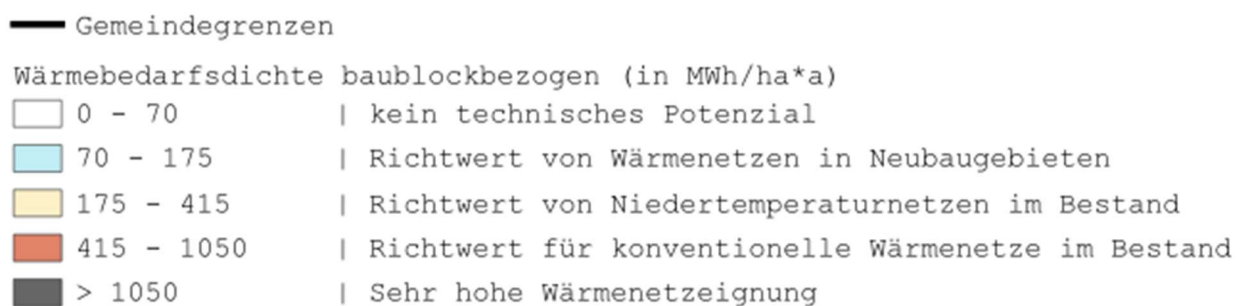
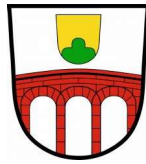


Abbildung 10: Wärmebedarfsdichte Gemeinde Arnbruck



Die Ermittlung der Wärmebedarfsdichte basiert auf abgeleiteten Bedarfswerten, die aus dem Flurstückskataster unter Berücksichtigung von Gebäudenutzung, Wohn- und Nutzflächen, Baualter sowie Bauart ermittelt wurden. Es handelt sich somit nicht um reale Verbrauchsdaten. Typischerweise liegen tatsächliche Verbrauchswerte unter den bilanzierten Bedarfswerten. Im Zuge der geplanten Machbarkeitsstudie sollen die realen Verbrauchsdaten erhoben und ausgewertet werden, um die tatsächliche Wärmebedarfsdichte zu bestimmen und die Ergebnisse der vorliegenden Analyse zu verifizieren. Für eine erste räumliche Einschätzung der Wärmeversorgungspotenziale ist die derzeitige Methodik jedoch als ausreichend zu betrachten, da sie eine strukturierte und vergleichbare Bewertung der Wärmebedarfsverteilung ermöglicht.



In Arnbruck zeigen sich erhöhte Wärmebedarfsdichten insbesondere im zentralen Ortsbereich, wodurch dieser Bereich ein grundsätzlich geeignetes Potenzial für die Errichtung eines Nahwärmenetzes aufweisen könnte. In den peripheren Lagen mit geringerer Bebauungs- und Wärmedichte wäre eine wirtschaftliche Umsetzung unter konventionellen Bedingungen voraussichtlich nur eingeschränkt darstellbar, jedoch nicht grundsätzlich auszuschließen. Durch angepasste technische und organisatorische Ansätze ließe sich die Wirtschaftlichkeit potenziell verbessern. Dazu könnten unter anderem optimierte Trassenführungen außerhalb öffentlicher Straßen, die Nutzung von Grunddienstbarkeiten auf Privatgrundstücken sowie ein höherer Anteil an Eigenleistung beim Leitungsbau beitragen. Darüber hinaus könnte die Einbindung des im Nordwesten der Gemeinde vorhandenen Biogasanlagestandorts als zentrale Wärmequelle einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit leisten. Auch eine schrittweise Umsetzung des Wärmenetzes mit einem zunächst auf den zentralen Siedlungsbereich fokussierten Ausbau und einer möglichen späteren Erweiterung in Richtung der Außenbereiche wäre denkbar und könnte langfristig eine nachhaltige Entwicklung eines leitungsgebundenen Wärmenetzes in Arnbruck unterstützen.

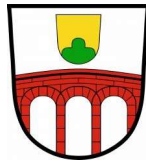
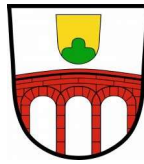


Abbildung 11: Wärmelinien-dichte Gemeinde Arnbruck

Wärmelinien-dichte (in MWh/tm*a)

— kleiner 0,70	kein technisches Potenzial
— 0,70-1,50	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
— 1,5 -2,0	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
— größer als 2,0	Wenn Verlegung von Wärmenetzen mit zusätzlichen Hürden versehen ist z.B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen

Die Wärmelinien-dichte beschreibt den rechnerisch ermittelten Wärmebedarf entlang eines potenziellen Leitungsverlaufs im Verhältnis zur Trassenlänge. Sie dient als technischer Orientierungswert, um die strukturelle Eignung eines Gebietes für ein mögliches Wärmenetz einzuschätzen. Daraus lässt sich ableiten, wie kompakt die Bebauung ist und in welchem Verhältnis der Wärmebedarf zur erforderlichen Leitungslänge steht. Höhere Wärmelinien-dichten weisen auf günstigere Voraussetzungen für einen wirtschaftlicheren Netzbetrieb hin, während niedrigere Werte auf größere Entfernungen zwischen den Anschlussobjekten und damit auf höhere spezifische Wärmeverluste schließen lassen.



Die Bewertung orientiert sich an den Vorgaben des Technikkatalogs des Leitfadens zur Wärmeplanung des Kompetenzzentrums Kommunale Wärmewende (KWW). Sie ermöglicht eine einheitliche Einordnung der Gebiete hinsichtlich ihrer potenziellen Eignung für den Aufbau leitungsgebundener Wärmeversorgungsstrukturen und liefert zugleich Hinweise auf eine effiziente Leitungsführung. In Arnbruck zeigen die ermittelten Werte im zentralen Siedlungsgebiet überwiegend mittlere bis höhere Linieneinstufungen, während in den Randlagen geringere Dichten auftreten. Daraus lassen sich Ansätze für die Machbarkeitsstudie ableiten, etwa Varianten mit Fokus auf das zentrale Siedlungsgebiet sowie erweiterte Szenarien unter Einbezug angrenzender Bereiche, um die Auswirkungen auf Wärmegestehungskosten und technische Umsetzung zu untersuchen.

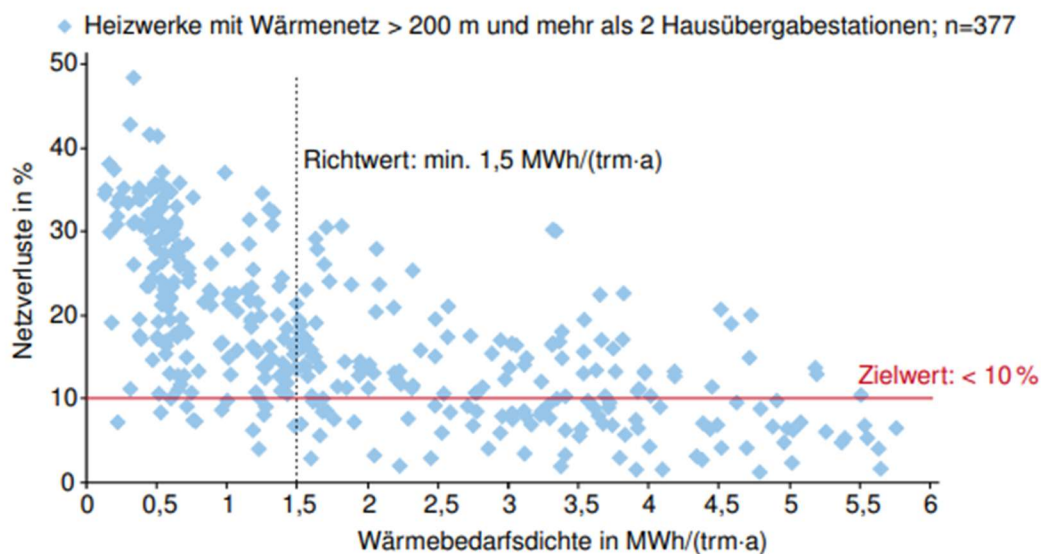
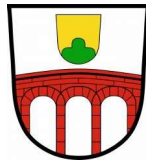


Abbildung 12: Verteilverluste in Abhängigkeit der Wärmebedarfsdichte (Quelle: B. Pex, "Nahwärmenetze und Heizwerke - Erfolgsfaktoren und Erfahrungen", präsentiert auf der Fachtagung: Wärme aus Biomasse – Stand der Technik und Perspektiven, Soest, 2012.)

In Abbildung 12 sind die Verteilverluste von Wärmenetzen dargestellt. Es ist erkennbar, dass bei Wärmelinienlängen unterhalb von 1,50 MWh/(trm·a) die Wahrscheinlichkeit deutlich steigt, dass höhere Netzverluste auftreten. Zwar gibt es Einzelfälle, in denen trotz niedriger Wärmedichte geringere Verlustquoten erreicht werden, dies ist jedoch physikalisch in der Regel nur bei Netzen mit niedrigen Vorlauftemperaturen realisierbar. Bei konventionellen Wärmenetzen ist hingegen mit höheren Verlustanteilen zu rechnen.

Da diese Verluste bereitgestellt, jedoch nicht von den Anschlussnehmern abgenommen werden, ist bei hohen Verlusten die Wirtschaftlichkeit des Netzes in der Regel nicht gegeben. Es ist zu berücksichtigen, dass die dargestellten Werte überwiegend Trassen entlang bestehender Straßen betreffen. In der Praxis kann durch alternative Leitungsverläufe, beispielsweise über private Grundstücke mittels Grunddienstbarkeiten, eine höhere Wärmelinienlänge erzielt und damit der spezifische Verlustanteil reduziert werden.



2.6 Zwischenfazit Bestandsanalyse

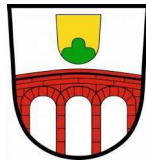
Die Gemeinde Arnbruck weist eine überwiegend ländlich geprägte Siedlungsstruktur mit dichtem bebautem Ortskern und aufgelockerten Randlagen auf. Das Gemeindegebiet umfasst rund 2.419 Gebäude, wovon etwa 814 als beheizt eingestuft werden. Der Großteil der Gebäude wird zu Wohnzwecken genutzt, der Anteil gewerblicher und kommunaler Nutzungen ist vergleichsweise gering. Etwa 40 % des Gebäudebestands wurde vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1977 errichtet, wodurch ein überdurchschnittlicher Wärmebedarf zu erwarten ist. Neuere Baualtersklassen mit höherem energetischem Standard sind nur in geringerem Umfang vorhanden.

Die Wärmeversorgung erfolgt nahezu vollständig dezentral. Rund 69 % der Heizungen nutzen Heizöl als Energieträger, etwa 4 % Flüssiggas und rund 21 % zentrale Biomasseanlagen. Zusätzlich sind zahlreiche Einzelraumfeuerstätten installiert, die überwiegend zur Unterstützung der Hauptheizsysteme dienen. Das durchschnittliche Alter der Wärmeerzeuger beträgt rund 16 Jahre, wobei insbesondere die Ölheizungen mit einem Durchschnittsalter von über 27 Jahren einen hohen Erneuerungsbedarf aufweisen. Ein leitungsgebundenes Gasnetz ist in Arnbruck nicht vorhanden.

Ein zentrales Wärmenetz besteht derzeit ebenfalls nicht. In naher Zukunft soll jedoch eine Machbarkeitsstudie durch einen privaten Betreiber durchgeführt werden, um die Errichtung eines zentralen Netzes auf Basis von Hackschnitzeln und Biogas zu prüfen. Dabei soll insbesondere die Versorgung des zentralen Siedlungsgebiets untersucht und die mögliche Einbindung des Gewerbegebiets bewertet werden.

Die Analyse der Wärmebedarfs- und Wärmelinien-dichte zeigt, dass sich das Wärmeaufkommen vor allem im zentralen Ortsbereich konzentriert. Diese Bereiche könnten ein technisches Potenzial für den Aufbau eines Nahwärmenetzes bieten. In den peripheren Lagen ist die Wärmedichte geringer, wodurch eine Einbindung in ein gemeinsames Netz voraussichtlich nur unter bestimmten Bedingungen wirtschaftlich wäre. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sollten daher verschiedene Varianten – mit und ohne Einbezug der Randbereiche – betrachtet werden, um die Auswirkungen auf Wärmegestehungskosten und Netzstruktur zu bewerten.

Der gesamte Wärmeverbrauch in Arnbruck liegt bei etwa 40 GWh pro Jahr, was zu jährlichen CO₂-Emissionen von rund 11.000 Tonnen führt. Der Verbrauch wird überwiegend durch Raumwärme und Warmwasser bestimmt. Zur Reduzierung der Emissionen und Verbesserung der Versorgungssicherheit besteht mittelfristig ein erhebliches Potenzial zur Umstellung auf erneuerbare, leitungsgebundene oder gemeinschaftliche Wärmeversorgungssysteme.



3. Potenzialanalyse Erneuerbare Wärme und Abwärme

Bislang basiert die Wärmeversorgung überwiegend auf importierten, weitgehend nicht erneuerbaren Ressourcen wie Flüssiggas und Heizöl. Die anstehende Potenzialanalyse soll ermitteln, welche erneuerbaren Energiequellen vor Ort zur Substitution fossiler Energieträger zur Verfügung stehen. Dabei können erneuerbare Energien sowohl in zentralen Wärmenetzen als auch in dezentralen Versorgungssystemen genutzt werden.

Ergänzend werden Potenziale zur regenerativen Stromerzeugung für die zukünftige, elektrifizierte Wärmebereitstellung untersucht. Der Aufbau einer klimaneutralen Wärmeversorgung ist eng mit der Senkung des Wärmeverbrauchs verknüpft. Die Reduzierung des Energieverbrauchs sowie der gezielte Ausbau von grünen Strom- und Wärmeerzeugungsquellen bilden zentrale Elemente der Wärmewendestrategie.

Der Begriff des Potenzials unterteilt sich in vier Stufen:

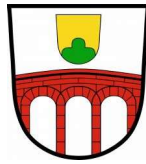
Das **theoretische** Potenzial beschreibt die gesamte erneuerbare Wärmemenge, die in einer Region vorhanden ist, unabhängig von Einschränkungen. Eine Stadt könnte beispielsweise über große geothermische Ressourcen verfügen oder viel Sonnenenergie auf Dachflächen einfangen.

Beim **technischen** Potenzial wird geprüft, wie viel davon tatsächlich genutzt werden kann. Eine Tiefengeothermiequelle könnte beispielsweise 100 Megawatt liefern, aber nur 50 Megawatt sind technisch nutzbar, weil Bohrungen nur bis zu einer bestimmten Tiefe möglich sind oder weil sie sich in einem Wasserschutzgebiet befinden, wo Tiefenbohrungen zum Schutz des Grundwassers nicht erlaubt sind. Auch bei Solarthermie könnten nicht alle geeigneten Dächer genutzt werden, wenn statische Einschränkungen oder Verschattungen bestehen.

Das **wirtschaftliche** Potenzial berücksichtigt zusätzlich die Wirtschaftlichkeit. Eine geothermische Quelle könnte technisch erschließbar sein, aber wenn Bohrungen in einem Wasserschutzgebiet aufwendige Genehmigungsverfahren und hohe zusätzliche Schutzmaßnahmen erfordern, kann die Nutzung unwirtschaftlich werden. Ebenso könnte Abwärme aus der Industrie technisch nutzbar sein, aber wenn der Anschluss an ein Wärmenetz durch geringe Wärmebedarfsdichten zu hohen Kosten führt, bleibt das wirtschaftliche Potenzial gering.

Das **realisierbare** Potenzial beschreibt die Wärmemenge, die unter realen Bedingungen tatsächlich genutzt wird. Eine Gemeinde könnte beispielsweise eine Geothermieanlage planen, aber durch strenge Umweltauflagen in einem Wasserschutzgebiet keine Genehmigung erhalten. Auch wenn ein Projekt technisch und wirtschaftlich sinnvoll wäre, können regulatorische Hürden oder fehlende Akzeptanz der Bevölkerung die Umsetzung verhindern.

Die kommunale Wärmeplanung erstreckt sich in der Regel bis zur Beurteilung des technischen Potenzials. Da keine gebäudescharfen Daten aufgrund des Datenschutzes vorliegen, ist eine wirtschaftliche Betrachtung ohne reale Daten zu Wärmebedarfen, Gebäudeeffizienz und Investitionskosten nicht möglich. Ebenso kann bei bestimmten Technologien, wie der oberflächennahen Geothermie, auch die Beurteilung des technischen Potenzials erschwert sein, da bei Erdwärmekollektoren oder Erdsonden geologische Bedingungen, Platzverfügbarkeit und Bohrbeschränkungen gebäudescharf untersucht werden muss.



3.1 Solarenergie

Die Nutzung von Sonnenenergie kann in die direkte thermische Nutzung sowie der Umwandlung in elektrische Energie eingeteilt werden. Bei der Umwandlung in elektrische Energie wird in der Regel nur der nicht für anderweitige Zwecke genutzte Strom wieder zurück in Wärme umgewandelt. Sonnenenergie kann des Weiteren zentral, zum Beispiel in Photovoltaikfreiflächenanlage oder dezentral auf Dachflächen genutzt werden.

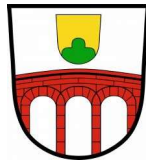
Grundsätzlich bietet die Gemeinde Arnbruck mit einer Globalstrahlung von über ca. 1.150 kWh/m² gute Voraussetzungen für die Nutzung von Sonnenenergie.

3.1.1 Photovoltaik

Dezentrale Photovoltaik:

Derzeit ist, gemäß den Daten des Marktstammdatenregisters, in Arnbruck eine Photovoltaikleistung von 7,61 Megawatt installiert oder zum Anschluss an das Stromnetz angemeldet.

Das dezentrale Photovoltaikpotenzial auf Dachflächen kann gemäß GIS-Daten mit 29,80 GWh abgeschätzt werden, was in etwa einer installierten Leistung von 25,91 MW entspricht. Abzüglich der vorhandenen Dachanlagen mit einer installierten Leistung von 7,61 MWp wird das nutzbare Potenzial an Photovoltaikdachanlagen derzeit zu etwa 29,37 % genutzt. Bei einer angestrebten Nutzung von 50% des Gesamtpotenzials verbleibt ein realistisches Potenzial von ca. 6,15 GWh.



Zentrale Photovoltaik:

Grundsätzlich sind bestehende Ackerflächen für die Installation großer Photovoltaikanlagen geeignet, die in der Regel direkt in das Stromnetz einspeisen und zur Versorgung von Wärmepumpen genutzt werden können. Die Einteilung der Gebiete erfolgte durch einen Kriterienkatalog der bayerischen Staatsregierung. In diesem ist beschrieben, welche Flächen zu einem Ausschluss oder zu einer bedingten Eignung des Gebiets führen. Alle Flächen, die von keinen der Restriktionen betroffen sind, fallen in die Kategorie voraussichtlich geeignet. Bedingt geeignete Flächen weisen keinen Ausschluss auf, sondern sollten, bei Interesse, laut Staatsregierung einer genaueren Betrachtung unterzogen werden. Auch sind Schutzabstände zu manchen Gebieten festgesetzt. Beispielsweise ist ein Schutzabstand von 10 Metern zu Natur- und Schutzwald einzuhalten. Trinkwasserschutzbereiche der Zone III führen zu einer bedingt geeigneten Fläche, ebenso gibt es Restriktionen für Überschwemmungsgebiete. Kein Vergleich ist hier mit einem vorhandenen Stromnetz getroffen worden. Es handelt sich hierbei um das theoretische verfügbare Potenzial außerhalb aller Restriktionsflächen, vorgegeben von der bayerischen Staatsregierung innerhalb des Energie-Atlas Bayern.

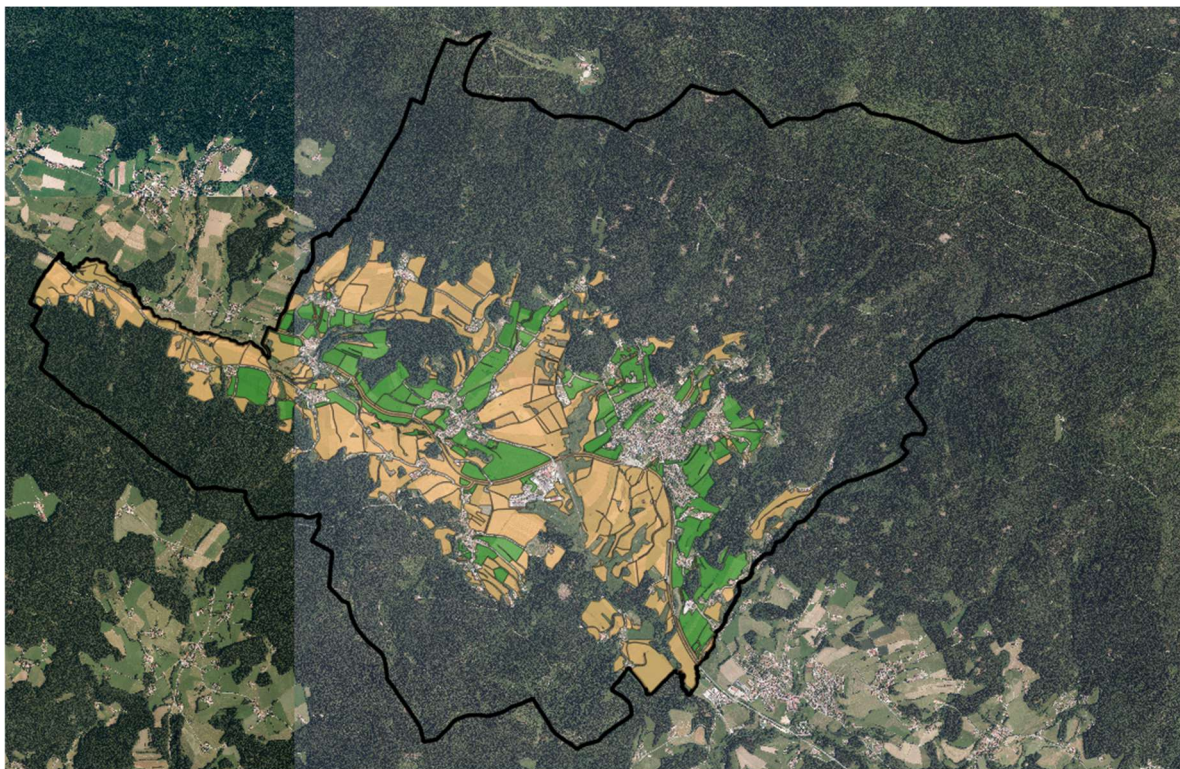
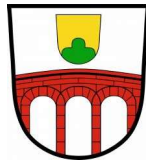


Abbildung 13: Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik; Quelle: Energie Atlas Bayern

- Gemeindegrenzen
- PV-Freiflächenkulisse Arnbruck
- Für Freiflächen-PV voraussichtlich geeignete Fläche basierend auf Kriterienkatalog
- Für Freiflächen-PV voraussichtlich bedingt geeignete Fläche



3.1.2 Solarthermie

Dezentrale Solarthermie:

Solarkollektoren (Solarthermie) wandeln die Energie der solaren Strahlung in nutzbare Wärme zur Brauchwassererwärmung, Heizungsunterstützung und Prozesswärmeerzeugung um. Der Ertrag der Module hängt maßgeblich von deren Ausrichtung und Neigungswinkel ab. Eine optimale Ausrichtung erfolgt idealerweise nach Süden. Der empfohlene Neigungswinkel variiert je nach Anwendung zwischen 30 und 60 Grad. Dabei sorgt ein steilerer Anstellwinkel insbesondere in den Übergangszeiten und Wintermonaten für eine höhere Energieausbeute. Auf Dachflächen von Gebäuden, in denen auch ein Wärmebedarf vorhanden ist, können diese auch zur Wärmegewinnung mittels Solarthermischen Kollektoren verwendet werden.

Das Wärmepotenzial von Dachflächen zur Wärmenutzung kann auf etwa 56,50 GWh abgeschätzt werden. Die dafür notwendigen Flächen überschneiden sich zum Teil mit den Potenzialflächen der dezentralen Photovoltaik. Nicht berücksichtigt werden konnten die Punkte Denkmalschutz und Statische Eignung der Dachflächen.

