Ingenieure aus Leidenschaft

EGS plan

Kommunale Wärmeplanung Tettnang

im Auftrag der Stadt Tettnang



Bildquelle: Stadt Tettnang

Abschlussbericht

Projektleitung:	M.Sc. Tobias Nusser
Bearbeitung:	M.Sc. Andreas Theophil
Stand:	25.03.2026

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart
Tel. +49 711 99 007 - 5 . Fax +49 711 99 007 - 99
info@egs-plan.de . www.egs-plan.de

IBAN-Nr. DE48 2505 0000 0002 0740 60 . BIC: NOLADE 2HXXX
Ust.-IdNr. DE218431901 . Registergericht Stuttgart HRB 22434

Geschäftsführung:
Dipl.-Ing. Jörg Baumgärtner
Dipl.-Ing. (FH) Joachim Böwe
Dr.-Ing. Boris Mahler
Tobias Nusser M.Sc.

Generalbevollmächtigter:
Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch
260325 KWP Tettnang Abschlussbericht
E24262_Final.docx

Auftraggeber / Bauherr
Stadt Tettnang
Montfortplatz 7
88069 Tettnang

Auftragnehmer
EGS-plan Ingenieurgesellschaft für
Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10
70563 Stuttgart

Tel. +49 711 99 007 - 5
Fax +49 711 99 007 - 99
www.egs-plan.de
info@egs-plan.de

Projektleitung M.Sc. Tobias Nusser

Bearbeitung M.Sc. Andreas Theophil

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

Nationale Klimaschutzinitiative
Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert die Bundesregierung seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