Freiflächenanlagen:

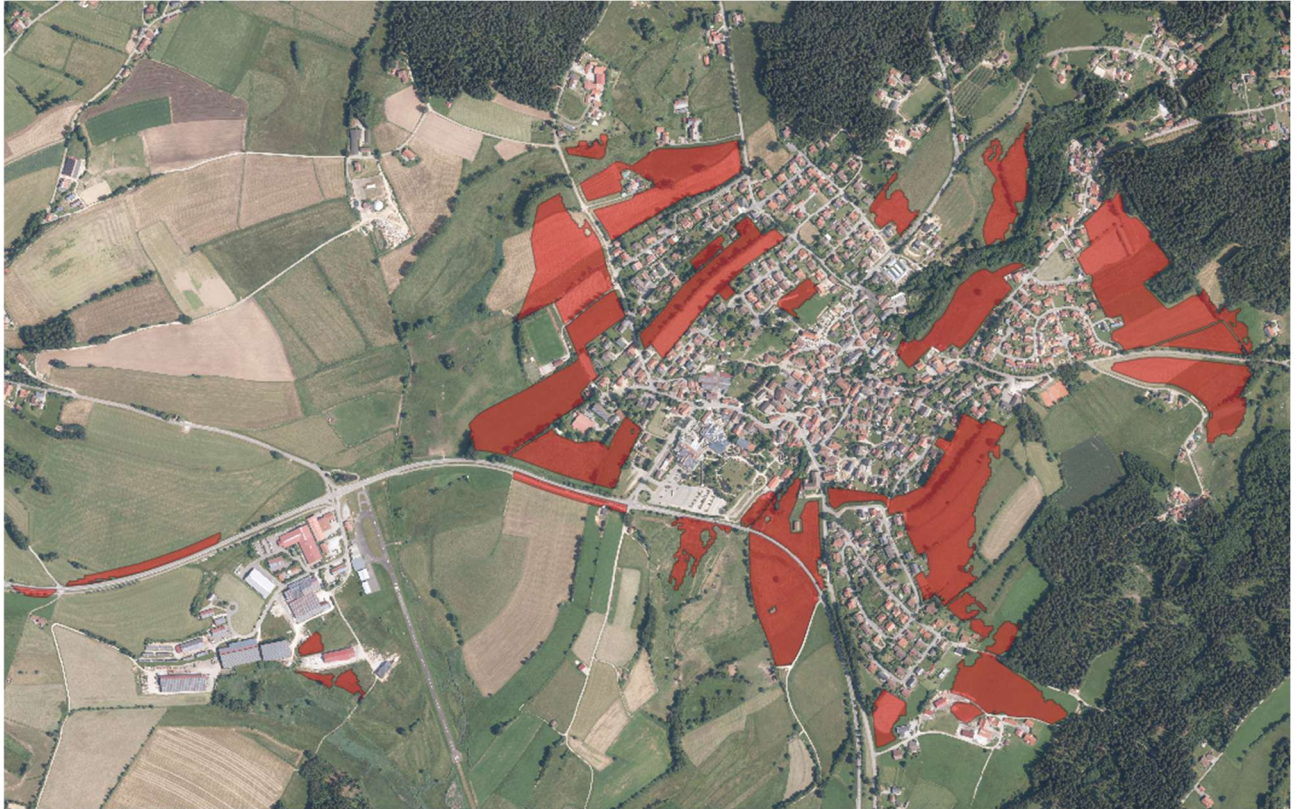
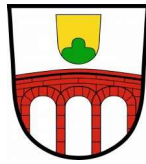


Abbildung 14: potenzielle zentrale Solarthermiefläche mit 250m Abstand zum Eignungsgebiet

Solarthermieranlagen können Temperaturen von über 100 °C erreichen und damit sowohl zur Wärmeversorgung von Gebäuden als auch zur Einspeisung in Wärmenetze beitragen. Grundsätzlich eignen sich Freiflächen, die auch für Photovoltaikanlagen geeignet wären, in gleicher Weise für Solarthermieranlagen. Um potenziell nutzbare Standorte zu identifizieren, wurden topografische und räumliche Rahmenbedingungen analysiert. Grundlage bildete das Digitale Geländemodell mit einer Auflösung von 5 Metern (DGM5), aus dem die Hangneigung und die Exposition abgeleitet wurden. Die Exposition beschreibt die Ausrichtung einer Fläche in Bezug auf die Himmelsrichtungen und beeinflusst wesentlich, wie viel Sonnenstrahlung eine Fläche im Tagesverlauf erhält. Flächen, die nach Süden, Südosten oder Südwesten geneigt sind, weisen dabei die höchste solare Einstrahlung auf, während Nordhänge deutlich geringere Erträge erwarten lassen.

Für die Bewertung wurden Flächen mit einer Neigung bis 35° und einer Ausrichtung zwischen 90° (Ost) und 270° (West) als grundsätzlich geeignet eingestuft. Steilere Lagen oder reine Nordhänge wurden ausgeschlossen, da dort ein wirtschaftlicher Betrieb in der Regel nicht möglich ist. Um die technische Umsetzbarkeit zu gewährleisten, wurden nur zusammenhängende Flächen ab 1 000 m² berücksichtigt. Kleinere Teilflächen wurden nicht weiterverfolgt, da sie für größere Kollektorfelder ungeeignet sind. Zusätzlich wurden Nutzungskonflikte mit bestehenden Siedlungsflächen, Wäldern, Gewässern oder Schutzgebieten ausgeschlossen. Eine maximale Entfernung von 250 Metern zu bestehenden



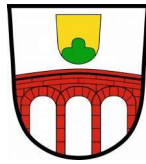
oder potenziellen Wärmenetztrassen wurde festgelegt, um Leitungskosten und Wärmeverluste gering zu halten.

Das Ergebnis zeigt theoretisch geeignete Flächen, die aufgrund ihrer topografischen Eigenschaften und ihrer Nähe zu möglichen Wärmenetztrassen grundsätzlich für eine zentrale Solarthermieranlage in Betracht kommen. Die dargestellten Potenziale sind jedoch nicht als unmittelbar realisierbare Standorte zu verstehen, sondern bilden eine erste räumliche Eingrenzung technischer Möglichkeiten.

Ob eine zentrale Solarthermieranlage sinnvoll ist, hängt stark von der Netzstruktur, dem Wärmebedarf und der bestehenden Erzeugungsinfrastruktur ab. In größeren, gut ausgelasteten Wärmenetzen kann Solarthermie insbesondere im Sommerhalbjahr zur Deckung der Grund- und Warmwasserlast beitragen und den Einsatz biogener Brennstoffe (z. B. Hackschnitzel oder Pellets) reduzieren. Dadurch wird der Anlagenbetrieb effizienter und emissionsärmer. In kleineren, ländlichen Netzen ist eine zentrale Solarthermieranlage hingegen häufig wirtschaftlich schwer darstellbar, da die Grundlast zu gering ist und sich die Investitionskosten auf wenige Abnehmer verteilen. Dort kann die sommerliche Warmwasserbereitung oft besser über dezentrale Solarthermieranlagen auf Gebäudeniveau abgedeckt werden.

Insgesamt zeigen die dargestellten Flächen, wo Solarthermieranlagen technisch möglich wären, ohne dabei eine Wirtschaftlichkeits- oder Realisierungsbewertung vorwegzunehmen. Die tatsächliche Eignung hängt von lokalen Faktoren wie Wärmebedarf, Netzstruktur, Grundstücksverfügbarkeit und Investitionsbereitschaft ab.

Gesamt wäre eine potenzielle Fläche für Solarthermie von 45,6 Hektar vorhanden. Dies ergibt ein gigantisches Wärmepotenzial von 139 GWh. Eine realistische Nutzung und wirtschaftliche Vergleichbarkeit müsste innerhalb einer Machbarkeitsstudie untersucht werden.



3.2 Luft

Die Außenluft als Wärmequelle für Wärmepumpen ist grundsätzlich überall verfügbar und kann kostengünstig erschlossen werden.

Wärmepumpen arbeiten hierbei nach dem linksgängigen Kreisprozess, bei dem ein Kältemittel mithilfe aufgenommener Umweltwärme verdampft. Durch die Umwandlung des Aggregatzustands von flüssig auf gasförmig nimmt das Volumen im Verdampfer zu, der Druck sinkt leicht und die Temperatur bleibt unverändert. Danach wird im Verdichter der Wärmepumpe das Gas komprimiert, wodurch der Druck steigt, das Volumen sinkt und die Temperatur des Gases auf die benötigte Heiztemperatur steigt. Im Verflüssiger kühlt das gasförmige Kältemittel ab und kondensiert, wobei es wieder flüssig wird und seine Kondensationswärme abgibt. Es wird bei konstanter Temperatur Wärme entzogen, wodurch das Volumen sinkt, aber der Druck maximal ansteigt. Im Expansionsventil entspannt sich das Kältemittel auf den Anfangszustand und der Kreislauf schließt sich.

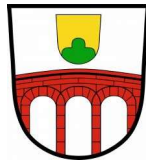
Ein Nachteil bei der Nutzung von Umweltwärme aus der Luft ist jedoch die abnehmende Anlageneffizienz bei sinkenden Außentemperaturen, während gleichzeitig der Heizbedarf steigt. Die Anlageneffizienz der Wärmepumpe ist hierbei abhängig vom Energiebedarf im Verdichter. Je größer der Temperaturunterschied ist, der durch das Verdichten des Gases erzielt werden muss, desto mehr elektrische Energie wird vom Verdichter benötigt. Dadurch sind zur Steigerung der Anlageneffizienz von Wärmepumpen grundsätzlich zwei Möglichkeiten vorhanden:

Das Senken der Vorlauftemperatur im Heizkreis oder das Erhöhen der verfügbaren Anfangstemperatur.

Die Wärmeübertragungsgleichung der Konvektion beschreibt hierbei die Möglichkeiten der Senkung der Vorlauftemperatur. Einerseits kann durch energetische Sanierung der Wärmebedarf des Gebäudes gesenkt werden, wodurch der benötigte Wärmestrom $\dot{Q}$ reduziert wird. Andererseits kann die benötigte Temperaturdifferenz ΔT durch eine Vergrößerung der Wärmeübertragungsfläche A verringert werden. Dies geschieht beispielsweise bei gängigen Fußboden- und Wandheizungen. Im Bestand können aber, wenn nachträglich keine Fußbodenheizung installiert wird, hierfür auch flächigere Radiatoren verwendet werden. Grundsätzlich sollte eine gebäudescharfe Heizlastberechnung erfolgen, um die Möglichkeit einer Wärmepumpe im Altbau zu untersuchen. In dieser wird raumweise eruiert, ob die bestehenden Radiatoren bei einer geringeren Vorlauftemperatur die notwendige Heizlast decken können und welche Radiatoren hierfür modernisiert werden müssten. Ebenso wird die gesamte Heizlast des Gebäudes erfasst und analysiert, um zu erläutern, in welchem Umfang diese durch verschiedene Modernisierungsmaßnahmen reduziert werden kann.

$$\dot{Q} = \alpha * A * \Delta T$$

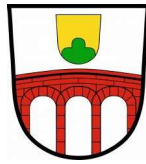
Zusätzlich erfordert die Verdampfereinheit einen Platz außerhalb der Gebäudehülle, was insbesondere in dicht bebauten Gebieten aufgrund der Geräuscentwicklung zu Problemen führen kann.



3.3. Tiefe Geothermie

Erdwärme, die aus einer Tiefe von mehr als 400 Metern gewonnen wird, wird als tiefe Geothermie bezeichnet. Es wird zwischen hydrothermalen und petrothermalen Systemen unterschieden. Bei der hydrothermalen Geothermie werden vorhandene warme oder heiße Wasserleiter, in der Regel tiefe Grundwasserleiter (Aquifere), angezapft und das warme Wasser zur Energiegewinnung an die Oberfläche gepumpt. Wenn keine warmen Wasserleiter vorhanden sind, kann die im Gestein gespeicherte Energie genutzt werden. Diese Systeme werden als Enhanced Geothermal Systems (EGS) oder tiefe Erdwärmesonden bezeichnet.

Aufgrund der geologischen Gegebenheiten in Arnbruck ist eine tiefengeothermische Nutzung mit der derzeitigen Technik nicht möglich.



3.4 Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie lässt sich in die Nutzung der gespeicherten Sonnenenergie sowie der Erdwärme, die sowohl im Boden als auch im Grundwasser vorhanden ist, unterteilen. Die Möglichkeiten zur Nutzung von Grundwasser werden jedoch erst im folgenden Kapitel näher erläutert. Man spricht grundsätzlich bei der oberflächennahen Geothermie bis zu einer maximalen Tiefe von 400 Metern. Diese Energie kann durch vertikale und auch horizontale Wärmeübertrager, in welchem ein Wärmeträgermedium zirkuliert und eine Wärmepumpe mit Umweltwärme versorgt nutzbar gemacht werden.

Erdwärmesonden:

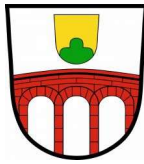
Erdwärmesonden sind vertikale Wärmetauscher, die in der Regel in senkrechte Bohrlöcher im Untergrund eingebracht werden. In einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert ein Wärmeträgermedium, das Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und an den Verdampferkreislauf der Wärmepumpe überträgt.

Bei der Nutzung von Erdwärmesonden ist die Regenerationsfähigkeit des Bodens zu berücksichtigen – also die Fähigkeit des Untergrunds, die entzogene Wärme durch natürliche Prozesse wieder auszugleichen. Ebenso ist darauf zu achten, dass keine thermische Beeinflussung benachbarter Grundstücke oder anderer Sondenfelder erfolgt. Daraus ergeben sich erforderliche Mindestabstände sowohl zu benachbarten Sonden als auch zu bestehenden Gebäuden.

Im Gemeindegebiet sind derzeit vier Erdwärmesondenstandorte bekannt. Die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds liegt im Bereich von 2,6-3,0 W/m*K. Die entzugsseitige Wärmemenge je Sonde beträgt etwa 15.500 kWh. Insgesamt sind die geologischen Voraussetzungen für den Einsatz von Erdwärmesonden als sehr gut einzuschätzen.

Grundsätzlich wäre es in Arnbruck technisch möglich, insgesamt 1145 Gebäude vollständig mit Erdwärmesonden zu versorgen. Das maximale, technische Potenzial, bei der kompletten Versorgung dieser Gebäude, liegt bei 35 GWh.

Die tatsächlich nutzbare Wärmemenge hängt von den individuellen technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Dazu zählen insbesondere der Wärmebedarf des Gebäudes, die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe, die spezifische Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit des Bodens, die Bodenbeschaffenheit sowie die zulässige maximale Bohrtiefe am jeweiligen Standort. Ein höherer Wärmebedarf kann die Wirtschaftlichkeit durch eine bessere Amortisation der Investitionskosten begünstigen.



— Gemeindegrenzen

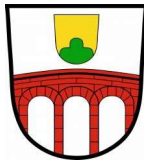
Potenzial Erdwärmesonden - Deckungsgrad des Gebäudewärmebedarfs

kleiner 100%

100 - 200%

größer 200%

Abbildung 15: Kartenausschnitt Potenzial Wärmebedarf mit Erdwärmesonden



 bayern

Entzugsleistung pro Sonde [kW]

 0

 0,1

 1,0

 1,5

 2,5

 5,0

 10,0

 > 10

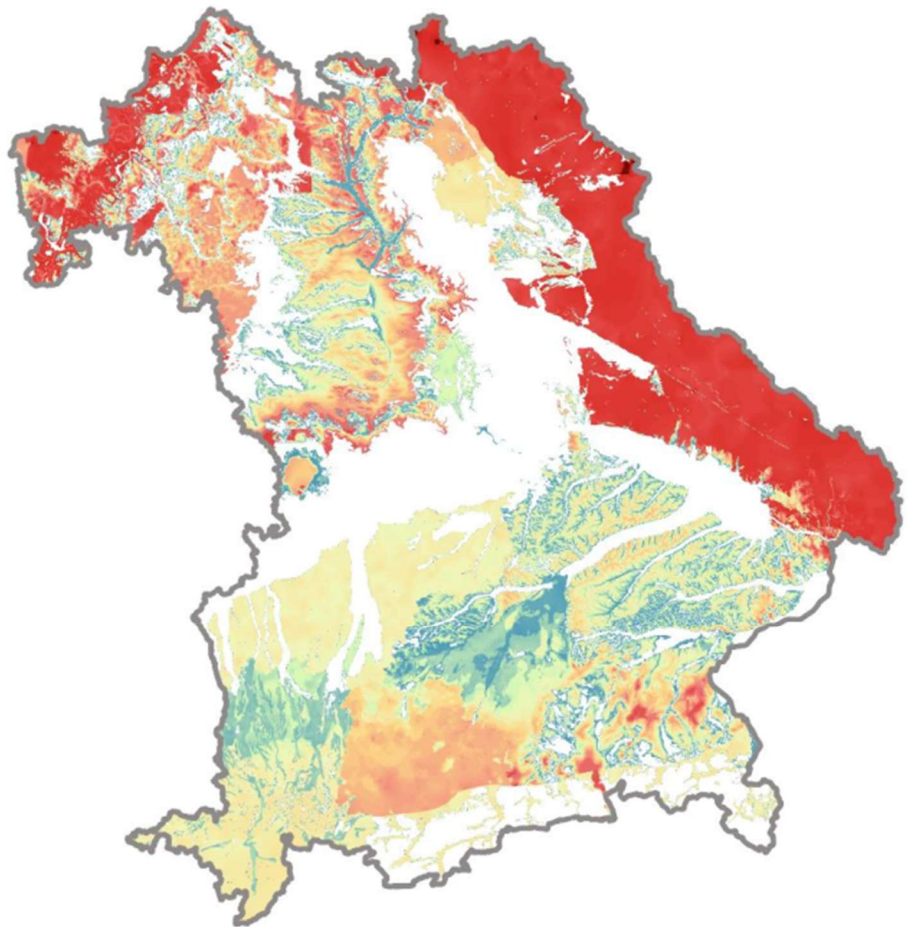


Abbildung 16: Entzugsleistung pro Sonde [kW] für ganz Bayern; Quelle: Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern

Erdwärmekollektoren:

Erdwärmekollektoren kommen in geringer Tiefe bis zu 1,5 m zum Einsatz. Ein Nachteil solcher Kollektoren kann der Platzbedarf sein, den für solche Systeme benötigt wird. Dieser liegt bei etwa 1,5 bis 2,5-Fache der beheizten Wohnfläche.

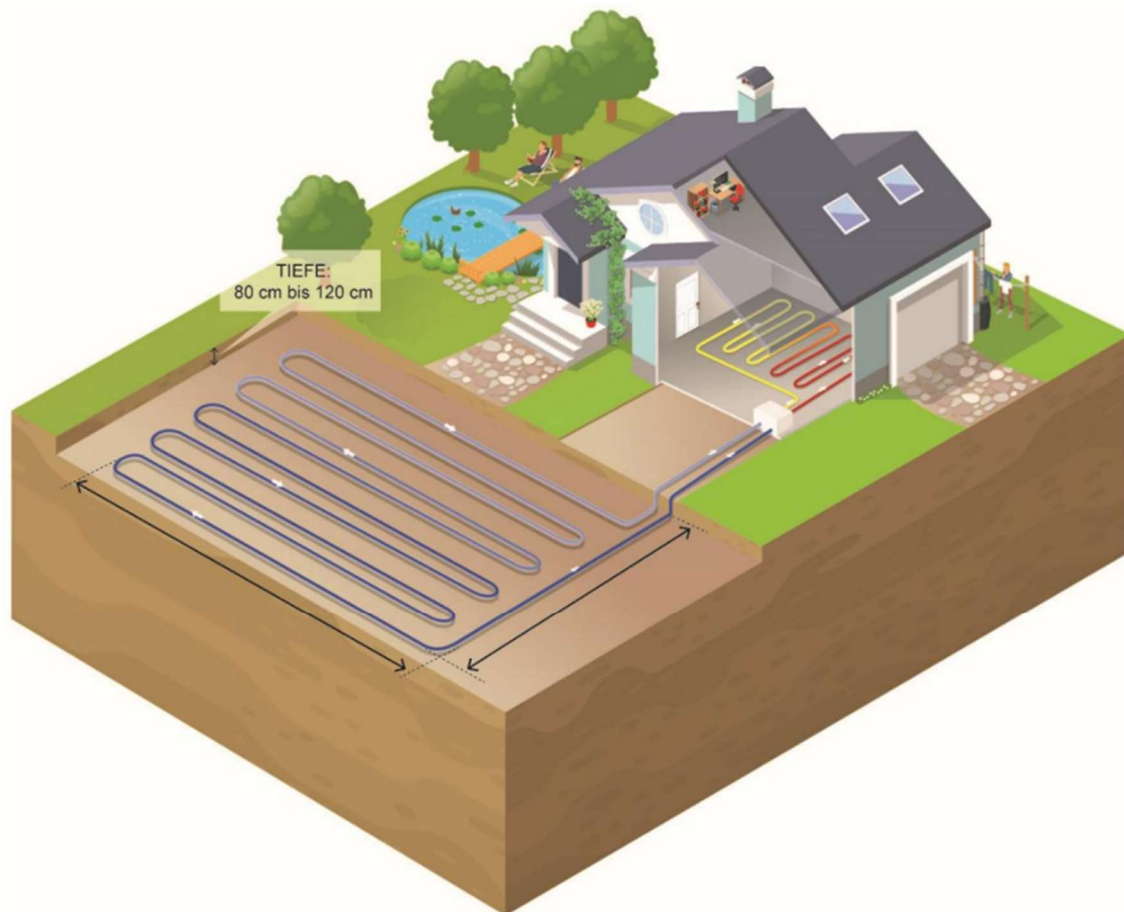
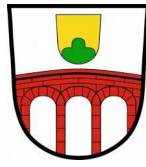


Abbildung 17: Aufbau eines Kollektorsystems Quelle: Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern

Im Zuge der Einzelfallprüfung müsste geprüft werden, ob eine genügend große Fläche mit geringem Gefälle und geeigneten Bodeneigenschaften vorhanden ist. Ebenso sollte diese Fläche auch zukünftig nicht bepflastert werden. Zunehmend kommen auch Sonderformen der oberflächennahen Geothermie zum Einsatz. Dies wären beispielsweise Grabenkollektoren, Künnettenkollektoren und Erdwärmekörbe. In diesen sind die Kosten sowie der Platzbedarf geringer. Diese sind aber für Radiatorsysteme mit einer Vorlauftemperatur $> 50^{\circ}\text{C}$ ungeeignet.



— Gemeindegrenzen

Potenzial Erdwärmekollektoren - Deckung am Gebäudewärmebedarf

0.0 - 20%

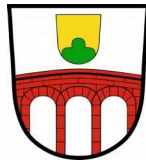
20 - 70%

70 - 100%

100 - 200%

größer als 200%

Das technisch umsetzbare Potenzial ergibt sich hierbei auch aufgrund des Wärmebedarfs, der durch Kollektoren entweder vollständig oder anteilmäßig zu mindestens 70% (bei Vorhandensein Einzelraumversorgung) bereitgestellt werden kann. In der Gemeinde Arnbruck kann bei 300 Gebäude der Wärmebedarf mindestens zu 70% mittels Kollektoren gedeckt werden. Hiermit ergibt sich ein maximales Potenzial von 8,90 GWh.



3.5 Grundwasser

Das Wärmepotenzial des Grundwassers wird durch die Entnahme von Wasser über einen Förderbrunnen erschlossen, dem Grundwasserleiter entzogen und dem Wärmetauscher einer Wärmepumpe zugeführt. Nach der thermischen Nutzung, bei der die Wassertemperatur abgesenkt wird, erfolgt die Rückführung des abgekühlten Wassers über einen Injektionsbrunnen in den Grundwasserleiter. Die Abschätzung des förderbaren Volumenstroms aus einem Grundwasserbrunnen ist für die quantitative Bewertung der Ressource von entscheidender Bedeutung. Sie hängt von natürlichen Parametern wie der Mächtigkeit des grundwasserführenden Bereichs, dem Flurabstand, der hydraulischen Durchlässigkeit sowie Fließgeschwindigkeit, Fließrichtung und dem hydraulischen Gradienten des Grundwassers ab. Ebenso spielen brunnentechnische Rahmenbedingungen eine wesentliche Rolle.

In der Gemeinde Arnbruck kann kein Potenzial für Grundwasserwärmepumpen ausgewiesen werden.

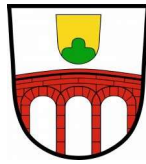
3.6 Oberflächenwasser

Dank der etwa vierfach höheren Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu Luft erwärmt sich Wasser bei Sonneneinstrahlung deutlich langsamer. Gleichzeitig kann es bei sinkenden Außentemperaturen Wärme über einen längeren Zeitraum speichern. Diese gespeicherte Energie lässt sich theoretisch durch den Einsatz eines Wärmetauschers dem Wasser entziehen und mit Hilfe einer Wärmepumpe für die Wärmeversorgung nutzbar machen. Die potenziell verfügbare Wärmemenge aus Oberflächengewässern hängt dabei maßgeblich vom Temperaturverlauf des Gewässers, der zur Verfügung stehenden Wassermenge sowie von der Temperaturpreizung bei der Entnahme ab.

Bei der Nutzung von Oberflächengewässern zur Wärmeherzeugung wird das Wasser durch die Entnahme von Wärme abgekühlt. Derzeit existieren keine spezifischen rechtlichen Vorgaben für die Einleitung von Wasser, dessen Temperatur unterhalb der ursprünglichen Gewassertemperatur liegt. Als Orientierung dient jedoch eine maximal zulässige Temperaturänderung des Gewässers von etwa 1,5 bis 3,0 °C. Die Energiemenge, die einem Oberflächengewässer entzogen werden darf, ist somit technisch und ökologisch begrenzt. Aus Gründen des Frostschutzes sollte zudem die Rücklauftemperatur des Wärmetauschers nicht unter 1,5 °C absinken.

Für die thermische Nutzung von Oberflächengewässern gilt eine Mindesttemperatur von 5 °C als Richtwert, da dies die untere Grenze für eine wirtschaftliche Energieentnahme darstellt. Unterhalb dieses Wertes ist eine Wärmeentnahme nur eingeschränkt oder gar nicht möglich, da die Gefahr einer Vereisung des Wärmetauschers besteht.

Im Gemeindegebiet von Arnbruck ist kein Oberflächenwasser zur großflächigen Wärmeentnahme vorhanden. In Einzelfällen kann die Entnahme, auch bei kleineren Fließgewässern, separat untersucht werden.



3.7 Biomasse und Biogas

Biomasse ist derzeit der einzige erneuerbare Energieträger, der kurzfristig breit verfügbar ist und hohe Temperaturen erzeugen kann. Zudem lässt es sich transportieren und lagern, was eine flexible und überregionale Nutzung ermöglicht. Für die Wärmeerzeugung sollten jedoch aus Naturschutzgründen, zur Ressourcenschonung und angesichts der Bedeutung der stofflichen Holzverwertung bevorzugt nur Waldrestholz aus nachhaltiger Forstwirtschaft sowie holzartige Abfälle aus Haushalten, Gewerbe und Landschaftspflege eingesetzt werden.

Die Schätzung des Potenzials zur Biomassenutzung basiert auf Daten der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF).

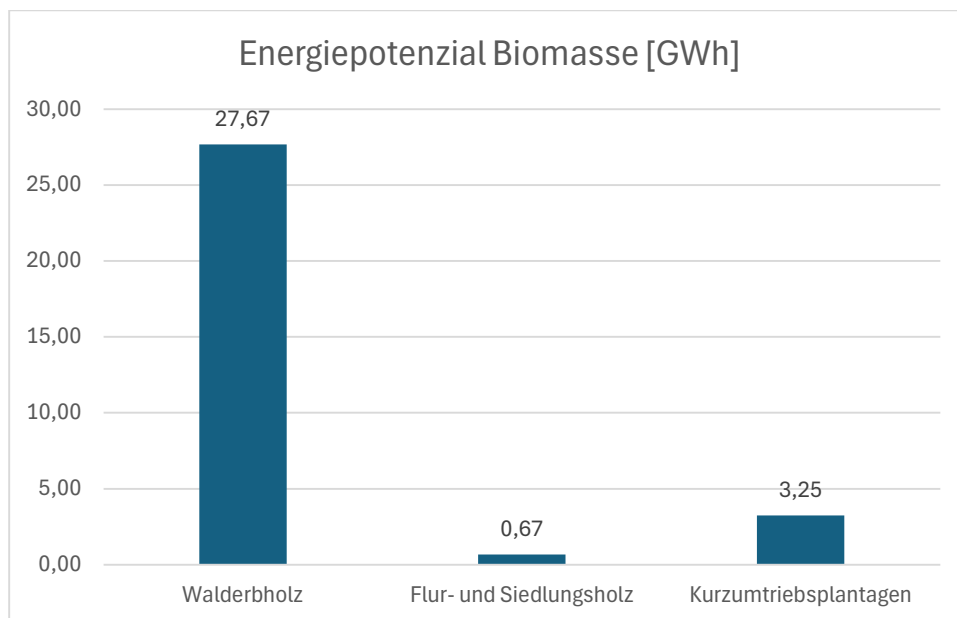
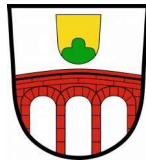


Abbildung 18: Energiepotenzial Biomasse

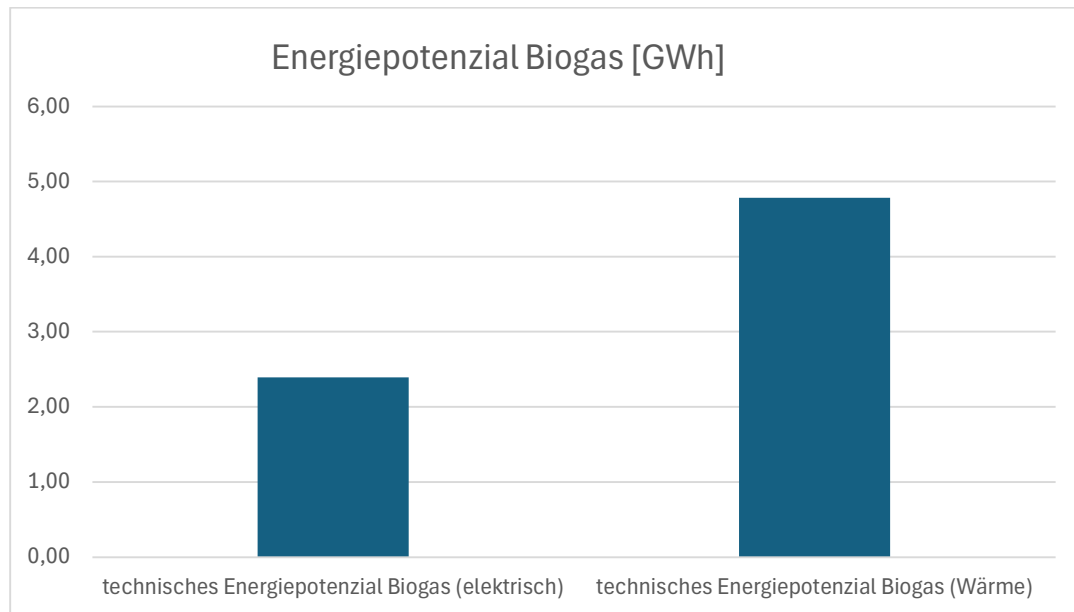
Die Energiepotenziale aus Waldderbholz geben die jährlich verfügbare Energiemenge des Holzes oberhalb der Derbholzgrenze (Durchmesser >7 cm) an. Die Berechnung dieser Energiemenge erfolgt anhand des durchschnittlichen Holzvorrats pro Hektar Gemeindefläche. Dabei werden sowohl der Waldumbau als auch die Zusammensetzung des Baumbestands nach Masse und Art überschlägig berücksichtigt.

Das Energiepotenzial aus Flur- und Siedlungsholz wird ebenfalls als Mittelwert pro Hektar berechnet und umfasst Gehölze, Hecken und Bäume im Offenland. Das Potenzial zur Nutzung von Ackerflächen für Kurzumtriebsplantagen (KUP) wurde in einer Studie der LWF auf geeigneten Flächen mit niedriger Bodenwertzahl und guter Wasserversorgung ermittelt.

Alle Werte stellen theoretisch jährlich verfügbare Energiepotenziale dar. Abzüglich der bereits genutzten Energiemengen aus Biomasse von 6,00 GWh verbleibt ein Potenzial von 25,59 GWh für Biomasse.

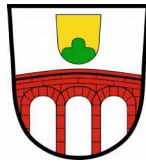


Das technische Energiepotenzial von Biogas wurde gemeindescharf von der bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) sowie dem Fraunhofer Institut ermittelt. Auf Grundlage, der aus den verfügbaren zur Flächennutzung und zur Tierhaltung ermittelten Massenpotenziale, lässt sich schlussfolgern, dass die Produktion im IST-Stand um fast 80 % gesteigert werden kann. Hierbei ist keine Ausdehnung des derzeitigen Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen notwendig. Zur Steigerung tragen im Wesentlichen Wirtschaftsdünger und Nebenprodukte mit derzeit ungenutztem Potenzial bei.



In der Gemeinde Arnbruck besteht ein technisches Wärmeenergiepotenzial von 4,78 GWh. Dieses ergibt sich aus pflanzlichen Haupt- und Nebenprodukten, organischen Abfällen sowie Gülle und Festmist.

Aus technischer Sicht ist für die Nutzung des Biogaspotenzials eine Leitungsinfrastruktur für gasförmige Energieträger erforderlich. Alternativ wäre auch eine Aufbereitung zu Flüssiggas denkbar. Aufgrund der derzeitigen Marktentwicklung ist jedoch davon auszugehen, dass Flüssiggas wegen der langen Erzeugungskette im Vergleich zu anderen Energieträgern kostenintensiver ist.



3.8 Industrielle Abwärme

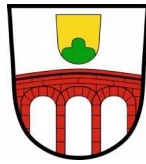
Laut Abwärmekataster sowie nach Rücksprache mit der Gemeinde liegt derzeit kein industriell nutzbares Abwärmepotenzial vor.

3.9 Abwärme aus Abwasser

Um einen Wärmeübertrager in die Abwasserleitung einzubauen, ist ausreichender Platz erforderlich, und der Wärmeübertrager muss für Reinigungsarbeiten zugänglich sein. Daher wurde als Mindestkriterium eine Nennweite von DN800 sowie ein Mindestabfluss von 15 Liter pro Sekunde festgelegt.

Da eine dauerhafte Abkühlung des Klärwassers negative Auswirkungen auf die Nitrifikationsleistung der Kläranlage und somit einem erhöhten Stickstoffgehalt im Ablauf zur Folge hat, kann die Temperatur des Abwassers nicht unbegrenzt reduziert werden. Die tatsächlich mögliche Temperaturabsenkung muss anhand der Dimensionierung der Kläranlage überprüft werden. Eine dauerhafte Temperaturabsenkung von 0,5 Kelvin gilt allerdings als unproblematisch. In großzügig dimensionierten Kläranlagen kann sogar eine Temperaturabsenkung bis zu 4 Kelvin erreicht werden, ohne die Funktionsweise der Kläranlage zu beeinträchtigen.

Im Gemeindegebiet Arnbruck sind keine ausreichend dimensionierte Leitungen vorhanden. Somit kann in der Gemeinde Arnbruck kein Potenzial für Abwasserwärme ausgewiesen werden.



3.10 Potenzialanalyse energetische Gebäudesanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands ist ein zentrales Element zur Erreichung der kommunalen Klimaziele. Das damit verbundene Potenzial ermöglicht nicht nur signifikante Einsparungen beim Energiebedarf, sondern auch eine Steigerung des Wohnkomforts sowie eine Aufwertung der Immobilien. Im Gemeindegebiet Arnbruck besteht Sanierungspotenzial bei älteren Gebäuden, insbesondere jenen, die vor der Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung errichtet wurden.

Für die Abschätzung des Einsparpotenzials im Raumwärmebedarf wird angenommen, dass der spezifische Wärmebedarf von Gebäuden, die bis 1982 errichtet wurden, auf 100 kWh/m² und von Gebäuden ab 1983 auf 50 kWh/m² reduziert werden kann. Diese konservative Annahme berücksichtigt, dass durch umfassendere Sanierungsmaßnahmen auch bei älteren Gebäuden noch niedrigere Werte erreichbar sind.

Somit könnten allein im Wohnsektor durch umfassende Sanierungsmaßnahmen etwa 21,04 GWh eingespart werden – dies entspricht rund 53 % des aktuellen Wärmebedarfs der Wohngebäude.

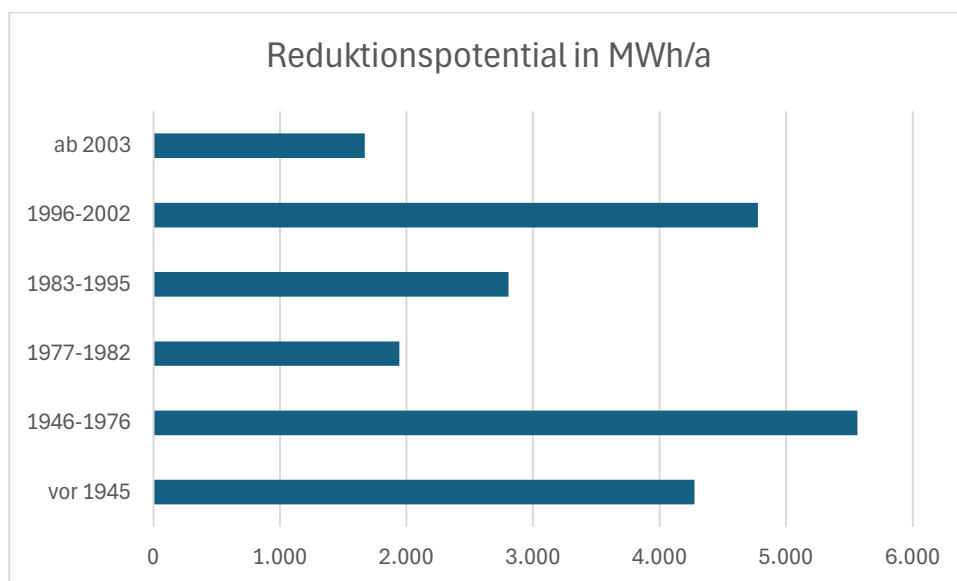
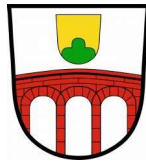


Abbildung 19: Reduktionspotenzial Sanierung



4. Eignungsprüfung

Die Analyse der Wärmebelegungsdichte für das gesamte Gemeindegebiet zeigt, dass der Wärmebedarf hauptsächlich in den Siedlungsgebieten, sowie dem Gewerbegebiet Arnbrucks, liegt. In den außerhalb gelegener, überwiegend locker bebauter Bereiche besteht hingegen keine ausreichenden Potenziale für eine wirtschaftliche Versorgung durch eine Netzstruktur.

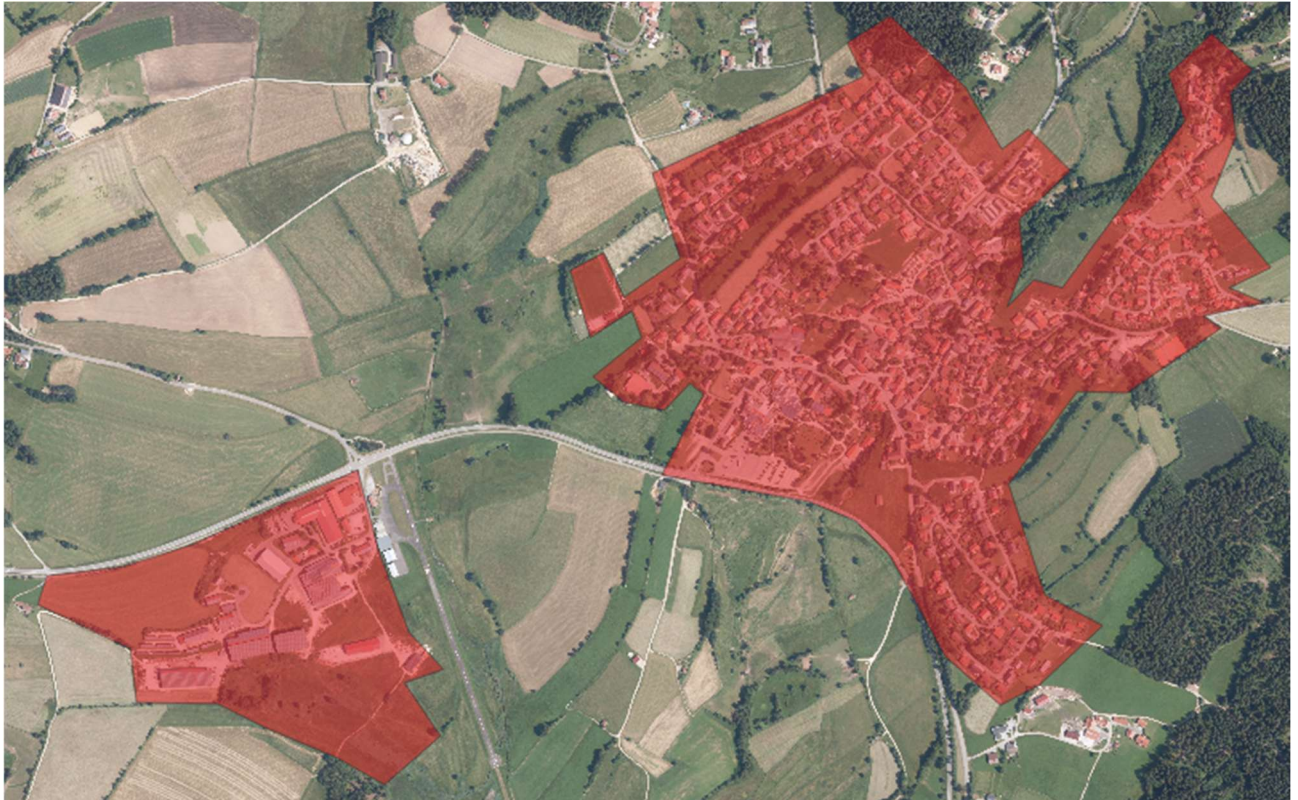


Abbildung 20: Eignungsgebiet Wärmeplanung Arnbruck

Die außerhalb des definierten Eignungsgebiets liegenden Bereiche werden im Wärmeplan als potenzielle Gebiete für eine dezentrale Wärmeversorgung ausgewiesen. Diese Klassifizierung impliziert, dass seitens der Gemeinde keine Planung für die Errichtung eines zentralen Wärmenetzes oder eines Wasserstoffnetzes vorgesehen ist. Es besteht jedoch weiterhin die Möglichkeit, dass private Akteure eigenständig Wärme- oder Wasserstoffnetze entwickeln und betreiben.

4.1 Eignungsgebiet für Wärmenetze

Die Identifikation von Eignungsgebieten für Wärmenetze bildet einen zentralen Baustein der kommunalen Wärmeplanung und dient als Grundlage für weiterführende Planungen sowie Investitionsentscheidungen. Für eine fundierte Entscheidungsbasis zur endgültigen Festlegung von Wärmenetzversorgungsgebieten sind jedoch ergänzende Untersuchungen, etwa in Form von Machbarkeitsstudien, erforderlich. Für die Bewertung der Eignung von Wärmenetzen kommen insbesondere folgende Kriterien zum Tragen:

- Wärmedichte
- Vorhandene Ankergebäude (Gebäude mit sehr hohem Wärmebedarf)
- Bebauungsstruktur und dichte, Denkmalschutz
- Bestehende Wärmenetze oder entsprechende Planungen

Auf Basis der vorliegenden Daten kann die Eignung von Wärmenetzgebieten wie folgt beurteilt werden:

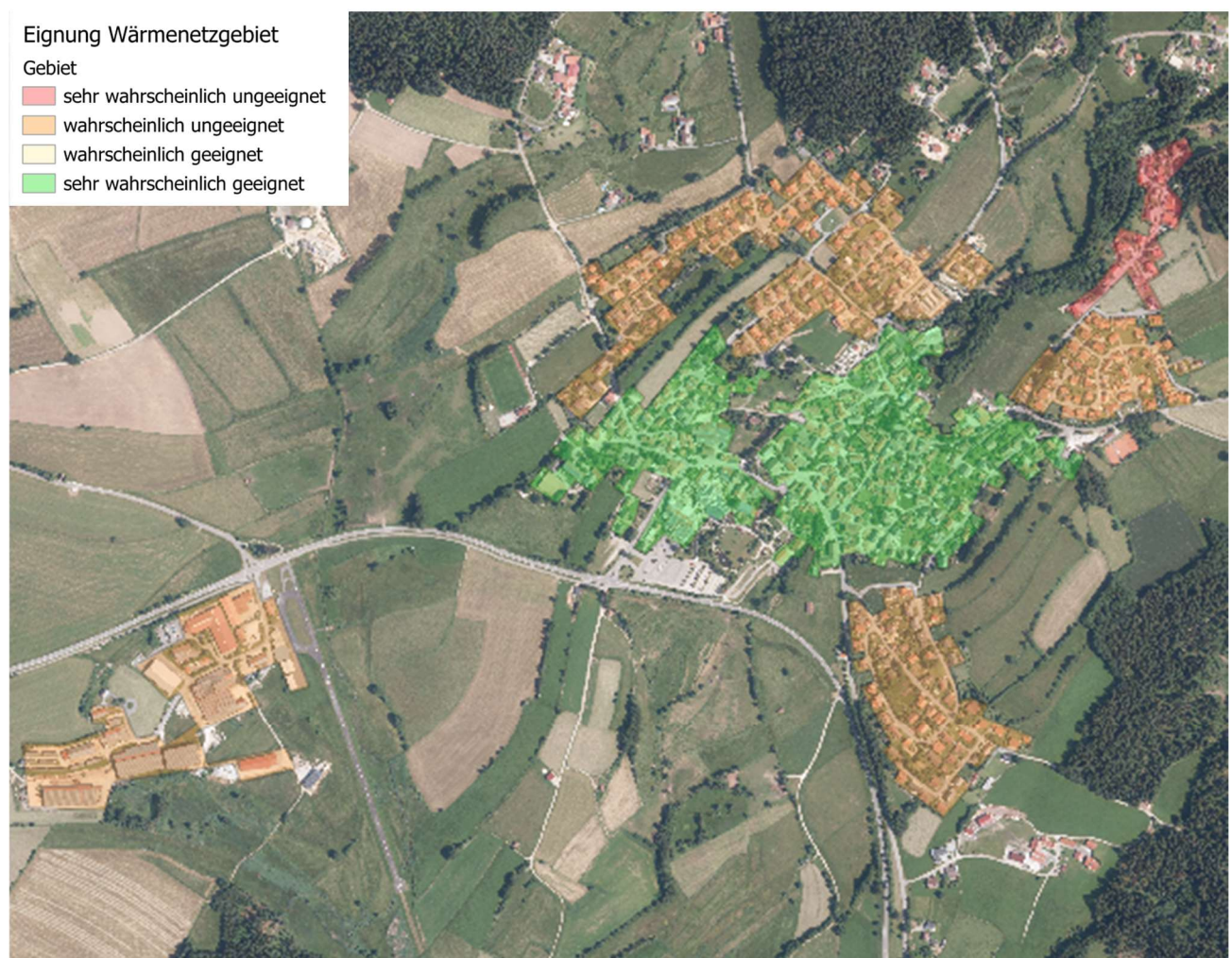
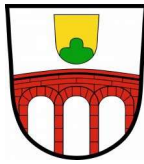


Abbildung 21: Eignung Wärmenetzgebiet



4.2 Eignungsgebiete für Wasserstoffnetze

Technisch wäre die Nutzung eines bestehenden Gasnetzes für den Transport von Biomethan, synthetischem Methan oder Wasserstoff grundsätzlich möglich. Da in der Gemeinde Arnbruck derzeit aber kein bestehendes Gasnetz vorhanden ist, scheint eine Eignung für ein Wasserstoffnetz im gesamten Gemeindegebiet sehr unwahrscheinlich.



Abbildung 22: Eignung Wasserstoffnetzgebiet

4.3 Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung

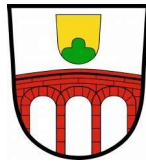
In Gebieten, in denen eine leitungsgebundene Wärmeversorgung aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten unwirtschaftlich erscheint, bieten dezentrale Wärmeversorgungslösungen in der Regel eine attraktive Alternative. Dies liegt vor allem daran, dass in diesen Gebieten meist nur eine geringe Wärmebedarfsdichte vorherrscht, die lokal beispielsweise durch Wärmepumpen oder Biomasse gedeckt werden kann.

Für die Bewertung der Eignung für dezentrale Wärmeversorgung wurden im Wesentlichen folgende Kriterien herangezogen:

- Wärmedichte
- Vorhandene Ankergebäude (Gebäude mit sehr hohem Wärmebedarf bzw. Prozesswärme)
- Bebauungsstruktur sowie die Dichte denkmalgeschützter Objekte
- Eignung für die Nutzung von Wärmenetzen und/oder Wasserstoff



Abbildung 23: Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung



5. Zielszenarien

5.1 Voraussetzungen und Annahmen

Gemäß dem Wärmeplanungsgesetz in Verbindung mit dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) sollen die Treibhausgasemissionen so weit gemindert werden, dass eine Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 erreicht wird. Das Bayerische Klimaschutzgesetz (BayklimaG) fordert sogar eine Klimaneutralität bis 2040. Öffentlichkeitswirksam ist die bayerische Staatsregierung mittlerweile von diesem Ziel abgerückt. Somit gilt, dass in Arnbruck im Jahr 2045 keine Treibhausgas-Emissionen im Wärmesektor mehr verursacht werden dürfen. Die in dieser Wärmeplanung beschriebenen Zielszenarien unterliegen folgenden Annahmen:

5.2 Bevölkerungsentwicklung

Für die Gemeinde Arnbruck liegen keine spezifischen Bevölkerungsprognosen bis 2045 vor. Allerdings hat das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) eine Bevölkerungsprognose für alle Kreise und kreisfreien Städte in Deutschland veröffentlicht. Laut der BBSR-Prognose wird für den Landkreis Regen bis 2045 ein Bevölkerungsrückgang von etwa 2,5 % erwartet. Dies deutet darauf hin, dass auch Arnbruck von einem Bevölkerungsrückgang betroffen sein könnte.