Inhalt

1 Zusammenfassung 6

2 Kommunale Wärmeplanung 9

2.1 Das Planungsinstrument der kommunalen Wärmeplanung 9

2.2 Vorgehensweise und Methodik 9

2.3 Organisatorischer Rahmen 11

3 Beteiligungs- und Kommunikationskonzept 13

4 Bestandsanalyse 16

4.1 Ziele und Vorgehensweise 16

4.2 Datengrundlagen 16

4.2.1 Daten der Kommunalverwaltung 17

4.2.2 Daten der Schornsteinfeger 17

4.2.3 Daten der Energieunternehmen 18

4.2.4 Großverbraucher 18

4.3 Ergebnisse der Bestandsanalyse 19

4.3.1 Definition der Teilgebiete 19

4.3.2 Kommunalstruktur 20

4.3.3 Energieinfrastruktur 23

4.3.4 Wärmebedarf 26

4.3.5 Endenergie- und Treibhausgasbilanz 28

4.3.6 Großverbraucheranalyse 33

4.4 Eignungsprüfung 34

4.4.1 Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wärmenetz 35

4.4.2 Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz 36

4.4.3 Fazit der Eignungsprüfung 37

5 Potenzialanalyse 38

5.1 Ziele und Vorgehensweise 38

5.2 Potenziale zur Reduktion des Wärmebedarfs 38

5.2.1 Potenziale zur Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden 38

5.2.2 Potenziale durch Steigerung von Prozesseffizienzen 39

5.2.3 Gesamtpotenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs 39

5.3 Potenziale für klimaneutrale Wärme 42

5.3.1 Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe 43

5.3.2 Abwasser - Kanal 44

5.3.3 Abwasser – Kläranlage 46

5.3.4 Flusswasser 47

5.3.5 Geothermie – Kollektoren zentral 49
5.3.6 Geothermie – Sonden dezentral 52
5.3.7 Geothermie – Sonden zentral 53
5.3.8 Grundwasser 54
5.3.9 Seewasser 56
5.3.10 Solarthermie - dezentral 57
5.3.11 Solarthermie - zentral 58
5.3.12 Tiefengeothermie 61
5.3.13 Ortsunabhängige Nutzungspotenziale für klimaneutrale Wärme 63
5.3.14 Potenzial für Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung 69
5.4 Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung 70
5.4.1 Photovoltaik – dezentral 70
5.4.2 Photovoltaik – zentral 71
5.4.3 Windkraft 74
5.4.4 Wasserkraft 75
5.5 Übersicht der Potenzialanalyse-Ergebnisse 76
6 Zielszenario 79
6.1 Ziele und Vorgehensweise 79
6.2 Eignungsbewertung für die Versorgung durch Wärmenetze 80
6.3 Eignungsbewertung für die Versorgung durch Wasserstoffnetze 82
6.4 Eignungsbewertung für die dezentrale Wärmeversorgung 85
6.5 Entwicklung und Vergleich der zielkonformen Szenarien 88
6.6 Maßgebliches Zielszenario 89
6.7 Maßgebliches Zielszenario 2040 93
6.8 Zielszenario 2030 97
6.9 Klimapfad bis 2040 98
6.10 Kostenschätzung für maßgebliches Zielszenario 2040 99
7 Wärmewendestrategie & Maßnahmenkatalog 101
7.1 Ziele und Vorgehensweise 101
7.2 Maßnahmen auf Meta-Ebene 101
7.3 Priorisierte kommunale Gebiete für die Wärmetransformation 105
7.3.1 Wärmenetzgebiete und Prüfgebiete 105
7.3.2 Kommunale Fokusgebiete 108
7.3.3 Gebiete mit perspektivischem Gasbedarf 110
7.4 Teilgebiet-Steckbriefe 112
7.5 Priorisierte Maßnahmen des Wärmeplans 114

7.5.1 Stromnetzcheck – Analyse zur Erfüllung zukünftiger Stromnetz-Anforderungen 116
7.5.2 Weiterentwicklung und Ausweitung Wärmenetz Tettnang 119
7.5.3 Ausweitung der Beratung Sanierung und Effizienzsteigerung 122
7.5.4 Erschließung Potenzial Außenluft 125
7.5.5 Erschließung Potenzial dezentraler Erdwärmesonden 127
7.5.6 Dokumentation erweiterter Maßnahmenvorschläge 130

8 Abbildungsverzeichnis 132

9 Literaturverzeichnis 134

10 Anhang 135

10.1 Detailergebnisse der Eignungsprüfung nach Kapitel 4.4 Eignungsprüfung 135
10.2 Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen 140
10.3 Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung 141
10.4 Detailergebnisse der Zielszenarien nach Kapitel 142

1 Zusammenfassung

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) verpflichtet alle Kommunen zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung bis Mitte 2028. Die kommunale Wärmeplanung soll dabei als strategisches Planungsinstrument Erkenntnisse liefern, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung[1] bis zum Zieljahr 2040 erreicht werden kann. Die Stadt Tettnang hat im Jahr 2025 die Erarbeitung der Wärmeplanung begonnen und analysiert darin die Möglichkeiten einer klimaneutralen Wärmeversorgung für das landespolitisch gesetzte Zieljahr 2040.

Die kommunale Wärmeplanung weist grundlegend vier zentrale Arbeitsphasen auf: Bestandsanalyse inklusive Eignungsprüfung, Potenzialanalyse, Zielszenario und Maßnahmenkatalog.

Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse hat das Ziel, den aktuellen Wärmebedarf und -verbrauch und die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen (THG) für die gesamte Kommune zu bestimmen. Durch die Datenerhebungsermächtigung im Wärmeplanungsgesetz liegen hierfür reale Daten zum Energieverbrauch als auch Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypen, der Versorgungsstruktur aus Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen sowie der dezentralen Wärmeversorgungsstruktur der Wohn- und Nicht-Wohngebäude vor.

Im Rahmen der Bestandsanalyse ist die Kommune in 106 Teilgebiete eingeteilt worden, um auf dieser Ebene jeweils passende Lösungsansätze zu ermitteln und die Ergebnisse datenschutzkonform weiternutzen zu können. Insgesamt sind im Rahmen der Analyse rund 12.600 Gebäude mit mehr als 3 Mio m² Brutto-Grundfläche ausgewertet worden. Davon weisen 5.157 Gebäude (2.120.392 m² Brutto-Grundfläche) einen Wärmebedarf auf.