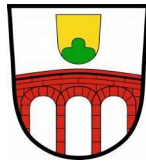
5.3 Verbrauchsentwicklung

5.3.1 Raumwärme und Warmwasser

Die energetische Sanierungsrate in Deutschland liegt aktuell bei etwa 1 % und ist in den Jahren 2023 und 2024 auf rund 0,7 % gesunken. Dabei basiert diese Einschätzung auf einer begrenzten Datengrundlage, da präzise Erhebungen fehlen.

Experten schätzen, dass eine Sanierungsrate von 2–4 % erforderlich wäre, um die Klimaziele des Pariser Abkommens zu erreichen.

Die Sanierungsrate beschreibt den Anteil der Gebäude, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums energetisch saniert wurden. Zu den Maßnahmen einer energetischen Sanierung zählen unter anderem die Dämmung des Dachs und der Fassade sowie der Austausch von Fenstern und Außentüren.



Für die Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Arnbruck bis 2045 wurden für Wohngebäude Annahmen in Abhängigkeit des Baualters der Gebäude getroffen:

Tabelle 2: Sanierungsrate nach Baualtersklasse

Baualterklasse	Jährliche Sanierungsrate	Zielwert spez. Energieverbrauch [kWh/m ²]
Vor 1945	2,0 %	100
1946-1976	3,0 %	100
1977-1982	2,5 %	100
1983-1995	1,5 %	50
1996-2002	1,0 %	50
Ab 2003	0,0 %	/

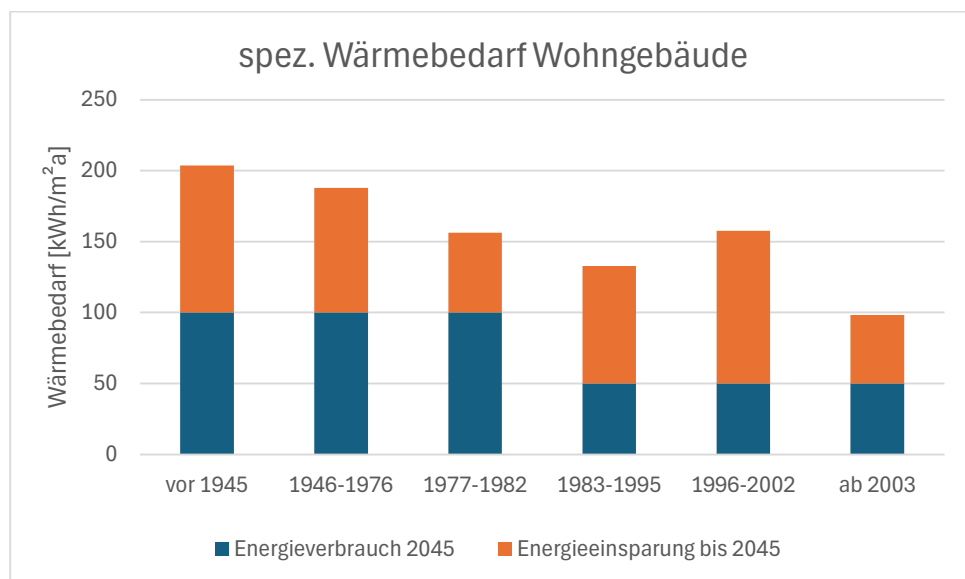


Abbildung 24: Spezifischer Wärmebedarf Wohngebäude Arnbruck

Für öffentliche Gebäude wird eine Sanierungsrate von 1% und ein energetischer Zielwert von 70 kWh/m² angenommen. Der Raumwärmebedarf von Gewerbe und Industrie ist stark von der Nutzung der Gebäude abhängig. Es wurde hier pauschal eine jährliche Einsparung von 1% angenommen.

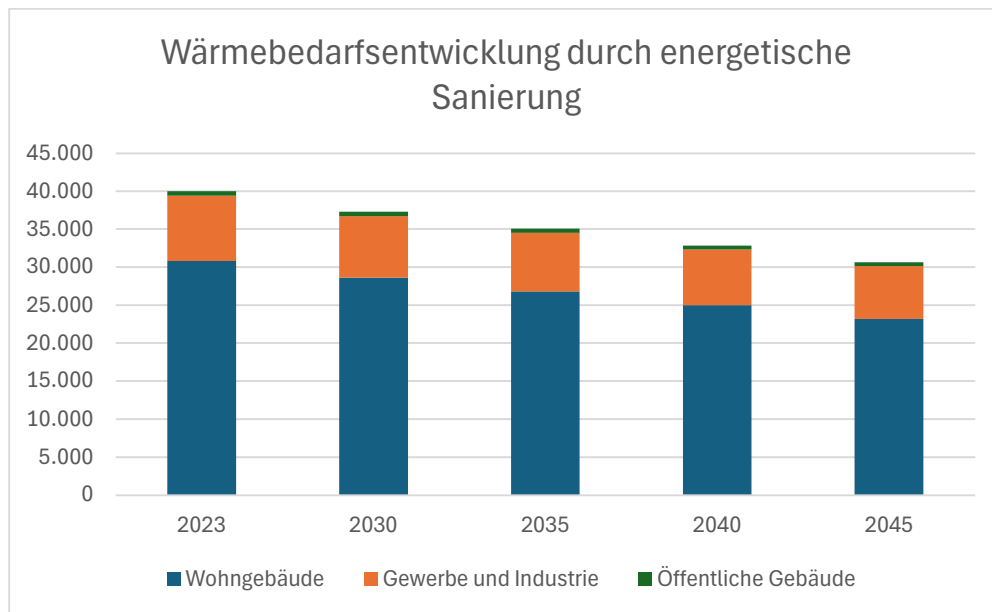
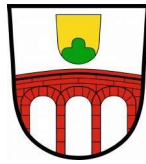


Abbildung 25: Entwicklung Wärmebedarf durch energetische Sanierung

Mit den getroffenen Annahmen kann eine Wärmebedarfsreduzierung gegenüber dem Jahr 2023 von 23,42 % erreicht werden. Dieser Wert ist zwar in Hinblick auf die notwendige Einsparung gemäß Klimaschutzgesetz wenig ambitioniert, erscheint aber aufgrund der Erfahrungswerte der Vergangenheit realistisch.

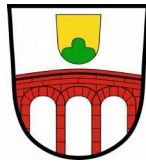
5.4 Zielszenario 2045 – Entstehung eines Wärmenetzes

5.4.1 Grundlagen

Das Zielszenario beschreibt den Endzustand einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Basierend auf den angenommenen Verbrauchsreduktionen wurde für Arnbruck ein Versorgungsszenario 2045 entwickelt, bei dem die Wärmeversorgung gänzlich ohne den Einsatz von fossilen Energieträgern erfolgt.

Es ergaben sich folgende Leitplanken der Szenarienerstellung:

- Biomasse soll maximal in Höhe des lokal verfügbaren Potenzials genutzt werden.
- Für dezentrale Wärmeversorgung sollten für Gebäude mit tendenziell niedrigeren Wärmebedarf Luft-Wasser-Wärmepumpen vorgesehen werden.
- Gebäude mit höherem Wärmebedarf sollten mit Sole-Wasser-Wärmepumpen oder Biomasse versorgt werden.
- Ca. 15% des Wärmebedarfs von Luft-Wasser-Wärmepumpen sollte durch Solarthermie gestützt werden.
- Errichtung eines Wärmenetzes für das Siedlungsgebiet mit hohem Anschlussgrad
 - Versorgung des Wärmenetzes durch Hackschnitzel



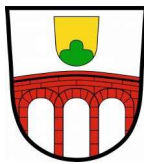
Das Zielszenario 2045 beschreibt auf Grundlage definierter Annahmen und technischer Leitplanken einen möglichen Entwicklungspfad hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung in der Gemeinde Arnbruck. Es handelt sich nicht um eine verbindliche Planung, sondern um ein technisch plausibles Szenario, das aufzeigt, wie sich der Energiemix und die Wärmeinfrastruktur langfristig entwickeln könnten – insbesondere unter der Annahme des Aufbaus eines leitungsgebundenen Wärmenetzes.

Im Mittelpunkt steht die mögliche Errichtung eines zentralen Wärmenetzes, das große Teile des Siedlungsgebiets mit Wärme aus regional erzeugten Hackschnitzeln und Biogas versorgen könnte. Ergänzend dazu bleibt die dezentrale Wärmeversorgung ein wesentlicher Bestandteil des zukünftigen Energiesystems. Hierzu zählen sowohl Wärmepumpen als auch Biomasseheizungen, die flexibel an unterschiedliche Gebäudetypen und Temperaturniveaus angepasst werden können. Biomasse steht in Arnbruck in ausreichendem Maße zur Verfügung und stellt eine zentrale regionale Ressource dar. Ihr Einsatz ist insbesondere dort sinnvoll, wo höhere Vorlauftemperaturen erforderlich sind oder eine leitungsgebundene Versorgung nicht vorgesehen ist.

Die Verwendung von Holz als Energieträger sollte jedoch im Hinblick auf seine stoffliche Qualität und begrenzte Verfügbarkeit gezielt und effizient erfolgen. Der Einsatz in zentralen Wärmenetzen oder in Gebäuden mit höherem Leistungsbedarf kann dabei energetisch vorteilhaft sein. Gleichzeitig ermöglicht die Kombination aus Biomasse, Wärmepumpentechnik und Solarthermie eine an die örtlichen Gegebenheiten angepasste, diversifizierte Versorgungsstruktur.

Der Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung wäre stufenweise zu gestalten. Mit der potenziellen Einführung eines Wärmenetzes in den 2030er-Jahren könnte Arnbruck bereits kurzfristig erhebliche CO₂-Einsparungen erzielen – die Modellrechnung zeigt eine Reduktion um rund 40 % bis 2030. Dies resultiert aus der Substitution fossiler Energieträger durch regionale Biomasse und Umweltwärme. Langfristig würde sich der Energiemix weiter in Richtung vollständiger Dekarbonisierung entwickeln, wobei Biomasse, Wärmepumpen und Solarthermie gemeinsam den Wärmebedarf decken könnten.

Das Szenario verdeutlicht, wie Arnbruck unter Nutzung lokaler Potenziale, einem abgestimmten Ausbau zentraler und dezentraler Systeme sowie einer nachhaltigen Nutzung von Biomasse einen realistischen und langfristig tragfähigen Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung einschlagen könnte.



5.4.2 Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern

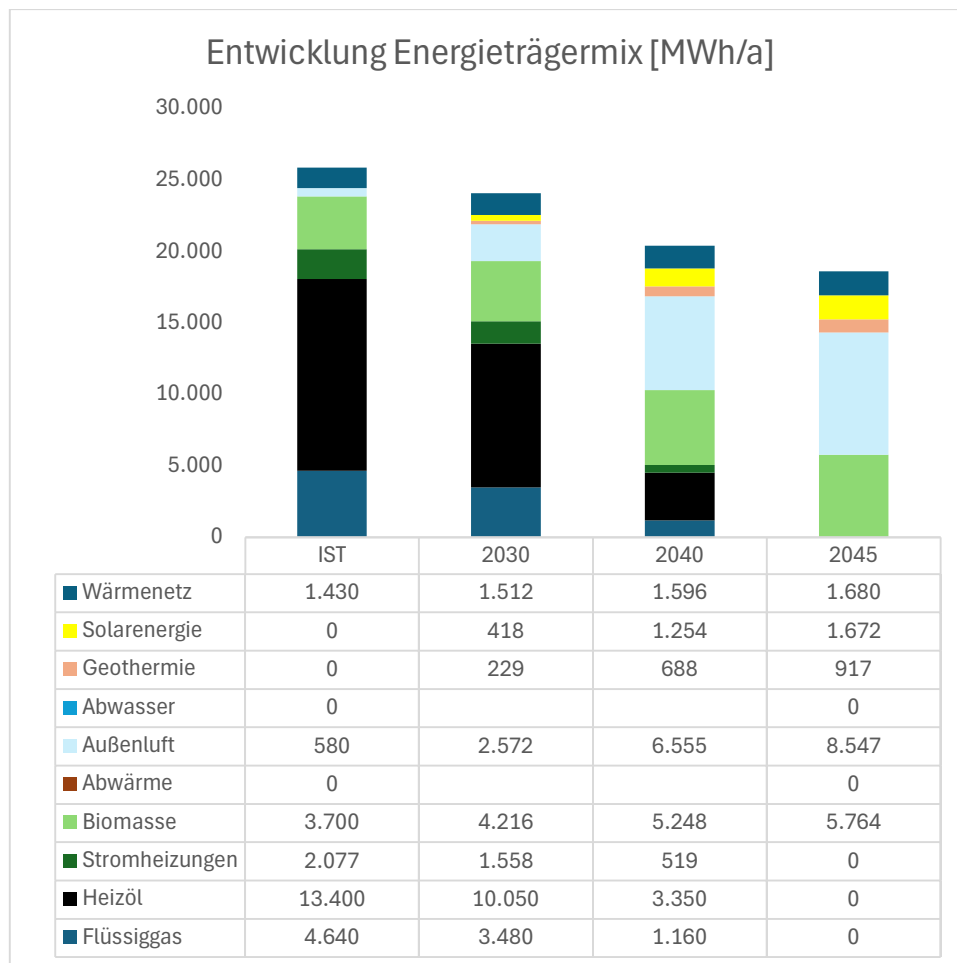
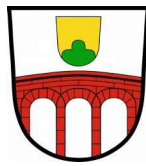


Abbildung 26: Entwicklung Energieträger Raumwärme – Szenario Wärmenetz



5.4.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Die geplanten Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger – insbesondere der schrittweise Rückgang von Flüssiggas und Heizöl zugunsten von Biomasse und Strom – werden zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen führen.

Aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung der Wärmeversorgung hängen die künftigen Emissionen stark von der Entwicklung des bundesweiten Strommixes ab. Es wird angenommen, dass der spezifische CO₂-Ausstoß im Stromsektor wie geplant bis 2045 deutlich sinkt. Die Berechnungen basieren auf den Vorgaben des Technikkatalogs

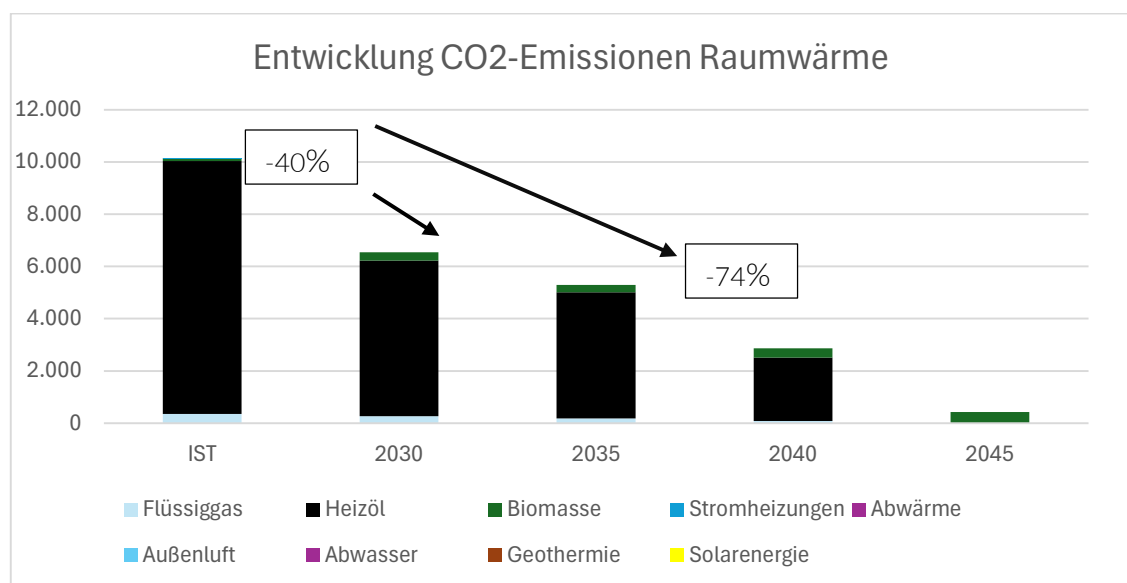
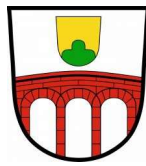


Abbildung 27: Entwicklung CO₂-Emissionen – Szenario Wärmenetz

Bis 2030 ist eine CO₂-Einsparung von rund 40 % erforderlich, bis 2040 sollten 74% erreicht werden.



5.4.4 Räumliche Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur

Die räumliche Darstellung der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur zeigt, dass in Gebieten mit vorwiegender Einfamilienhausbebauung künftig die Nutzung von Biomasse und Umweltwärme mit Wärmepumpen dominieren wird. Im zentralen Siedlungsgebiet sowie eventuell im Gewerbegebiet ist in diesem Szenario ein Wärmenetz vorhanden.

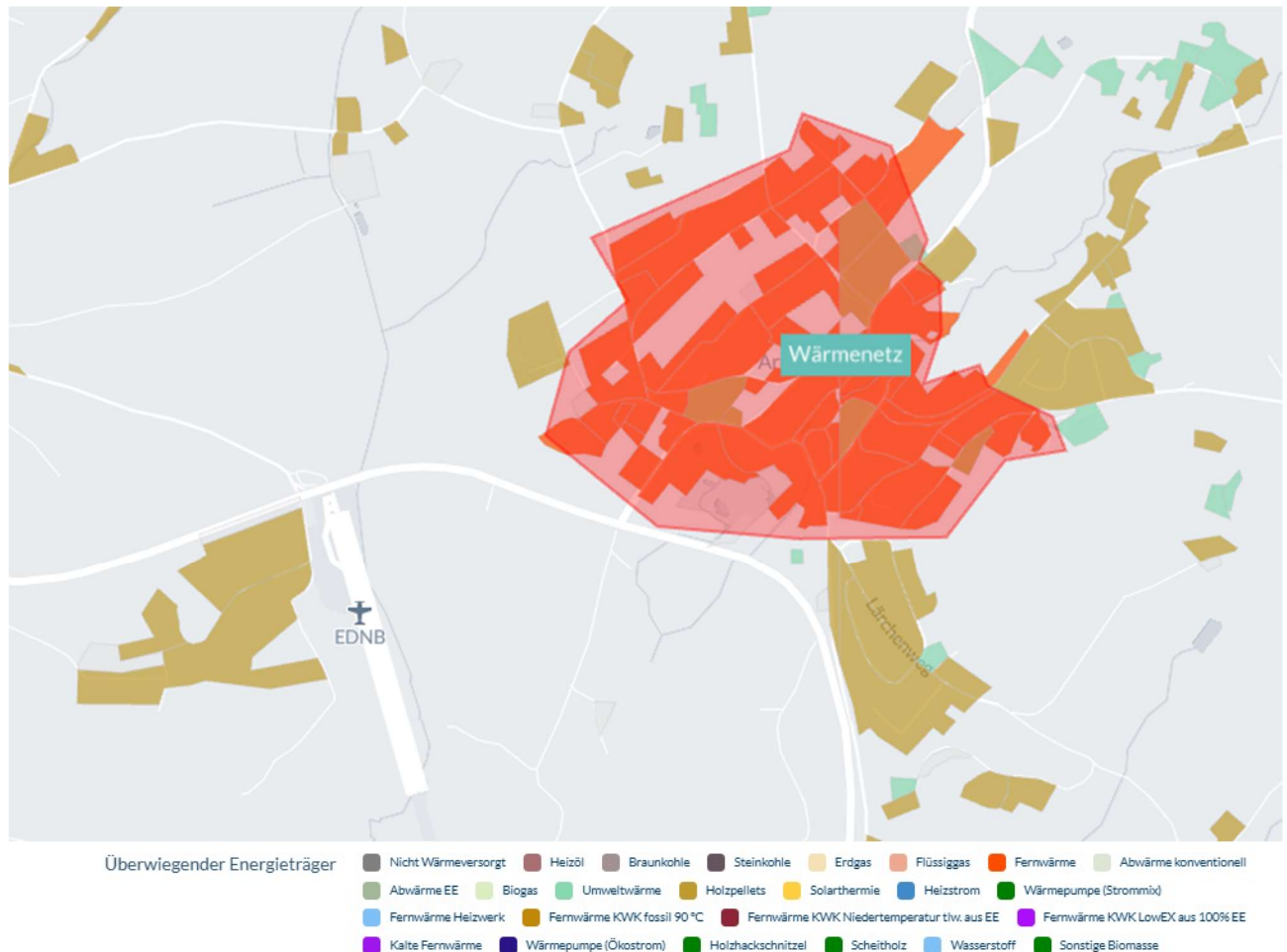
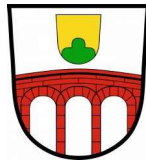


Abbildung 28: Räumliche Darstellung überwiegender Energieträger – Szenario Wärmenetz



5.4.5 Räumliche Darstellung der notwendigen Energieeinsparung

Zur Erreichung der konservativen Annahmen des Zielszenarios ist eine zumindest teilweise energetische Sanierung des überwiegenden Gebäudebestands erforderlich – etwa durch Dachdämmung oder Fensteraustausch. Eine flächendeckende, vollständige Sanierung wäre aus energetischer Sicht wünschenswert.

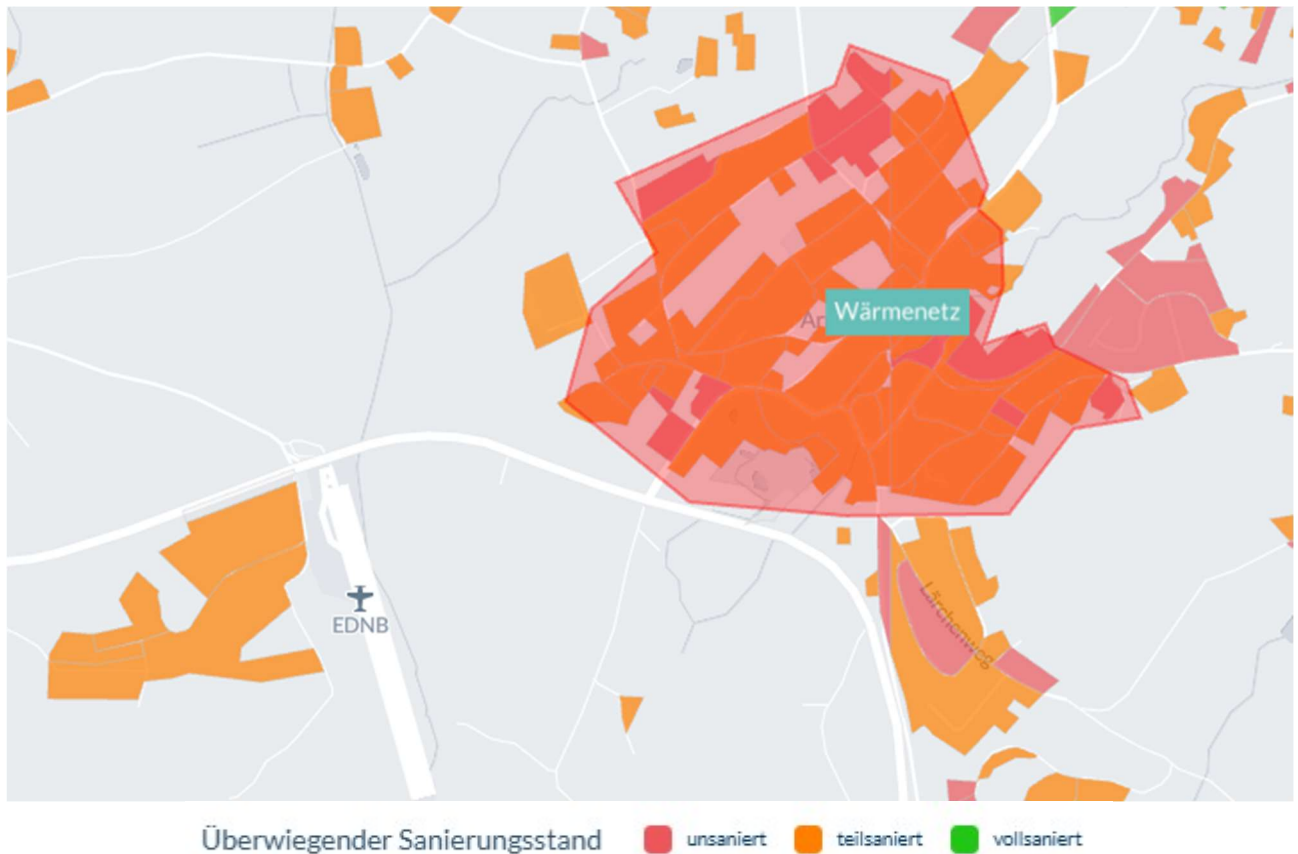
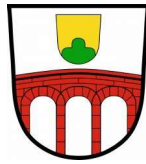


Abbildung 29: Räumliche Darstellung benötigte Energieeinsparung – Szenario Wärmenetz



5.5 Zielszenario 2045 – dezentrale Wärmeversorgung

5.5.1 Grundlagen

Das Zielszenario beschreibt den Endzustand einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Basierend auf den angenommenen Verbrauchsreduktionen wurde für Arnbruck ein Versorgungsszenario 2045 entwickelt, bei dem die Wärmeversorgung gänzlich ohne den Einsatz von fossilen Energieträgern erfolgt.

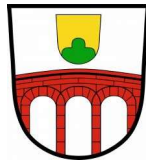
Es ergaben sich folgende Leitplanken der Szenarienerstellung:

- Biomasse soll maximal in Höhe des lokal verfügbaren Potenzials genutzt werden.
- Für dezentrale Wärmeversorgung sollten für Gebäude mit tendenziell niedrigeren Wärmebedarf Luft-Wasser-Wärmepumpen vorgesehen werden.
- Gebäude mit höherem Wärmebedarf sollten mit Sole-Wasser-Wärmepumpen, Wasser-Wasser-Wärmepumpen oder Biomasse versorgt werden.
- Ca. 15% des Wärmebedarfs von Luft-Wasser-Wärmepumpen sollte durch Solarthermie gestützt werden.

Das Zielszenario 2045 ohne Wärmenetz beschreibt eine vollständig dezentrale, klimaneutrale Wärmeversorgung und stellt einen möglichen Entwicklungspfad dar, wie Arnbruck ohne zentrale Infrastruktur die Klimaneutralität erreichen könnte. Die Darstellung folgt den zuvor definierten Leitplanken und zeigt eine technisch plausible Entwicklung auf, ohne eine konkrete Umsetzung vorwegzunehmen.

Die Wärmeversorgung erfolgt im gesamten Gemeindegebiet gebäudeindividuell. Für Gebäude mit tendenziell niedrigerem Wärmebedarf wird überwiegend der Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen angenommen. Bei Gebäuden mit höherem Bedarf oder höheren erforderlichen Vorlauftemperaturen erscheinen Sole-Wasser-Wärmepumpen oder Biomassefeuerungen als geeignete Optionen. Wasser-Wasser-Wärmepumpen sind aufgrund fehlender hydrogeologischer Voraussetzungen nicht umsetzbar. Biomasse steht in Arnbruck in ausreichendem Umfang zur Verfügung und ist technisch grundsätzlich in allen Gebäudebereichen einsetzbar. Aus ökologischer Sicht sollte sie jedoch möglichst sparsam genutzt werden, um hochwertige Holzressourcen effizient einzusetzen und langfristig verfügbar zu halten. Ergänzend wird eine solare Unterstützung der Luft-Wasser-Wärmepumpen (ca. 15 % des Bedarfs) angenommen, um Effizienz und Stromverbrauch zu stabilisieren.

Im zeitlichen Verlauf reduziert sich der Einsatz fossiler Energien schrittweise, bis diese im Jahr 2045 vollständig ersetzt sind. Der Energiemix verschiebt sich klar hin zu strombasierten Wärmepumpensystemen, während Biomasse einen verlässlichen Anteil in Gebäuden mit höheren Temperaturanforderungen übernimmt. Die Umstellung erfolgt gleichmäßiger als in einem Szenario mit Wärmenetz, da sie primär durch individuelle Modernisierungszyklen und Sanierungsentscheidungen bestimmt wird.



Im Vergleich zu einem möglichen Wärmenetz fällt der CO₂-Rückgang weniger steil aus. Während ein zentral gespeistes Netz erhebliche Emissionsreduktionen bereits bis 2030 ermöglichen könnte, verläuft die Transformation im rein dezentralen Szenario gradueller. Dies zeigt sich sowohl in der Emissionsentwicklung als auch im Energiemix: Ohne zentrale Hackschnitzelversorgung steigt der Anteil der Wärmepumpen stärker an, und der Biomasseeinsatz verteilt sich auf viele Einzelanlagen statt auf einen zentralen Erzeuger. Das Szenario verdeutlicht, dass Arnbruck auch ohne Wärmenetz langfristig eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreichen kann. Voraussetzung hierfür sind eine kontinuierliche Erneuerung der Wärmeerzeuger, eine deutliche Ausweitung der Wärmepumpennutzung, ein umsichtiges Management der regional verfügbaren Biomassepotenziale sowie eine stufenweise Weiterentwicklung der elektrischen Infrastruktur. Damit bildet das Szenario einen möglichen Pfad ab, wie die Transformation unter dezentralen Rahmenbedingungen gestaltet werden könnte.

5.5.2 Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs nach Energieträgern

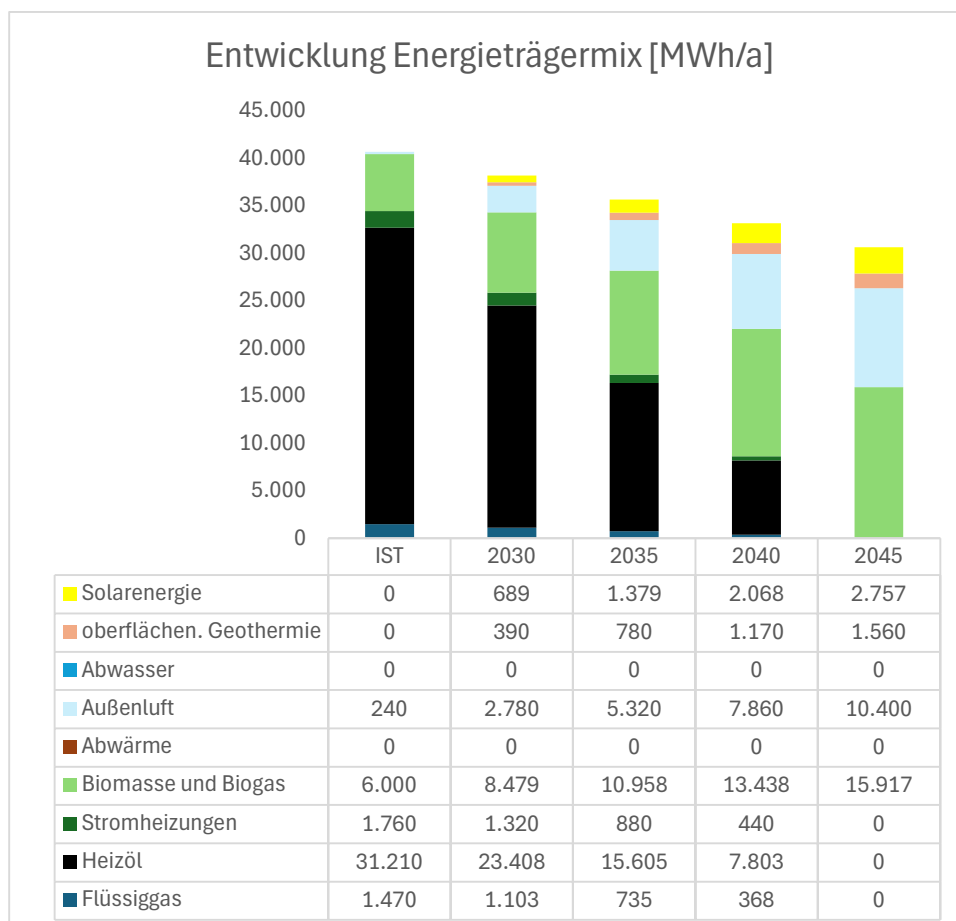
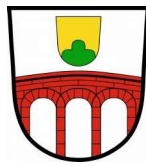


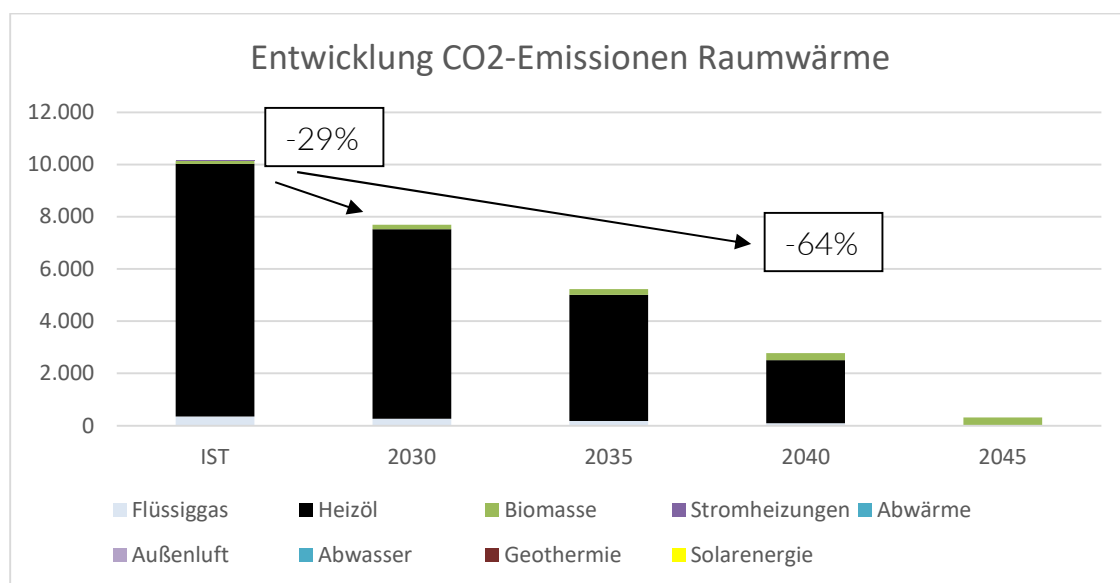
Abbildung 30: Entwicklung Energieträger Raumwärme – Szenario dezentral



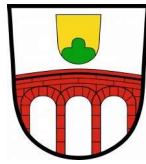
5.5.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Die geplanten Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger – insbesondere der schrittweise Rückgang von Flüssiggas und Heizöl zugunsten von Biomasse und Strom – werden zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen führen.

Aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung der Wärmeversorgung hängen die künftigen Emissionen stark von der Entwicklung des bundesweiten Strommixes ab. Es wird angenommen, dass der spezifische CO₂-Ausstoß im Stromsektor wie geplant bis 2045 deutlich sinkt. Die Berechnungen basieren auf den Vorgaben des Technikkatalogs



Bis 2030 ist eine CO₂-Einsparung von rund 29 % erwartbar, bis 2040 sollten mindestens 64% erreicht werden.



5.5.4 Räumliche Darstellung der zukünftigen Versorgungsstruktur

Die räumliche Darstellung der zukünftigen Wärmeversorgungsstruktur zeigt, dass in Gebieten mit vorwiegender Einfamilienhausbebauung sowie jüngeren Gebäudebestand künftig die Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen dominieren wird. Im restlichen Gemeindegebiet ist erwartbar, dass aufgrund der lokalen Verfügbarkeit, großflächig mithilfe Biomasse geheizt wird.

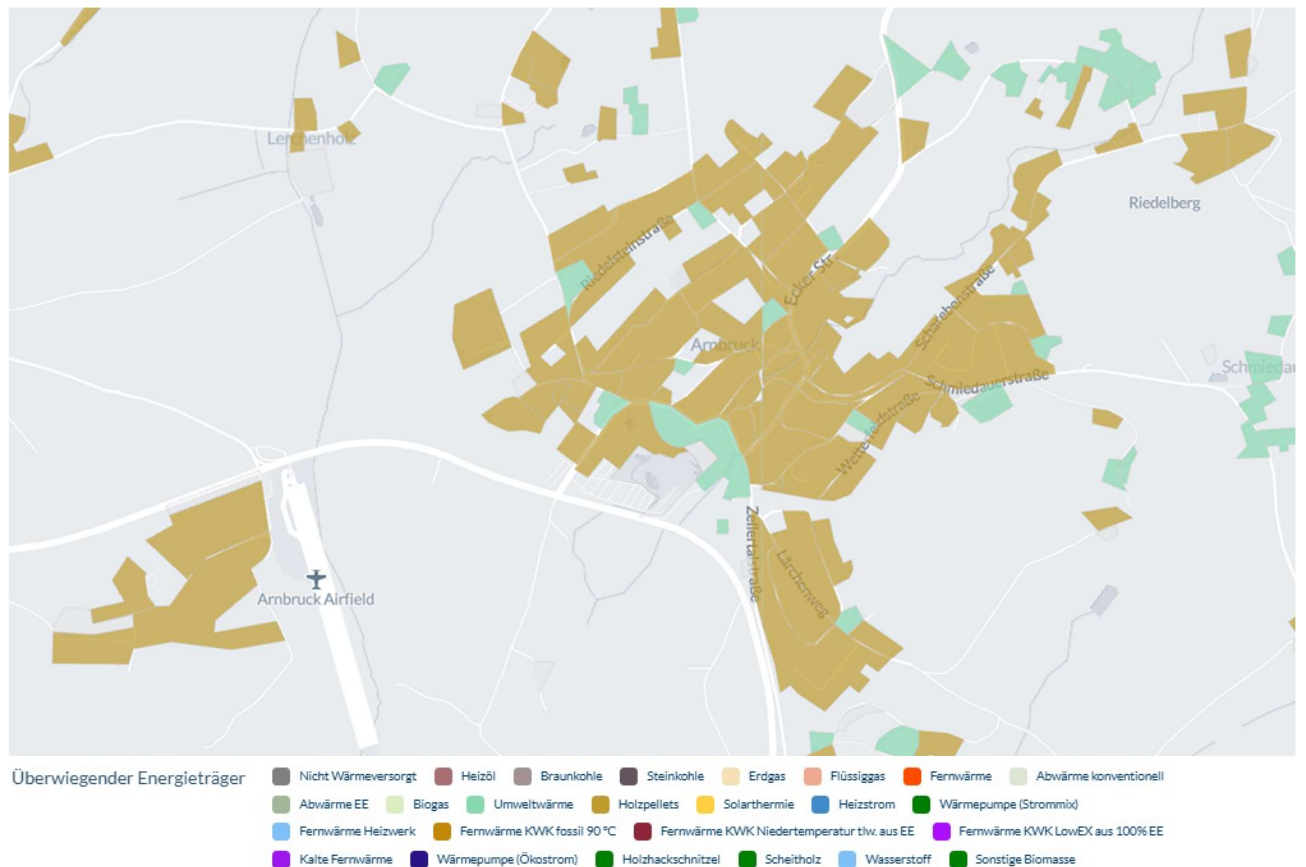
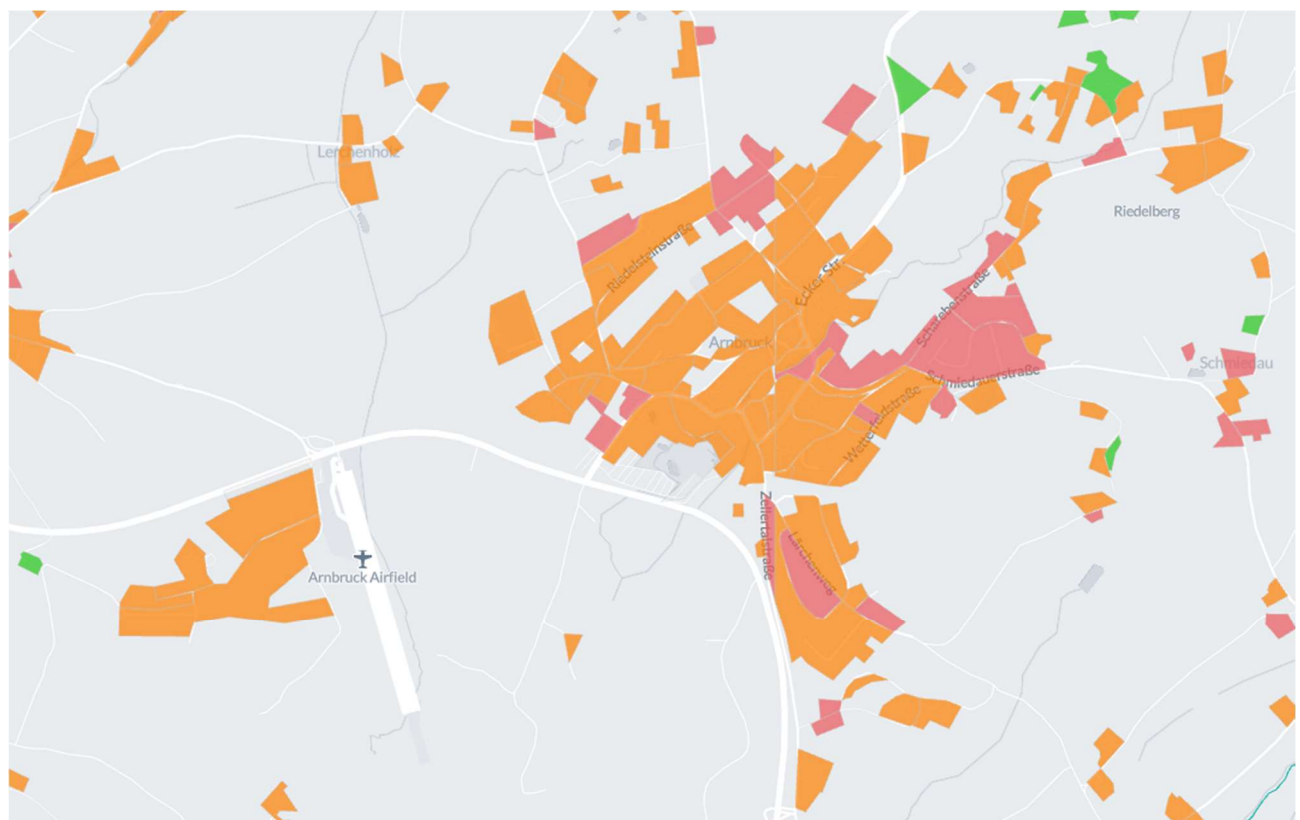


Abbildung 31: Räumliche Darstellung überwiegender Energieträger – Szenario dezentral

5.5.5 Räumliche Darstellung der notwendigen Energieeinsparung

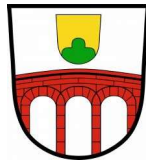
Zur Erreichung der konservativen Annahmen des Zielszenarios ist eine zumindest teilweise energetische Sanierung des überwiegenden Gebäudebestands erforderlich – etwa durch Dachdämmung oder Fensteraustausch. Eine flächendeckende, vollständige Sanierung wäre aus energetischer Sicht wünschenswert. Aufgrund der großen, lokalen Verfügbarkeit der Biomasse und der Möglichkeit, mit dieser auch hohe Vorlauftemperaturen zu erzielen, ist bei der Nutzung der Biomasse eine geringere Energieeinsparung notwendig als bei einer flächigen Umstellung auf Wärmepumpen notwendig.



Überwiegender Sanierungsstand

 unsaniert	 teilsaniert	 vollsanziert
---	---	---

Abbildung 32: Räumliche Darstellung benötigte Energieeinsparung – Szenario dezentral



5.6 Identifizierung von Fokusgebieten

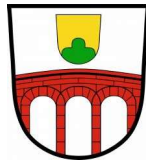
Für die weitere Planung sind zwei bis drei Fokusgebiete zu identifizieren, die kurz- bis mittelfristig prioritär im Hinblick auf eine klimafreundliche Wärmeversorgung behandelt werden sollen.

5.6.1 Zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck

Das zentrale Siedlungsgebiet Arnbruck weist aufgrund seiner kompakten Bebauungsstruktur und der vergleichsweise hohen Wärmebedarfs- und Wärmeliniedichte, grundsätzlich gute Voraussetzungen für die zukünftige Umsetzung eines leitungsgebundenen Wärmenetzes auf. Der Gesamtwärmebedarf des Gebietes wird auf etwa 11,57 GWh pro Jahr geschätzt. Innerhalb des betrachteten Bereichs befinden sich rund 188 potenzielle Anschlussgebäude, die über eine Leitungsinfrastruktur mit einer Länge von etwa 3.700 Metern versorgt werden könnten. Daraus ergibt sich eine Wärmebelegungsichte von rund 3.127 kWh pro Trassenmeter, was auf eine günstige Ausgangssituation für eine zentrale Wärmeversorgung hindeutet.



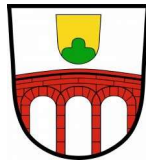
Abbildung 33: Fokusgebiet zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck



Wie in der Abbildung 11: Wärmelinien-dichte Gemeinde Arnbruck sowie Abbildung 10: Wärmebedarfs-dichte Gemeinde Arnbruck zu sehen ist hier mit einer höheren Wärmebedarfs- sowie Wärmelinien-dichte zu rechnen.

Für eine belastbare Beurteilung sind jedoch weitere detaillierte Untersuchungen notwendig, die im Rahmen der geplanten Machbarkeitsstudie eines privaten Betreibers erfolgen sollen. Hierzu zählen insbesondere die Ermittlung des tatsächlichen Anschlussinteresses, die Erhebung gebäudespezifischer Verbrauchsdaten sowie die Berechnung der resultierenden Verbrauchsliniendichte. Die technischen Auslegungsgrößen – insbesondere die erforderliche Feuerungsleistung von möglichen Hackschnitzelanlagen – hängen maßgeblich davon ab, wie viele Gebäude eingebunden werden können. Zudem ist zu beachten, dass bei einer installierten Feuerungsleistung oberhalb von 1.000 kW die rechtlichen Anforderungen aufgrund des Übergangs von der 1. BImSchV zur 44. BImSchV steigen und entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Die Gemeinde kann den Prozess unterstützend begleiten, indem sie Transparenz schafft, Informationsangebote bereitstellt und die Kommunikation zwischen Eigentümern und dem potenziellen Betreiber erleichtert. Darüber hinaus kann sie durch eine frühzeitige Beteiligung relevanter Akteure dazu beitragen, geeignete Rahmenbedingungen für eine mögliche spätere Umsetzung zu schaffen. Dies ist auch im Rahmen vergangener Infoveranstaltungen auch schon geschehen.



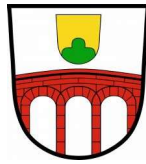
5.6.2 Außenbereich Siedlung Arnbruck

Das Fokusgebiet „Außenbereich Siedlung Arnbruck“ umfasst mehrere randlagige Siedlungsbereiche mit überwiegend aufgelockerter Einfamilienhausbebauung. Die Wärmebedarfsdichte liegt – bedingt durch größere Gebäudeabstände und längere potenzielle Trassen – unter jener des zentralen Siedlungsgebiets. Der jährliche Wärmebedarf beträgt rund 7,99 GWh bei einer Gesamtfläche von etwa 233.453 m².

Aus technischer Sicht ergeben sich damit grundsätzlich anspruchsvollere Rahmenbedingungen für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung, da geringere Dichten zu höheren spezifischen Leitungslängen und damit zu einem höheren Investitions- und Verlustniveau führen können. Dennoch sollte das Gebiet im Rahmen der geplanten Machbarkeitsstudie in Form einer eigenen Variantenbetrachtung berücksichtigt werden. Wesentlich ist die Prüfung, ob und unter welchen Randbedingungen eine Netzeinbindung wirtschaftlich darstellbar sein könnte und wie sich die Versorgung dieser Bereiche auf die Wärmegestehungskosten des gesamten Netzes auswirkt.



Abbildung 34: Fokusgebiet Außenbereich Siedlung Arnbruck



5.6.3 Gewerbegebiet

Das Fokusgebiet „Gewerbegebiet Arnbruck“ umfasst ein rein gewerblich genutztes Areal mit einem aktuellen jährlichen Wärmebedarf von rund 2,59 GWh auf einer Fläche von etwa 87.311 m². Aufgrund seiner Nutzung und der vorhandenen Gebäudegrößen weist das Gebiet grundsätzlich ein energetisches Potenzial auf, dessen genaue Bewertung jedoch erst möglich sein wird, wenn die zukünftige Entwicklung des Areals bekannt ist.

Das Gewerbegebiet soll in den kommenden Jahren erweitert werden. Da derzeit nicht absehbar ist, welche Unternehmen sich ansiedeln und wie hoch deren spezifischer Wärmebedarf ausfällt, lässt sich im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung noch keine fundierte Aussage zur Eignung für eine gemeinsame Wärmeversorgung treffen. Aussagen zu einer möglichen Systemlösung – etwa einem Gebäudenetz oder Anschluss an das geplante Wärmenetz – können daher erst in einem späteren Planungsschritt erfolgen, wenn konkrete Nutzungsstrukturen vorliegen. Finanzielle und technische Rahmenbedingungen einer potenziellen gemeinsamen Versorgung lassen sich zum jetzigen Zeitpunkt ebenfalls nicht abschließend bewerten. Gleichwohl ist bereits jetzt darauf hinzuweisen, dass eine spätere Umsetzung deutlich von der Erschließungssituation abhängen kann: Werden Wärmeleitungen gleichzeitig mit der allgemeinen Grunderschließung (z. B. Straßenbau, Kanal, Wasser, Breitband) verlegt, können die Tiefbaukosten erfahrungsgemäß um rund 40 % bis 60 % reduziert werden. Dieser Aspekt ist daher für die nachgelagerten Planungsphasen von hoher Relevanz.

Für die weitere Entwicklung kann es hilfreich sein, dass künftige Interessenten im Gewerbegebiet frühzeitig über die geplante Machbarkeitsstudie informiert werden. Sollte seitens der Betriebe ein Interesse an einem möglichen Anschluss bestehen, könnte bei Bedarf ein Kontakt zum privaten Projektträger hergestellt werden.

Für die aktuelle Wärmeplanung bedeutet dies, dass das Gewerbegebiet als potenzielles zukünftiges Fokusgebiet vermerkt werden sollte. Eine konkrete Bewertung oder Priorisierung kann jedoch erst erfolgen, wenn die energetischen Anforderungen und Nutzungsprofile der künftigen Betriebe bekannt sind.

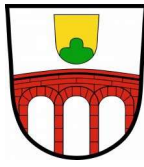
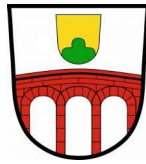


Abbildung 35: Fokusgebiet Gewerbegebiet



6. Maßnahmenkatalog

Um das angestrebte Zielszenario möglichst effizient zu erreichen, ist in der kommunalen Wärmeplanung ein Maßnahmenkatalog zu erstellen. In diesem Maßnahmenkatalog ist beschrieben, wie die Rahmenbedingungen für klimaneutrale Wärmeerzeugung auf kommunaler Ebene geschaffen werden können. Grundlage des Maßnahmenkatalogs sind folgende Punkte:

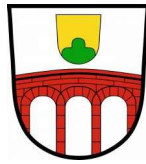
- Austausch fossiler Heizungsanlagen durch erneuerbare Wärmeerzeuger
- Maßnahmen zur Steigerung der Sanierungsquote und Energieeffizienz
- Unterstützende Information und Beratung der Bürgerinnen und Bürger zum Themenfeld Energie sowie Heizung

Direkte Einflussmöglichkeit besteht bei den kommunalen Liegenschaften, in denen die Kommune eine Vorbildfunktion im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit einnehmen sollte. Größtenteils tritt die Gemeinde aber als Regulator sowie Motivator auf.

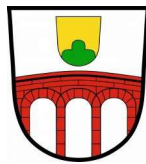
Folgende Maßnahmen sind im kommunalen Wärmeplan vorgesehen:

Tabelle 3: Maßnahmenplan

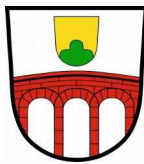
Maßnahme	Zeithorizont
Erstellung einer Sanierungsstrategie für kommunale Liegenschaften	kurzfristig
Beratung zu energetischen Gebäudesanierungen	mittelfristig
Veröffentlichung der Ergebnisse des Wärmeplans und Aufzeigen etwaiger Wärmeerzeugungsmöglichkeiten im Gemeindegebiet	kurzfristig
Informationsveranstaltungen mit Fachfirmen der erneuerbaren Wärmeerzeugung; in Kombination mit aufgebauter Struktur des Landkreises	mittelfristig
Abstimmung mit dem privaten Initiator der geplanten Machbarkeitsstudie	kurzfristig



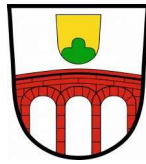
#Maßnahme	Handlungsfeld	Einführungszeitraum	Dauer
1	Gemeinde	kurzfristig	12 Monate
Erstellung einer Sanierungsstrategie für kommunale Liegenschaften			
<u>Ziel/Strategie</u>			
Kommunale Liegenschaften ertüchtigen			
<u>Beschreibung</u>			
Die Gemeindeverwaltung nimmt eine Vorbildfunktion beim Klimaschutz wahr. Um das Ziel einer klimaneutralen Verwaltung erreichen zu können, sollten die kommunalen Liegenschaften alsbald auf einem hohen energetischen Stand gebracht werden. Für die Liegenschaften sollte eine Sanierungsstrategie erarbeitet werden, bei welchen Liegenschaften priorisiert gehandelt werden sollte. Die Erstellung von Sanierungskonzepten könnte ein grundlegender Baustein sein, um etwaige Sanierungsmaßnahmen für einzelne Gebäude planen zu können, sowie dessen Umsetzbarkeit festzulegen. Bei der Priorisierung könnte anhand verschiedener Faktoren gewichtet werden. Diese wären beispielsweise absehbarer und dringender Handlungsbedarf, Gebäude mit besonders hohen spezifischen Wärmebedarf sowie möglicher vorhandener Potenziale zur Nutzung lokaler erneuerbarer Energien.			
<u>Initiator</u>		<u>Akteure</u>	
Gemeindeverwaltung, Bauamt		Energieberater Handwerksfirmen bzw. Heizungsbauer	
<u>Zielgruppe</u>			
Gemeinde			
<u>Handlungsschritte</u>			
- Energetische Bestandsaufnahme kommunaler Liegenschaften - Festlegung von Priorisierungskriterien und Auswahl sanierungsbedürftiger Gebäude - Erstellung von Sanierungskonzepten einzelner Liegenschaften - Entwicklung eines Sanierungsfahrplans für alle Liegenschaften - Vorbereitung der Umsetzung durch Zeit- und Kostenplan - Ausschreibung und Beauftragung externer Fachfirmen - Öffentlichkeitsarbeit			
<u>Meilensteine</u>			
Abschluss der einzelnen Sanierungen der Liegenschaften			
<u>Kostenpunkte</u>		12345	
Abhängig von Art und Umfang			



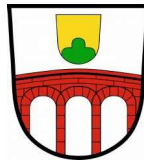
#Maßnahme	Handlungsfeld	Einführungszeitraum	Dauer
2	Private Haushalte	mittelfristig	laufend
Beratung zu energetischen Gebäudesanierungen			
<u>Ziel/Strategie</u> • Qualität und Anzahl der Sanierung steigern • Erhöhung der Anzahl an regenerativen Heizungsanlagen			
<u>Beschreibung</u> Um die Klimaziele im Gebäudesektor zu erreichen, ist eine deutliche Steigerung der Sanierungsaktivitäten erforderlich. Daher muss die jährliche Sanierungsquote in Deutschland bis 2028 auf mindestens 2 % erhöht werden. Die EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Vorlage nationaler Gebäuderenovierungspläne, in denen dargelegt wird, wie die Energieeffizienz im Gebäudebestand verbessert und die Klimaziele umgesetzt werden sollen. Bis 2030 muss der Primärenergieverbrauch im Wohngebäudesektor laut EU-Gebäuderichtlinie um mindestens 16 % gesenkt werden. Sollten die bisherigen Maßnahmen nicht ausreichen, sind weitergehende Regelungen – etwa ein möglicher Sanierungszwang für ineffiziente Gebäude – theoretisch möglich. Deshalb ist es besonders wichtig, die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig und umfassend zu informieren – auch auf kommunaler Ebene.			
<u>Initiator</u> Klimaschutzmanagement		<u>Akteure</u> Liegenschaftsbesitzer Landkreis Regen Örtliche Energieberater Gemeindeverwaltung	
<u>Zielgruppe</u> Hausbesitzer			
<u>Handlungsschritte</u> 1. Kooperationsverträge mit örtlichen Energieberatern für kostenlose Erstberatung 2. Kooperation mit dem Klimaschutzmanager des Landkreises 3. Aufklärungsarbeit zu energetischen Sanierungszielen			
<u>Meilensteine</u> • Definition von Art und Umfang der Kampagne • Kooperationsvertrag mit Landkreis und Energieberatern			
<u>Kostenpunkte</u> Abhängig von Art und Umfang		12345	



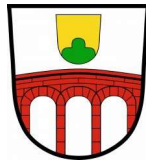
#Maßnahme	Handlungsfeld	Einführungszeitraum	Dauer
3	Gemeinde	kurzfristig	12 Monate
Veröffentlichung der Ergebnisse des Wärmeplans und Aufzeigen etwaiger Wärmeerzeugungsmöglichkeiten im Gemeindegebiet			
<u>Ziel/Strategie</u> • Lokale Möglichkeiten der regenerativen Wärmeerzeugung darlegen • Erhöhung der Anzahl an regenerativen Heizungsanlagen • Planungssicherheit für Bürgerinnen und Bürger schaffen			
<u>Beschreibung</u> Die Ergebnisse des Wärmeplans sollten für die Bürgerinnen und Bürger der Gemeinde transparent veröffentlicht und dargestellt werden. In diesem werden potenzielle Wärmeerzeugungsmöglichkeiten aufgezeigt – beispielsweise das Vorhandensein des Potenzials für Erdwärmesonden. Dies könnte durch verschiedene Formen geschehen, z.B. durch das Gemeindeblatt oder Aufbau einer Internetpräsenz.			
<u>Initiator</u> Gemeinde		<u>Akteure</u> Ingenieurbüro Gemeindeverwaltung Liegenschaftsbesitzer	
<u>Zielgruppe</u> Hausbesitzer			
<u>Handlungsschritte</u> 1. Überreichung des kommunalen Wärmeplans sowie Präsentation der Ergebnisse durch Ingenieurbüro 2. Aufbau einer Schnittstelle auf der Gemeindehomepage für die kommunale Wärmeplanung 3. Erstellung eines Berichts im Gemeindeblatt 4. Beantwortung offener Fragen der Bürgerinnen und Bürger durch Ingenieurbüro			
<u>Meilensteine</u> • Abschluss der kommunalen Wärmeplanung • Festsetzung des Darstellungslayouts auf Homepage • Berichtsverfassung für Gemeindeblatt			
<u>Kostenpunkte</u> Abhängig von Art und Umfang		1 2 3 4 5	



#Maßnahme	Handlungsfeld	Einführungszeitraum	Dauer
4	Gemeinde	mittelfristig	laufend
Informationsveranstaltungen mit Fachfirmen der erneuerbaren Wärmeerzeugung; in Kombination mit aufgebauter Struktur des Landkreises			
<u>Ziel/Strategie</u>			
• Möglichkeiten der regenerativen Wärmeerzeugung darlegen • Erhöhung der Anzahl an regenerativen Heizungsanlagen			
<u>Beschreibung</u>			
Zur Erreichung der Ziele des kommunalen Wärmeplans, durch den altersbedingten, notwendigen Ersatz fossiler Heizanlagen sowie der Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes ist in den nächsten Jahren eine hohe Anzahl an erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen zu installieren. Viele Bürgerinnen und Bürger sind derzeit verunsichert, für welches System sie sich entscheiden sollen. Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden mehrere dezentrale Heizsysteme vorgestellt und hinsichtlich ihrer Eignung für das Gemeindegebiet geprüft. Daher sollte die Gemeinde in Abstimmung mit dem bereits bestehenden Klimaschutzmanagements des Landkreises Informationsveranstaltungen mit verschiedenen Fachfirmen organisieren, die diese Systeme detailliert erläutern. Beispielsweise könnte eine geologische Untersuchungsfirma den Ablauf einer Probebohrung im Bereich der oberflächennahen Geothermie näher erläutern.			
<u>Initiator</u>		<u>Akteure</u>	
Gemeinde/Landkreis		Fachfirmen Gemeindeverwaltung Liegenschaftsbesitzer Landkreis Klimaschutzmanagement	
<u>Zielgruppe</u>			
Hausbesitzer			
<u>Handlungsschritte</u>			
1. Festlegung der präsentierten Themen 2. Auswahl und Einbindung von Fachfirmen 3. Termine und Veranstaltungsort festlegen 4. Kommunikations- und Einladungsmanagement 5. Nachbereitung durch Feedback und Evaluation			
<u>Meilensteine</u>			
• Erstellung der Themenaufstellung • Terminbestimmung • Veröffentlichung von Veranstaltungen • Durchführung von Veranstaltungen			
<u>Kostenpunkte</u>		1 2 3 4 5	
Abhängig von Art und Umfang			



#Maßnahme	Handlungsfeld	Einführungszeitraum	Dauer
5	Gemeinde	kurzfristig	laufend
Abstimmung mit dem privaten Initiator der geplanten Machbarkeitsstudie			
<u>Ziel/Strategie</u>			
- Unterstützung der Vorbereitung und Durchführung der privat initiierten Machbarkeitsstudie - Sicherstellung des Informationsaustauschs zwischen Gemeinde, Projektträger und relevanten Akteuren			
<u>Beschreibung</u>			
Die geplante Machbarkeitsstudie zur Errichtung eines zentralen Wärmenetzes wird von einem privaten Projektträger initiiert. Für deren fachlich fundierte Durchführung ist eine enge Abstimmung zwischen Gemeinde und Initiator erforderlich. Die Gemeinde übernimmt dabei eine koordinierende Rolle und stellt sicher, dass alle relevanten Informationen aus der Wärmeplanung in den Prozess einfließen. Dazu gehören insbesondere Daten zu Wärmepotenzialen, zur Gebäudestruktur sowie Erkenntnisse aus den identifizierten Fokusgebieten, wie dem zentralen Siedlungsbereich und dem Gewerbegebiet. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der bevorstehenden Erweiterung des Gewerbegebiets. Die Gemeinde kann frühzeitig sicherstellen, dass interessierte Unternehmen über die laufenden Prozesse informiert werden. Potenzielle Ansiedler sollten aktiv darauf hingewiesen werden, dass eine Machbarkeitsstudie geplant ist und dass eine spätere Beteiligung an einer zentralen Wärmeversorgung möglich sein könnte. Dadurch können Unternehmen frühzeitig prüfen, ob ein Anschluss – technisch, wirtschaftlich oder strategisch – für sie in Betracht kommt. Aus kommunaler Sicht ist zudem wichtig, mögliche Synergien mit der technischen Erschließung des Gewerbegebiets aufzuzeigen. Werden Wärmeleitungen zeitgleich mit anderen Infrastrukturmaßnahmen wie Straßenbau, Kanal, Wasser oder Breitband verlegt, lassen sich erfahrungsgemäß 40 % bis 60 % der Tiefbaukosten einsparen.			
<u>Initiator</u>		<u>Akteure</u>	
Gemeindeverwaltung		Initiator der Machbarkeitsstudie Gemeinde Liegenschaftsbesitzer	
<u>Zielgruppe</u>			
Liegenschaftsbesitzer Projektbeteiligte			
<u>Handlungsschritte</u>			
Regelmäßige Abstimmung zu geplanten Entwicklungen (z.B. durch Jour fixe)			
<u>Meilensteine</u>			
Abschluss der Machbarkeitsstudie			
<u>Kostenpunkte</u>		1 2 3 4 5	
Abhängig von Art und Umfang			



7. Controlling und Verstetigung

7.1 Allgemeines Controlling

Für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung ist eine fortlaufende Überprüfung der gesetzten Ziele und Zwischenziele erforderlich. So können Maßnahmen gezielt weiterentwickelt oder frühzeitig angepasst werden. Ein strukturiertes Controlling ermöglicht es, den Fortschritt bei der Umsetzung der Wärmewende in der Gemeinde Arnbruck messbar zu machen. Die Ergebnisse dienen sowohl der internen Steuerung als auch der externen Kommunikation und Transparenz.

Wesentlich ist dabei die nutzerorientierte Aufbereitung der Controlling-Daten, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für Verwaltung und Politik zu schaffen. Das Controlling orientiert sich am PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act).

Abbildung 30 zeigt den Ablauf eines effektiven Maßnahmencontrollings, welcher auf die spezifischen Anforderungen der kommunalen Wärmeplanung angepasst und implementiert werden sollte.

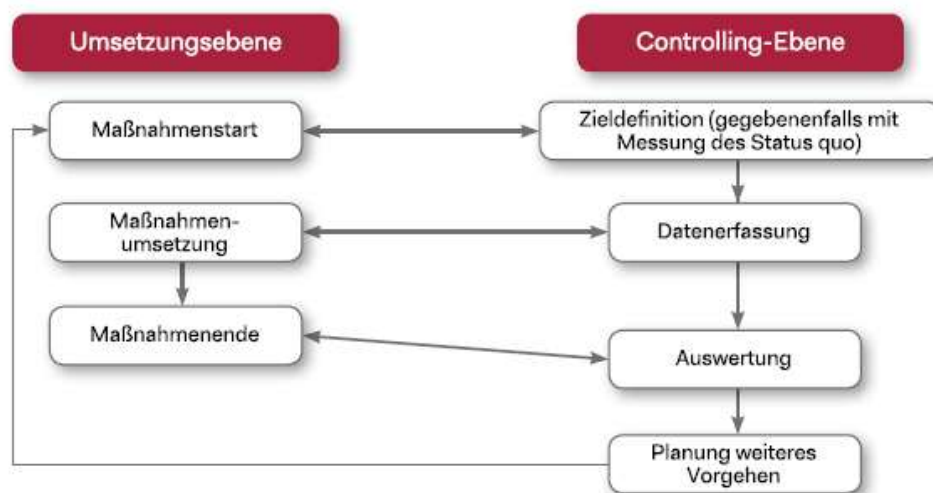
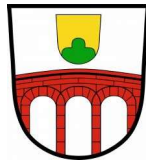


Abbildung 36: Ablauf Maßnahmencontrolling

Die Planung von Maßnahmen erfolgt auf Grundlage der Bestands- und Potenzialanalyse sowie des erarbeiteten Maßnahmenkatalogs der kommunalen Wärmeplanung. Je nach Umfang werden Maßnahmen durch die zuständige Verwaltung initiiert, von Fachabteilungen (z. B. Bauamt) oder externen Fachplanern konkret ausgearbeitet, durch Entscheidungsträger wie Liegenschaftsverwaltung, Gemeinderat oder Verwaltungsspitze beschlossen und über die Kämmerei finanziert.



7.2 Fortschreibung des Wärmeplans

Die Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung ist gesetzlich alle fünf Jahre vorgesehen. Grundlage dafür bildet die Energie- und Treibhausgas (THG)-Bilanz, mit der langfristige Entwicklungen im Energieverbrauch sowie die Minderung von Emissionen bewertet werden. Mithilfe dieser Bilanz und der zugrunde liegenden Daten lassen sich Entwicklungstrends für die Gemeinde Hofstetten und einzelne Sektoren aufzeigen. Insbesondere die Daten der Netzbetreiber und der Schornsteinfeger liefern wichtige Hinweise zum Stand der Wärmewende vor Ort.

Alle erhobenen Informationen sind in der Fortschreibung systematisch aufzugreifen, mit früheren Erhebungen zu vergleichen und hinsichtlich ihrer Entwicklung zu bewerten. Dabei ist auch der Umsetzungsstand der festgelegten Maßnahmen zu überwachen und deren Wirkung zu analysieren.

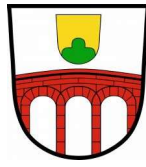
Ergeben sich daraus relevante Veränderungen oder neue Rahmenbedingungen, ist der Wärmeplan entsprechend anzupassen und zu aktualisieren.

Unabhängig davon sind im Zuge jeder Fortschreibung auch die ausgewiesenen Prüfgebiete erneut zu bewerten und entsprechend darzustellen.

Für die Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans können folgende Indikatoren herangezogen und mit früheren Erhebungen verglichen werden:

Bereich	Indikatoren
Energieverbrauch	- Endenergieverbrauch für Wärme - Treibhausgasemissionen aus der Wärmeerzeugung - Stromverbrauch für die Wärmeversorgung
Wärmeerzeugungsanlagen	- Anzahl installierter Wärmepumpen - Anzahl installierter Biomassekessel - Anzahl und Altersstruktur von Gas- und Ölkesseln
Netzinfrastuktur	- Aufbau des Stromnetzes
Erneuerbare Energien	- Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch - Installierte Leistung regenerativer Wärmeerzeuger - Installierte Leistung von Photovoltaik- und Windkraftanlagen
Sonstige	- Sanierungsrate des Gebäudebestands - Anzahl in Anspruch genommener Energieberatungen (z. B. über den Landkreis) - Endenergiebedarf für Wärme pro m² Wohnfläche

Über das Controlling kann beispielsweise die Anzahl der installierten zentralen Heizungsanlagen im gesamten Stadtgebiet erfasst und mit dem definierten Ausgangswert sowie dem angestrebten Zielwert verglichen werden. Weichen die festgestellten Daten deutlich von den Zielwerten ab, können die Ursachen hierfür systematisch analysiert werden. Auf dieser Grundlage lassen sich gegebenenfalls konkrete Maßnahmen ableiten, festlegen und anschließend gezielt umsetzen.

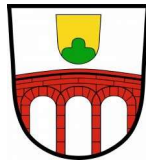


7.3 Verstetigung

Obwohl die kommunale Wärmeplanung nach ihrer Fertigstellung vom Gemeinderat beschlossen wird, entfaltet sie keine unmittelbare rechtliche Verbindlichkeit. Aus juristischer Sicht handelt es sich um ein Instrument mit empfehlendem Charakter. Um die angestrebte Dekarbonisierung des Wärmesektors jedoch möglichst zügig zu erreichen, sind eine konsequente, zeitnahe Umsetzung, eine kontinuierliche Weiterverfolgung sowie eine regelmäßige Aktualisierung der vorgesehenen Maßnahmen erforderlich.

Ein zentraler Erfolgsfaktor für die kommunale Wärmeplanung ist die dauerhafte Verankerung der zugehörigen Prozesse innerhalb der Verwaltungsstruktur. Dabei ist es essenziell, dass ein zentraler Ansprechpartner innerhalb der Gemeinde zur Verfügung steht, der den Prozess eigenverantwortlich steuert und kontinuierlich vorantreibt.

Die Wärmeplanung darf nicht als einmaliges Projekt verstanden werden, sondern ist als fortlaufender Prozess im Rahmen der kommunalen Wärmewende zu begreifen. Die initial erstellte Planung stellt dabei sowohl die Erhebung der Gemeinde quo als auch die Definition der angestrebten Zielzustände dar.



Die Gemeinde Arnbruck hat im Zuge der neuen Aufgabe der kommunalen Wärmeplanung Anspruch auf einen Ausgleich der hieraus resultierenden Mehrbelastung. Da die derzeit vorgesehene Konnexitätszahlung jedoch als einmalige Leistung einzustufen ist, müssen für die zukünftige Fortschreibung und Verstetigung der Wärmeplanung entsprechende Haushaltsmittel dauerhaft eingeplant werden.

Angesichts der Vielzahl an Gebäuden, bei denen eine dezentrale Wärmeversorgung als die effizienteste Lösung erscheint, liegt ein erheblicher Teil der Verantwortung für die praktische Umsetzung zudem bei den jeweiligen Liegenschaftseigentümern.

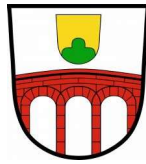
Folgende Akteure sind für die Umsetzung der Wärmeplanung relevant und sollten in die Verstetigung eingebunden werden.

Akteure	Aufgabe
Gemeinde	- Zentraler Ansprechpartner - Organisation und Koordination - Monitoring und Controlling
Energieversorger, Netzbetreiber und Wärmelieferanten	- Datenbereitstellung - Erschließung erneuerbarer Wärmequellen und Abwärme - Ausbau der Stromnetzinfrastruktur
Gemeindeverwaltung	- Öffentlichkeitsarbeit, - Verstetigung der Wärmeplanung
Bauamt	- Berücksichtigung des Maßnahmenkatalogs beim Bau- und Unterhalt kommunaler Liegenschaften
Liegenschaftsbesitzer	- Energetische Sanierung der Gebäude - Installation regenerativer Heizungssysteme, - Installation von PV-Anlagen

Zur Koordination der benannten Akteure und Maßnahmen kann eine verwaltungsinterne Steuerungsgruppe eingerichtet werden. Diese dient der regelmäßigen Abstimmung, Priorisierung und Fortschrittskontrolle im Rahmen der Wärmeplanung. Das Klimaschutzmanagement des Landkreises sollte hier der Gemeinde unterstützend zur Seite stehen.

Auch wenn der Schwerpunkt derzeit auf der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung liegt, ist perspektivisch zu berücksichtigen, dass deren erfolgreiche Umsetzung eine gewisse institutionelle Begleitung voraussetzt. Dazu gehört auch, dass bestehende Prozesse bei Bedarf fortgeführt und weiterentwickelt werden können.

Im Sinne einer geordneten Weiterverfolgung der entwickelten Maßnahmen sollte daher geprüft werden, inwiefern bestehende Strukturen innerhalb der Stadtverwaltung genutzt oder punktuell ergänzt werden können. Die Abstimmung mit relevanten Akteuren sowie eine bedarfsgerechte Kommunikation – intern wie extern – tragen zur fachlichen Einbindung bei.



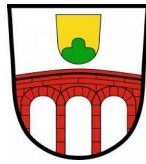
7.4 Kommunikationsstrategie

Die Akzeptanz der kommunalen Wärmeplanung in Arnbruck hängt maßgeblich von einer klaren, sachlichen und kontinuierlichen Kommunikation ab. Ziel ist es, die Bürger frühzeitig zu informieren, Transparenz zu schaffen und die Möglichkeit zur Beteiligung zu geben.

Etwaige Entscheidungen wurden direkt im Mitteilungsblatt der Gemeinde erläutert und auch auf der Homepage der Gemeinde veröffentlicht.

Eine direkte Möglichkeit der Information für die Bürger waren die Präsentationen des Ingenieurbüros in den öffentlichen Sitzungen des Gemeinderats. Ebenso war es den Bürgerinnen und Bürgern jederzeit möglich, den direkten Ansprechpartner des Ingenieurbüros zu kontaktieren.

Die Gemeinde Arnbruck wird ihre Vorbildfunktion durch die Sanierung eigener Liegenschaften und die aktive Umsetzung empfohlener Maßnahmen sichtbar machen. Die Beteiligung weiterer Akteure – etwa durch Eigentümerdialoge oder potenzielle Wärmenetzgenossenschaften – wird aktiv geprüft. Ziel ist ein breites, lokal verankertes Bündnis für eine zukunftsfähige, klimaneutrale Wärmeversorgung.



8. Steckbriefe der Wärmeversorgungsgebiete

8.1 zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck

Steckbrief zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck

Anzahl beheizter Gebäude:	188
Wärmebedarf 2023:	11,57 GWh/a
Überwiegender Gebäudetyp	Einfamilienhaus Gewerbe & Handel und Dienstleistung

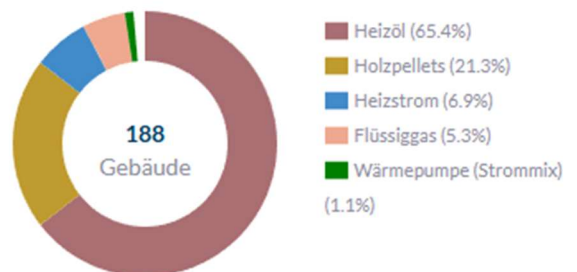


Energieverbrauch nach Energieträgern

Die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl decken ca. 70% des Wärmebedarfs.

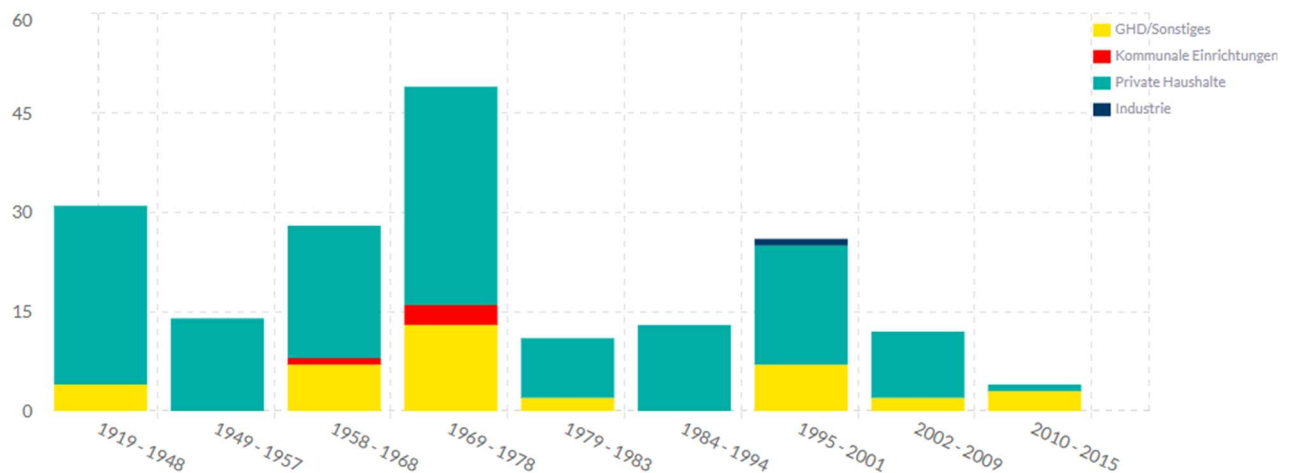
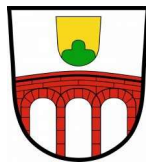
Wärmeverbrauch nach Versorgungsart

Heizöl	7,9 GWh
Holzpellets	2,3 GWh
Flüssiggas	767,4 MWh
Heizstrom	574,3 MWh
Wärmepumpe - Strommix	13,4 MWh



Gebäudealter:

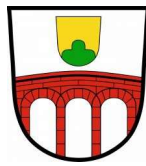
Der überwiegende Teil der Gebäude im zentralen Siedlungsgebiet Arnbruck wurde vor 1979 errichtet, mit dem größten Anteil in den Jahren 1969-1978. Da die erste Wärmeschutzverordnung erst 1977 eingeführt wurde, ist für diesen Bereich eine tendenziell geringere energetische Qualität des Gebäudebestands zu erwarten.



Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet – zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck

Prüfgebiet

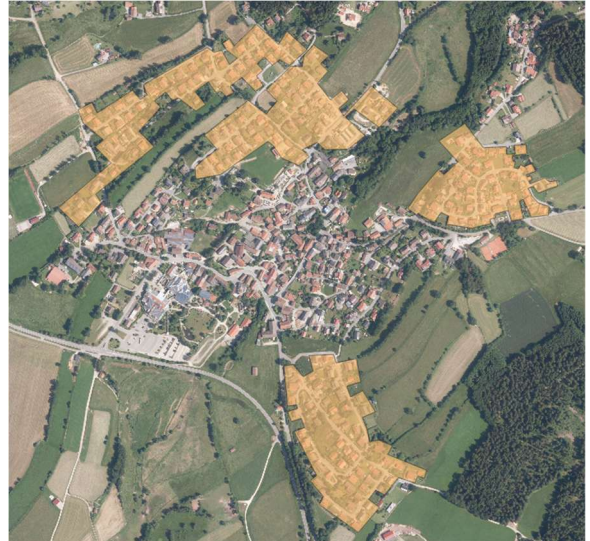
Das dargestellte Gebiet wird als Prüfgebiet definiert, da hier aufgrund der verdichteten Bebauungsstruktur und des vergleichsweise hohen Wärmebedarfs grundsätzlich geeignete Voraussetzungen für eine zentrale Wärmeversorgung vorliegen. In diesem Bereich ist in naher Zukunft eine vertiefte Untersuchung durch den privaten Projektträger vorgesehen. Im Rahmen der geplanten Machbarkeitsstudie werden unter anderem der tatsächliche Wärmeverbrauch, der potenzielle Anschlussgrad und mögliche Leitungsverläufe detailliert erhoben. Dadurch kann geprüft werden, ob und in welchem Umfang ein Wärmenetz in diesem Teilgebiet technisch und wirtschaftlich sinnvoll umgesetzt werden könnte.



8.2 Arnbruck-Randgebiet Siedlung

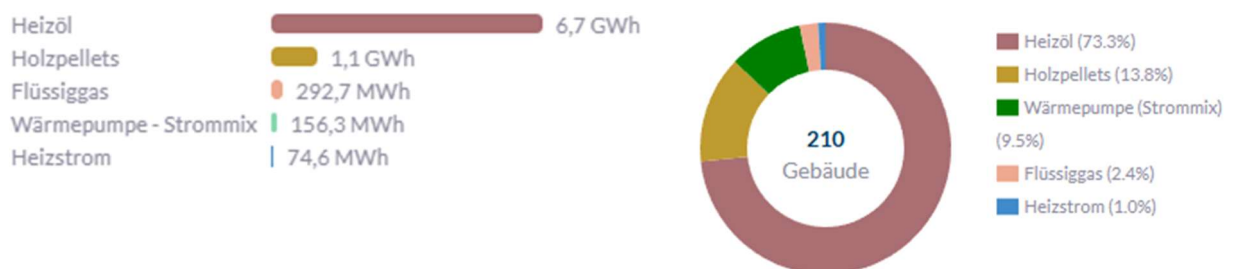
Steckbrief Arnbruck Randgebiet-Siedlung

Anzahl beheizter Gebäude:	210
Wärmebedarf 2023:	8,3 GWh/a
Überwiegender Gebäudetyp	Einfamilienhaus



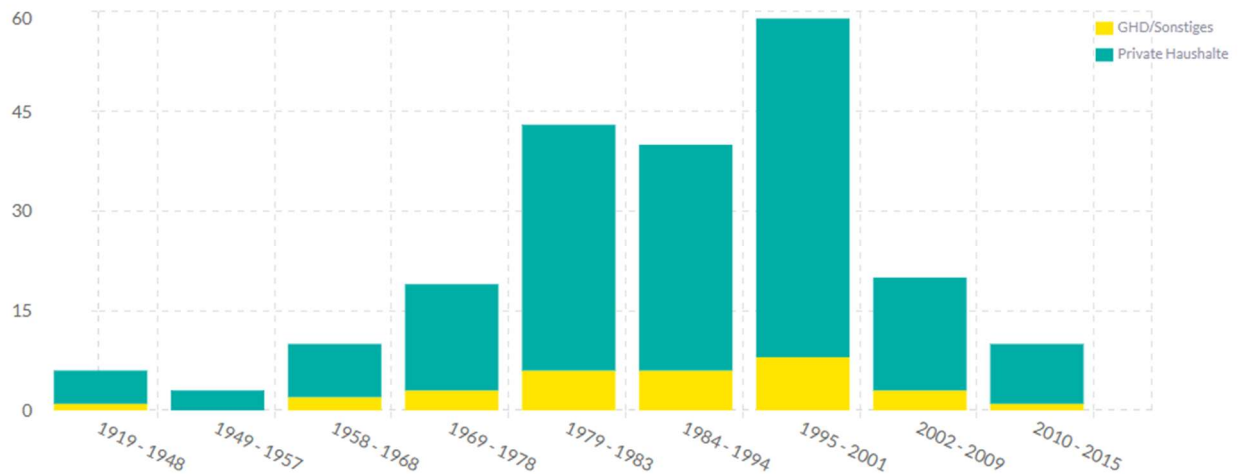
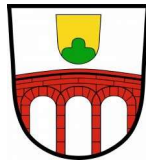
Energieverbrauch nach Energieträgern

Die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl decken ca. 48% des Wärmebedarfs.



Gebäudealter:

Der Randbereich Arnbruck umfasst überwiegend Wohngebäude, die überwiegend zwischen 1984 und 2001 errichtet wurden. Diese Baujahre liegen zwischen der zweiten Wärmeschutzverordnung von 1982 und der dritten Wärmeschutzverordnung von 1995. Ein weiterer Teil des Bestands stammt aus den Jahren 1979 bis 1983, also aus der Phase nach Einführung der ersten Wärmeschutzverordnung von 1977. Insgesamt kann für das Gebiet von einer im Vergleich zum Altbestand moderaten energetischen Qualität ausgegangen werden, auch wenn die heutigen Effizienzstandards noch nicht erreicht werden.



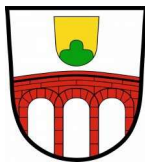
Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet – Randgebiet-Siedlung

Prüfgebiet

Die überwiegende Mehrheit der Gebäude wird weiterhin mit fossilen Energieträgern, insbesondere Heizöl, beheizt. Ergänzt wird dies durch dezentrale Biomasseanlagen sowie eine kleinere Anzahl an Wärmepumpensystemen. Damit besteht auch in diesem Teilgebiet weiterhin ein deutlicher Modernisierungs- und Transformationsbedarf.

Ob eine leitungsgebundene Wärmeversorgung in diesem Gebiet technisch und wirtschaftlich darstellbar ist, kann auf Basis der vorliegenden Daten noch nicht abschließend bewertet werden. Faktoren wie reale Verbrauchswerte, Anschlussbereitschaften und mögliche Trassenführungen müssen im Rahmen einer vertieften Untersuchung berücksichtigt werden.

Das Gebiet wird deshalb als Prüfgebiet definiert. Innerhalb der geplanten Machbarkeitsstudie soll der Randbereich als eigene Variante untersucht werden, um zu klären, ob und unter welchen Voraussetzungen ein Anschluss an eine zentrale Wärmeversorgung sinnvoll sein könnte und welche Auswirkungen ein solcher Anschluss auf die Wärmegestehungskosten hätte.



8.3 Nördliches Gebiet an der Scharebenstraße

Steckbrief Nördliches Gebiet an Scharebenstr.

Anzahl beheizter Gebäude:	19
Wärmebedarf 2023:	0,76 GWh/a
Überwiegender Wohngebäudetyp	Einfamilienhaus

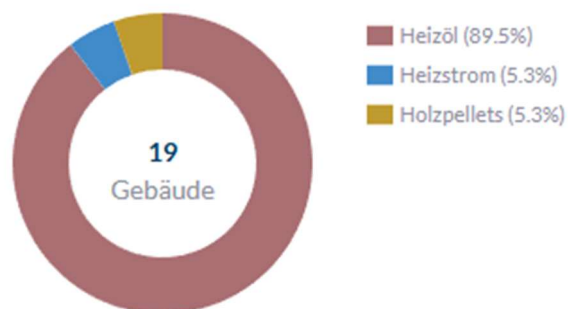


Energieverbrauch nach Energieträgern

Die fossilen Energieträger Flüssiggas und Heizöl decken ca. 77% des Wärmebedarfs.

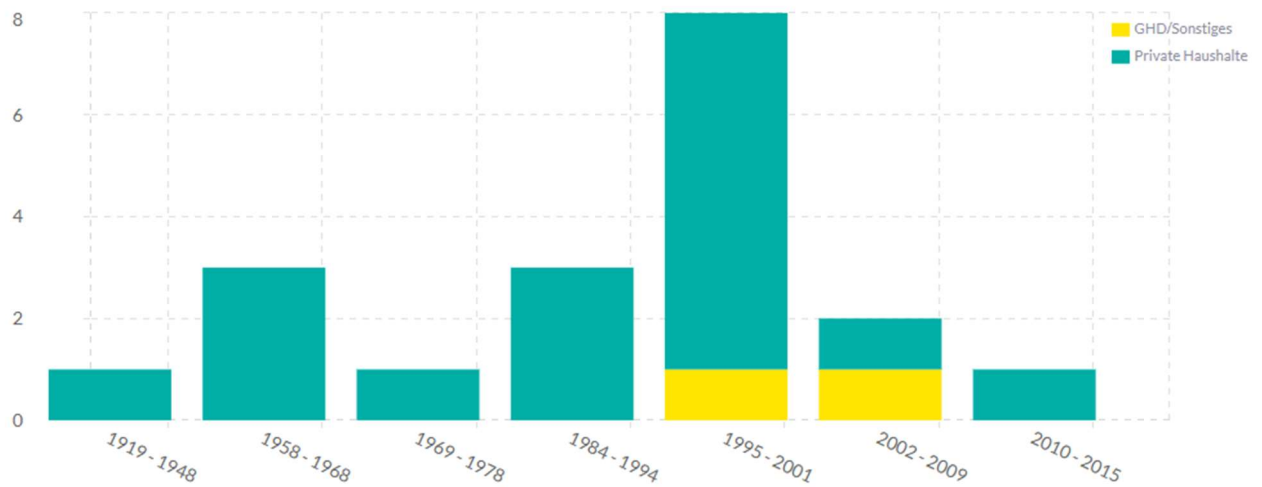
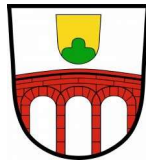
Wärmeverbrauch nach Versorgungsart

Heizöl	714,6 MWh
Heizstrom	22,3 MWh
Holzpellets	21,1 MWh



Gebäudealter:

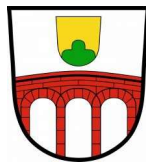
Das nördliche Gebiet an der Scharebenstraße umfasst überwiegend Wohngebäude in aufgelockerter Siedlungsstruktur. Der Gebäudebestand ist größtenteils zwischen 1995 und 2001 errichtet worden – damit nach Einführung der dritten Wärmeschutzverordnung (1995) und folglich in einem energetisch günstigeren Standard als ältere Baualtersklassen.



Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet – Nördliches Gebiet an Scharebenstr.

Dezentrale Wärmeversorgung

Aufgrund der geringen Gebäudedichte, der strukturellen Randlage und der vergleichsweise geringen absoluten Wärmemenge ist dieses Gebiet voraussichtlich nicht für eine leitungsgebundene Versorgung geeignet. Die vorhandenen Rahmenbedingungen sprechen vielmehr für eine zukünftige dezentrale Wärmeversorgung, etwa durch individuelle Wärmepumpensysteme oder biomassebasierte Lösungen. Gleichzeitig bestehen aufgrund des Baualters und der damit verbundenen energetischen Qualität Hinweise darauf, dass viele Gebäude grundsätzlich für eine Umrüstung auf erneuerbare Energien geeignet sein könnten.



8.4 Gewerbegebiet

Steckbrief Nördliches Gebiet an Scharebenstr.

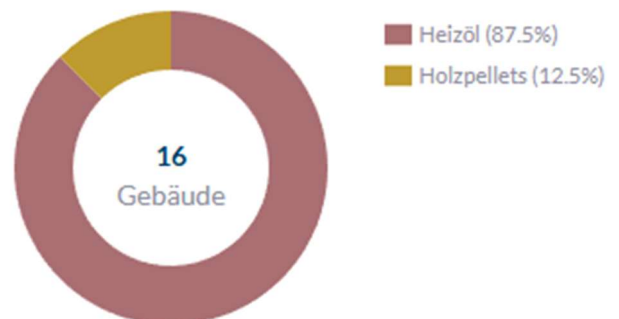
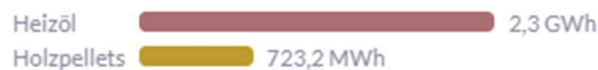
Anzahl beheizter Gebäude:	16
Wärmebedarf 2023:	3,0 GWh/a
Überwiegender Wohngebäudetyp	Gewerbe



Energieverbrauch nach Energieträgern

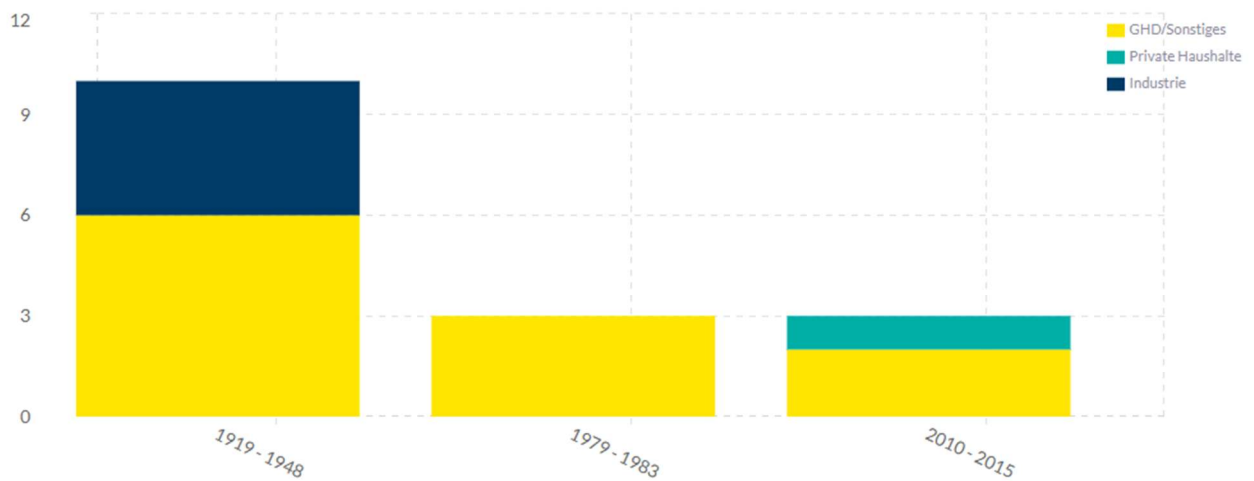
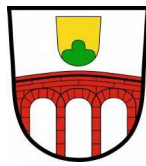
Die fossilen Energieträger Flüssiggas und Heizöl decken ca. 77% des Wärmebedarfs.

Wärmeverbrauch nach Versorgungsart



Gebäudealter:

Die Gebäude stammen überwiegend aus der Zeit vor Einführung der ersten Wärmeschutzverordnungen und weisen damit tendenziell höhere Wärmeverluste auf. Durch die geplante Erweiterung des Gewerbegebiets wird sich die Struktur in den kommenden Jahren jedoch verändern. Welche Unternehmen sich ansiedeln und welche spezifischen Wärmebedarfe entstehen, ist derzeit noch offen.

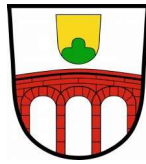


Voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet – Gewerbegebiet

Prüfgebiet

Das Gewerbegebiet Arnbruck wird als Prüfgebiet eingestuft, da sich seine energetische Bewertung in den kommenden Jahren voraussichtlich deutlich verändern wird. Derzeit ist die Wärmeversorgung überwiegend fossil geprägt, gleichzeitig steht eine Erweiterung des Areals bevor. Welche Unternehmen sich ansiedeln und welche spezifischen Wärmebedarfe dabei entstehen, ist zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht bekannt. Eine belastbare Einschätzung zur Eignung für mögliche gemeinsame Versorgungslösungen – etwa in Form eines Gebäudenetzes oder eines Anschlusses an ein potenzielles Wärmenetz – kann daher erst erfolgen, wenn konkrete Nutzungs- und Leistungsanforderungen vorliegen.

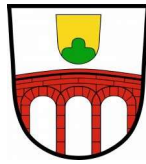
Im Rahmen einer späteren Machbarkeitsstudie sollte daher mindestens eine Variante berücksichtigt werden, in der das Gewerbegebiet unter zukünftigen Bedingungen energetisch untersucht wird. Dies ermöglicht eine Bewertung, ob bei entsprechendem Wärmeaufkommen wirtschaftliche Synergien entstehen können. Für nachgelagerte Planungsphasen ist zudem relevant, dass sich die Tiefbaukosten für potenzielle Wärmeleitungen erheblich reduzieren lassen, wenn diese parallel zur allgemeinen Grunderschließung verlegt werden. Erfahrungswerte zeigen Einsparpotenziale von etwa 40 % bis 60 %, was die Wirtschaftlichkeit gemeinsamer Lösungen deutlich beeinflussen kann.



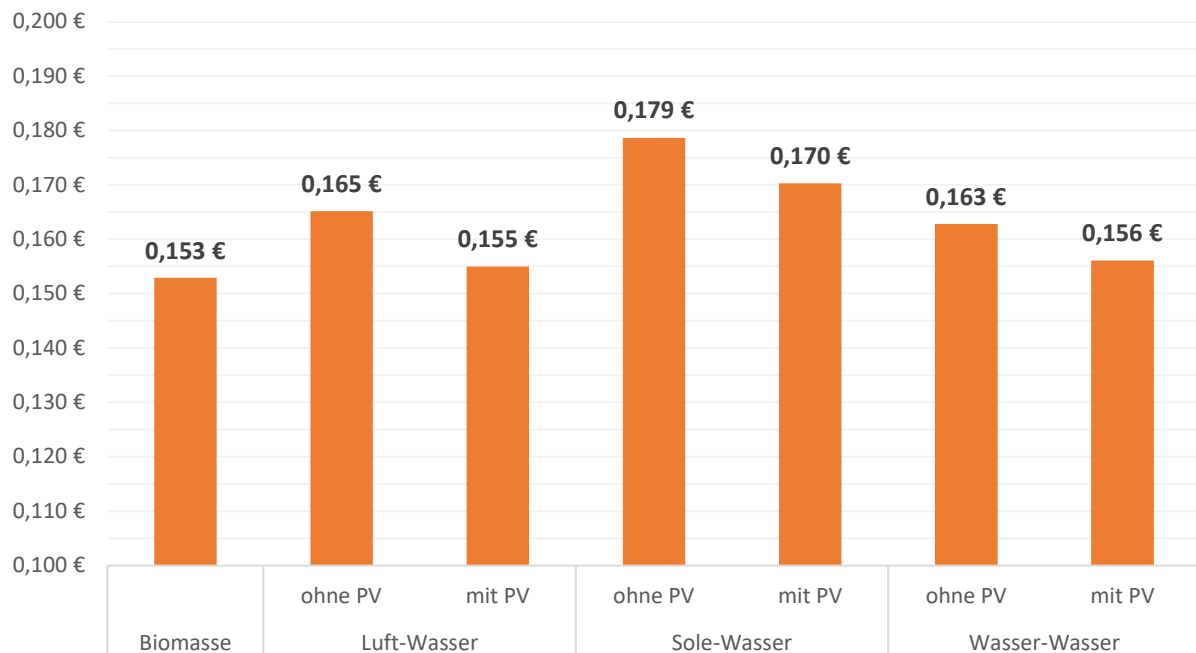
9. Steckbriefe Wirtschaftlichkeit typischer Versorgungsfälle – dezentrale Wärmeversorgung

9.1 Steckbrief Einfamilienhaus unsaniert

Gebäudetyp		Einfamilienhaus	
Wohnfläche		120 m ²	
Energiebedarf (angenommen)		24.000 kWh	
Heizöl		2.400 l	
Flüssiggas		3.653 l	
Biomasse		5.755 kg	
		Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe	9.231 kWh		7.385 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe	7.619 kWh		6.095 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	6.061 kWh		4.849 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl	69.502 €		
Flüssiggas	76.554 €		
Biomasse	38.281 €		
Luft-Wasser-Wärmepumpe	56.071 €		51.191 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe	46.281 €		42.253 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	36.814 €		33.610 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)			
Heizöl	/		
Flüssiggas	/		
Biomasse	15.680 €		
Luft-Wasser-Wärmepumpe	18.340 €		
Sole-Wasser-Wärmepumpe	33.400 €		
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	31.600 €		
Betriebskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl	9.719 €		
Flüssiggas	12.149 €		
Biomasse	19.438 €		
Luft-Wasser-Wärmepumpe	4.859 €		
Sole-Wasser-Wärmepumpe	6.074 €		
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	9.719 €		



Durchschnittswert Wärmegestehungskosten auf 20 Jahre Einfamilienhaus unsaniert



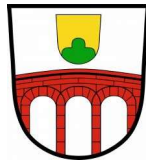
Zusammenfassung:

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines unsanierten Einfamilienhauses wurde eine Wohnfläche von 120 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 24.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für unsanierte Einfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 2,6; Sole-Wasser-Wärmepumpe 3,15; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 3,96.

Vergleichend wurden zwei Varianten betrachtet – mit und ohne Photovoltaikanlage bei einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Bei den Investitionskosten wurde eine pauschale Förderung von 30 % angesetzt; bei Sole-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen 35 %. Trotz erhöhter Förderung verbleibt bei diesen Varianten ein deutlich höherer Eigenanteil der Investition. Im Gegenzug zeigen sich im Betrieb niedrigere Bedarfskosten gegenüber einfacheren Systemen.

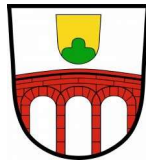
Ab dem Jahr 2027 ist bei fossilen Energieträgern (z. B. Heizöl, Flüssiggas) ein deutlicher Preissprung zu erwarten. Bei einem angenommenen CO₂-Preis von 100 €/t entstehen jährliche Mehrkosten von rund 638 € gegenüber regenerativen Heizsystemen.

Zusammenfassend zeigen sich die Wärmegestehungskosten über 20 Jahre bei nahezu allen Varianten auf ähnlichem Niveau. Allein bei der Sole-Wasser-Wärmepumpe wird deutlich, dass sich die höheren Investitionskosten unter den getroffenen Annahmen nicht amortisieren. Grundsätzlich gilt: Die dargestellten Ergebnisse basieren auf allgemeinen Annahmen und dienen der Trendbetrachtung. Im Einzelfall ist stets eine individuelle Betrachtung erforderlich, um die wirtschaftlich und technisch sinnvollste Lösung zu identifizieren.

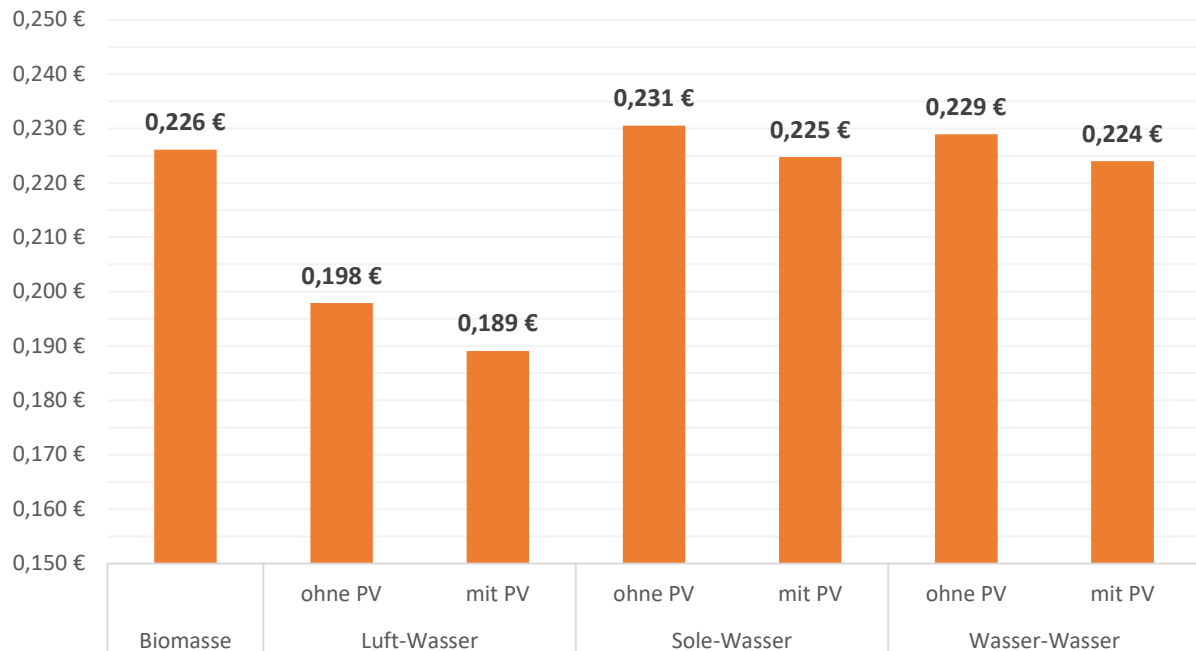


9.2 Steckbrief Einfamilienhaus saniert

Gebäudetyp		Einfamilienhaus	
Wohnfläche		120 m ²	
Energiebedarf (angenommen)		12.000 kWh	
Heizöl		1.200 l	
Flüssiggas		1.826 l	
Biomasse		2.878 kg	
		Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe	4.000 kWh		3.200 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe	2.609 kWh		2.087 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	2.243 kWh		1.794 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl	34.751 €		
Flüssiggas	38.277 €		
Biomasse	19.141 €		
Luft-Wasser-Wärmepumpe	24.297 €		22.183 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe	15.846 €		14.467 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	13.625 €		12.439 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)			
Heizöl	/		
Flüssiggas	/		
Biomasse	15.680 €		
Luft-Wasser-Wärmepumpe	18.340 €		
Sole-Wasser-Wärmepumpe	33.400 €		
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	31.600 €		
Betriebskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl	9.719 €		
Flüssiggas	12.149 €		
Biomasse	19.438 €		
Luft-Wasser-Wärmepumpe	4.859 €		
Sole-Wasser-Wärmepumpe	6.074 €		
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	9.719 €		



Durchschnittswert Wärmegestehungskosten auf 20 Jahre Einfamilienhaus saniert



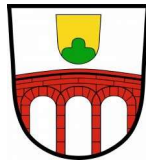
Zusammenfassung:

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines sanierten Einfamilienhauses wurden eine Wohnfläche von 120 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 12.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für sanierte Einfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 3,0; Sole-Wasser-Wärmepumpe 4,6; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 5,35.

Verglichen wurden erneut zwei Varianten – mit und ohne PV-Anlage mit einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Die Investitionskosten wurden pauschal mit einer Förderung von 30 % - mit maximal förderfähigen Kosten von 30.000 € bei Einfamilienhäuser – angenommen. Bei Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist eine Förderung von 35 % möglich.

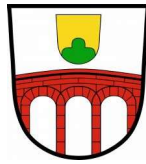
Die laufenden Betriebskosten rücken bei niedrigen Energieverbräuchen stärker in den Fokus. Systeme wie Biomasseheizungen verursachen hier zusätzliche Kosten, etwa für Ascheentsorgung, Schornsteinfeger oder Wartung. Im Gegensatz dazu ist bei Wärmepumpen mit geringeren Betriebskosten zu rechnen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass bei sanierten Einfamilienhäusern die Luft-Wasser-Wärmepumpe die wirtschaftlichste Lösung bereitstellt. Die Mehrinvestitionen in System mit höherer Effizienz – Sole-Wasser sowie Wasser-Wasser – amortisieren sich aufgrund des niedrigen Energiebedarfs nicht. Aber auch hier gilt, dass eine belastbare Entscheidungsgrundlage eine objektspezifische Bewertung erfordert – im Zuge eines solchen Vergleichs sind nur Trends ablesbar.

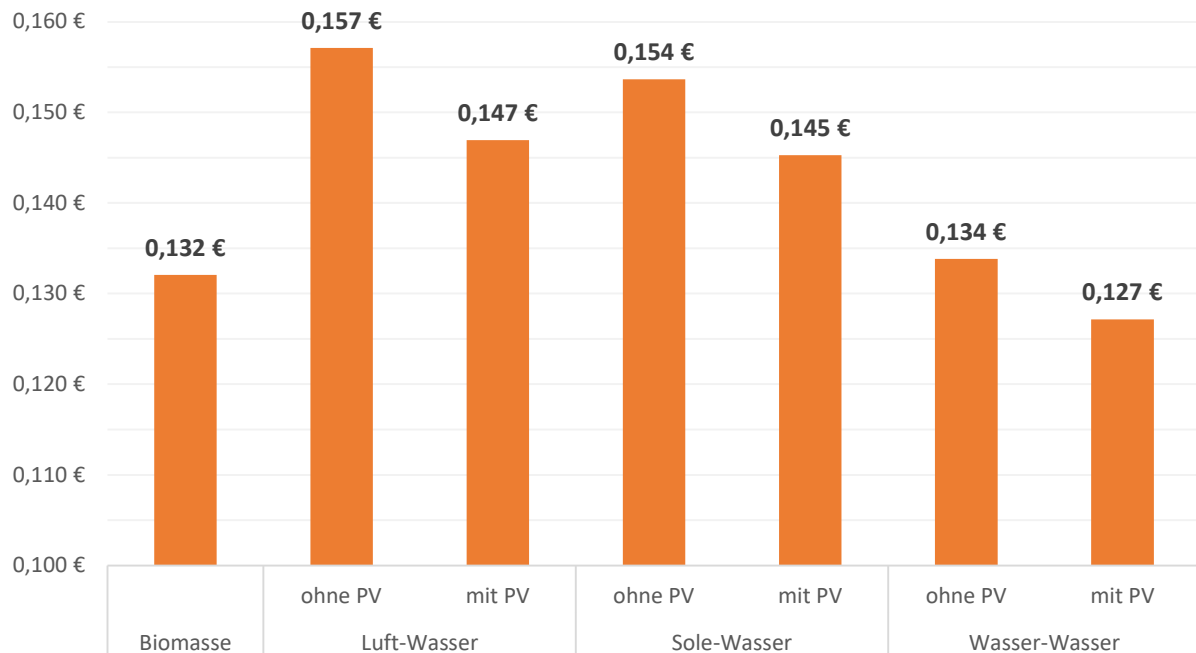


9.3 Steckbrief Mehrfamilienhaus unsaniert

Gebäudetyp		Mehrfamilienhaus	
Wohnfläche		250 m ²	
Energiebedarf (angenommen)		50.000 kWh	
Heizöl		5.000 l	
Flüssiggas		7.610 l	
Biomasse		11.990 kg	
		Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe		19.231 kWh	15.385 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe		15.873 kWh	12.698 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		12.626 kWh	10.101 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl		144.796 €	
Flüssiggas		159.488 €	
Biomasse		79.753 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe		116.814 €	106.648 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe		96.418 €	88.027 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		76.696 €	70.021 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)			
Heizöl		/	
Flüssiggas		/	
Biomasse		28.000 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe		31.780 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe		47.515 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		44.980 €	
Betriebskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl		14.578 €	
Flüssiggas		19.438 €	
Biomasse		24.297 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe		8.504 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe		9.719 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		12.149 €	



Durchschnittswert Wärmegestehungskosten auf 20 Jahre Mehrfamilienhaus unsaniert



Zusammenfassung:

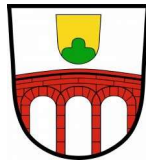
In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines unsanierten Mehrfamilienhauses wurden eine Wohnfläche von 240 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 50.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für unsanierte Mehrfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 2,6; Sole-Wasser-Wärmepumpe 3,15; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 3,96.

Verglichen wurden erneut zwei Varianten – mit und ohne PV-Anlage mit einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Die Investitionskosten wurden pauschal mit einer Förderung von 30 % angenommen. Bei Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist eine Förderung von 35 % möglich.

Bei den erhöhtem Energiebedarf der Gebäude ist es ersichtlich, dass höhere Bedarfskosten mehr in den Mittelpunkt rücken. Bei einem CO₂-Preis von 100 €/Tonne CO₂ sind bei fossilen Energieträgern mit erheblichen, jährlichen Mehrkosten zu rechnen. Beispielsweise steigen die jährlichen Bedarfskosten bei Heizöl auf 6.080 €- eine Steigerung um ca. 1.330 €.

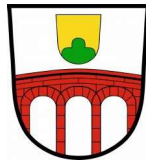
Ebenso wirkt sich eine höhere JAZ von Wärmepumpen, wenn man andere System als Luft-Wasser-Wärmepumpen verwendet, positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus. Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit PV sind als wirtschaftlich am Günstigsten zu betrachten. Höhere Investitionen in Systemen mit höherer Effizienz amortisieren sich hierbei.

Aber auch hier gilt, dass eine belastbare Entscheidungsgrundlage eine objektspezifische Bewertung erfordert.

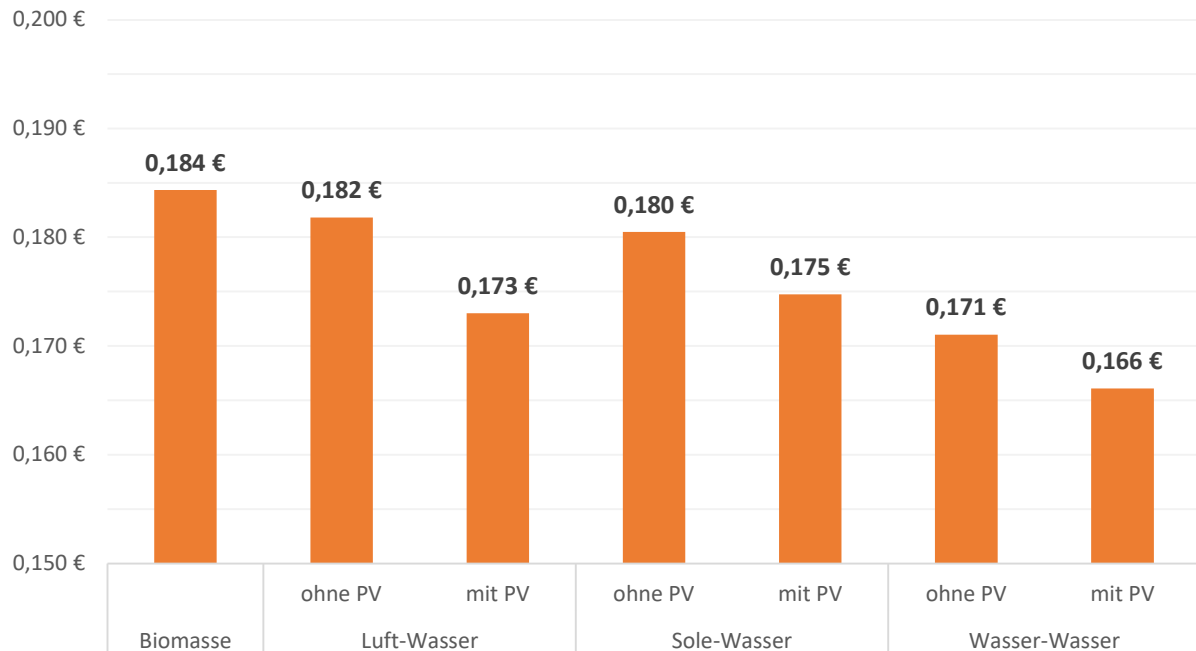


9.4 Steckbrief Mehrfamilienhaus saniert

Gebäudetyp		Mehrfamilienhaus	
Wohnfläche		250 m ²	
Energiebedarf (angenommen)		25.000 kWh	
Heizöl		2.500 l	
Flüssiggas		3.805 l	
Biomasse		5.995 kg	
		Ohne PV	Mit PV (20% Eigenverbrauch)
Luft-Wasser-Wärmepumpe		8.333 kWh	6.666 kWh
Sole-Wasser-Wärmepumpe		5.435 kWh	4.348 kWh
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		4.673 kWh	3.738 kWh
Bedarfskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl		72.398 €	
Flüssiggas		79.744 €	
Biomasse		39.877 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe		50.620 €	46.214 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe		46.214 €	30.140 €
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		28.385 €	25.914 €
Investitionskosten (laut Technikkatalog) und abzüglich Förderung)			
Heizöl		/	
Flüssiggas		/	
Biomasse		28.000 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe		31.780 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe		47.515 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		44.980 €	
Betriebskosten (auf 20 Jahre)			
Heizöl		14.578 €	
Flüssiggas		19.438 €	
Biomasse		24.297 €	
Luft-Wasser-Wärmepumpe		8.504 €	
Sole-Wasser-Wärmepumpe		9.719 €	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe		12.149 €	



Durchschnittswert Wärmegestehungskosten auf 20 Jahre Mehrfamilienhaus saniert



Zusammenfassung:

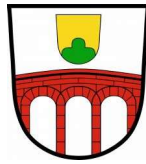
In der Wirtschaftlichkeitsanalyse eines sanierten Mehrfamilienhauses wurden eine Wohnfläche von 240 m² sowie ein jährlicher Energiebedarf von 25.000 kWh zugrunde gelegt. Als technische Basis dienen die Jahresarbeitszahlen (JAZ) der Wärmepumpen gemäß Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung. Für sanierte Mehrfamilienhäuser wurden folgende JAZ angenommen: Luft-Wasser-Wärmepumpe 3,0; Sole-Wasser-Wärmepumpe 4,6; Wasser-Wasser-Wärmepumpe 5,35.

Verglichen wurden erneut zwei Varianten – mit und ohne PV-Anlage mit einem Eigenverbrauchsanteil von 20 %. Die Investitionskosten wurden pauschal mit einer Förderung von 30 % angenommen. Bei Sole-Wasser und Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist eine Förderung von 35 % möglich.

Bei den erhöhtem Energiebedarf der Gebäude ist es ersichtlich, dass höhere Bedarfskosten mehr in den Mittelpunkt rücken. Bei einem CO₂-Preis von 100 €/Tonne CO₂ sind bei fossilen Energieträgern mit jährlichen Mehrkosten zu rechnen. Beispielsweise steigen die jährlichen Bedarfskosten bei Heizöl auf 3.040 €- eine Steigerung um ca. 665 €.

Ebenso wirkt sich eine höhere JAZ von Wärmepumpen, wenn man andere System als Luft-Wasser-Wärmepumpen verwendet, positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus. Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit PV sind als wirtschaftlich am Günstigsten zu betrachten. Höhere Investitionen in Systemen mit höherer Effizienz amortisieren sich hierbei. Da bei der sanierten Variante auch höhere Jahresarbeitszahlen, gegenüber der unsanierten Variante vorliegen, sind die Wärmepumpen wirtschaftlich rentabler als eine Biomasseheizung.

Aber auch hier gilt, dass eine belastbare Entscheidungsgrundlage eine objektspezifische Bewertung erfordert.



10. Verzeichnis

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung)	5 -
Abbildung 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Sektor Wärme; Quelle: Klimaschutzbericht 2024 (Vorabfassung)	6 -
Abbildung 3: Gemeindegebiet Hofstetten; Quelle: Bayern-Atlas.....	11 -
Abbildung 4: Verteilung des Gebäudebestands nach Baualterklassen.....	13 -
Abbildung 5: Verteilung der Gebäudetypen nach Anzahl, Fläche und Wärmebedarf	13 -
Abbildung 6: Verteilung der Energieträger von zentralen Wärmeerzeugern	14 -
Abbildung 7: Durchschnittsalter Heizkessel.....	14 -
Abbildung 8: Energieverbrauch nach Verbrauchssektoren.....	15 -
Abbildung 9: CO ₂ -Emissionen nach Verbrauchssektoren	16 -
Abbildung 10: Wärmebedarfsdichte Gemeinde Arnbruck	17 -
Abbildung 11: Wärmelinien-dichte Gemeinde Arnbruck	19 -
Abbildung 12: Verteilverluste in Abhängigkeit der Wärmebedarfsdichte (Quelle: B. Pex, "Nahwärmenetze und Heizwerke - Erfolgsfaktoren und Erfahrungen", präsentiert auf der Fachtagung: Wärme aus Biomasse – Stand der Technik und Perspektiven, Soest, 2012.)-	20 -
Abbildung 13: Potenzialflächen Freiflächen-Photovoltaik; Quelle: Energie Atlas Bayern..	24 -
Abbildung 14: potenzielle zentrale Solarthermiefäche mit 250m Abstand zum Eignungsgebiet	26 -
Abbildung 15: Kartenausschnitt Potenzial Wärmebedarf mit Erdwärmesonden	31 -
Abbildung 16: Entzugsleistung pro Sonde [kW] für ganz Bayern; Quelle: Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern.....	32 -
Abbildung 17: Aufbau eines Kollektorsystems Quelle: Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern.....	33 -
Abbildung 18: Energiepotenzial Biomasse	36 -
Abbildung 19: Reduktionspotenzial Sanierung.....	39 -
Abbildung 20: Eignungsgebiet Wärmeplanung Arnbruck.....	40 -
Abbildung 21: Eignung Wärmenetzgebiet.....	41 -
Abbildung 22: Eignung Wasserstoffnetzgebiet.....	42 -
Abbildung 23: Eignungsgebiete für dezentrale Wärmeversorgung	43 -
Abbildung 24: Spezifischer Wärmebedarf Wohngebäude Arnbruck.....	45 -
Abbildung 25: Entwicklung Wärmebedarf durch energetische Sanierung.....	46 -
Abbildung 26: Entwicklung Energieträger Raumwärme – Szenario Wärmenetz.....	48 -
Abbildung 27: Entwicklung CO ₂ -Emissionen – Szenario Wärmenetz.....	49 -
Abbildung 28: Räumliche Darstellung überwiegender Energieträger – Szenario Wärmenetz... - 50 -	
Abbildung 29: Räumliche Darstellung benötigte Energieeinsparung – Szenario Wärmenetz.... - 51 -	
Abbildung 30: Entwicklung Energieträger Raumwärme – Szenario dezentral	53 -

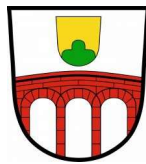


Abbildung 31: Räumliche Darstellung überwiegender Energieträger – Szenario dezentral.- 55

-

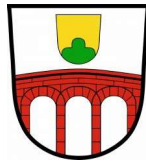
Abbildung 32: Räumliche Darstellung benötigte Energieeinsparung – Szenario dezentral- 56 -

Abbildung 33: Fokusgebiet zentrales Siedlungsgebiet Arnbruck..... - 57 -

Abbildung 34: Fokusgebiet Außenbereich Siedlung Arnbruck..... - 59 -

Abbildung 35: Fokusgebiet Gewerbegebiet..... - 61 -

Abbildung 36: Ablauf Maßnahmencontrolling..... - 68 -



Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht Gruppen Schlüsselakteure	- 10 -
Tabelle 2: Sanierungsrate nach Baualtersklasse	- 45 -
Tabelle 3: Maßnahmenplan	- 62 -

Literaturverzeichnis:

- AGFW und DVGW. 2025. *Praxisleitfaden Kommunale Wärmeplanung*. 2025.
- Bauer, Mathias, et al. 2018. *Handbuch oberflächennahe Geothermie*. s.l. : Springer Spektrum, 2018.
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF). 2022. *Untersuchung des Energieholzmarktes in Bayern*. 2022.
- Blesl, Markus und Kessler, Alois. 2013. *Energieeffizienz in der Industrie*. s.l. : Springer Vieweg, 2013.
- Bundesrepublik Deutschland. 2024. *Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden** (Gebäudeenergiegesetz - GEG). 2024.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA). 2020. *DWA-M 114 Abwasserwärmenutzung*. 2020.
- Europäische Parlament und Rat der Europäischen Union. 2024. *Richtlinie 2024/1275 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Gebäuderichtlinie)*. 2024.
- Expertenrat für Klimafragen. 2025. *Prüfbericht zur Berechnung der deutschen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2024 und zu den Projektionsdaten 2025*. 2025.
- Fraunhofer IEE; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL); Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH. 2024. *Endbericht Biogaspotenzial Bayern*. 2024.
- ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH, Öko-Institut e.V.; Universität Stuttgart; adelphi consult GmbH; Becker Büttner Held; Prognos AG; Fraunhofer Institut. 2024. *Leitfaden Wärmeplanung*. 2024.
- Konstantin, Panon und Konstantin, Margarete. 2021. *Praxisbuch der Fernwärme- und Fernkälteversorgung (2.Auflage)*. s.l. : Springer Vieweg, 2021.
- Landesamt für Umwelt (LfU); Technische Universität München (TUM); ENIANO GmbH; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU). 2024. *Bayernweite, räumlich detaillierte Bestimmung des umsetzbaren Potenzials der oberflächennahen Geothermie zur Einbindung in den Energie-Atlas Bayern*. 2024.
- Quaschnig, Volker. 2021. *Erneuerbare Energien und Klimaschutz (6. aktualisierte Auflage)*. s.l. : Carl Hanser Verlag München, 2021.
- Sobotta, Stefan. 2022. *Praxis Wärmepumpe: Technik, Planung, Installation*. s.l. : Beuth Verlag, 2022.
- VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU). 2019. *VDI 4640- Blatt 2: Thermische Nutzung des Untergrunds - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen*. 2019.
- Viskup, Dr. Eng. Richard. 2021. *Environmental Emissions*. s.l. : IntechOpen, 2021.