Der Endenergiebedarf für Wärme lag im Jahr 2023 bei ca. 215 GWh. Der größte Anteil des Wärmebedarfs wird heute durch fossile Energieträger wie Erdgas und Heizöl (rund 77 %) gedeckt, der Anteil von Wärmenetzen an der gesamten Wärmebereitstellung beträgt rund 1 %. Rund 61 % des Endenergiebedarfs sind dabei auf die Nutzungskategorie Wohnen zurückzuführen. Der Anteil der bereits dezentral genutzten erneuerbaren Energien liegt bei ca. 23 %.

Insgesamt resultieren im Basisjahr THG-Emissionen in Höhe von 48.216 Tonnen CO_2-Äquivalente. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2,38 t pro Einwohner für den Sektor Wärme.

Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse beinhaltet die Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung durch Gebäudesanierungen und Effizienzmaßnahmen im Bereich der Prozesswärme sowie die Erhebung der lokal nutzbaren Potenziale klimaneutraler Energiequellen und Abwärme. Das Leitszenario zur Ermittlung der Einsparpotenziale zeigt auf, dass durch die Verbesserung des

[1] Siehe Erläuterung hierzu in Kapitel 2.2 „*Exkurs: Definition klimaneutrale Wärme*“

Wärmeschutzes von Gebäuden ca. 25 % des Gesamtwärmebedarfs eingespart werden kann. Dabei ist eine Sanierungsrate von 2 % pro Jahr angenommen sowie ein Sanierungsniveau, das dem heutigen gesetzlichen Mindeststandard entspricht. Durch Prozesseffizienzmaßnahmen in Industrie und Gewerbe resultiert in dem Szenario eine Wärmebedarfsreduktion um ca. 3 % bis 2040. Zusätzliche Wärmebedarfe werden voraussichtlich durch verschiedene neue Wohnquartiere entstehen und sind entsprechend im Wärmebedarf für das Zieljahr berücksichtigt. Gegenüber dem Basisjahr 2023 resultiert für das Zielszenario insgesamt ein um rund 26 % reduzierter Wärmebedarf.

Die Analyse der lokal verfügbaren emissionsfreien Wärmequellen ergibt, dass die größten Potenziale im Bereich der Erdwärme und lokal spezifischer Nutzung von Freiflächen durch Solarthermie liegen. Darüber hinaus sind für eine vollständige Bedarfsdeckung die Nutzung von im Wesentlichen räumlich unabhängigen Energieträgern wie Außenluftwärme, Biomasse und „grüne Gase“ erforderlich und einsetzbar.

Zielszenario 2040

Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Wärmeplanungsgesetz das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung vor. Gemäß Gesetzesbegründung bedeutet dies, dass durch die Wärmeversorgung im Zieljahr nur noch Wärme auf Basis von erneuerbaren Energien oder Abwärme zum Einsatz kommen darf. Auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse wird dieses „Zielszenario“ ausgearbeitet, das aufzeigen soll, mit welchen Energieträgern und Versorgungssystemen eine klimaneutrale Wärmeversorgung erreicht werden kann.

Der Endenergiebedarf für Wärme in Tettnang beträgt im Zieljahr 2040 rund 151 GWh, dieser Bedarf ist durch emissionsfreie Wärmequellen zu decken. Ausgehend von rund 77 % fossiler Endenergie im Basisjahr zeigt dies die Dimension des fortzuführenden Transformationsprozesses.

Zentrales Element der Wärmeerzeugung sind im Zielszenario die Wärmepumpen in Gebäuden, ergänzt durch dezentrale Biomassefeuerungen. Wärmepumpen stellen hierbei zwei Drittel der Wärme im Zielszenario. Wesentliche Umweltwärmequellen sind Außenluft und Geothermie. Weiterhin wird auch das neu zu errichtende Wärmenetz in Tettnang einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung im Wärmesektor leisten. Dieses gilt es konsequent zu auszubauen und die zunächst eingesetzte Biomasse anschließend durch lokale Wärmequellen zu diversifizieren.

Im Rahmen des Zielszenario-Prozesses sind auf der Ebene von 106 Teilgebieten räumlich zugeordnete Empfehlungen in den Teilgebiet-Steckbriefen ausgearbeitet, die Aufschluss darüber geben, welche Energieversorgungssysteme (Wärmenetze, dezentrale Heizungsanlagen) und Energieträger für die Erreichung der Klimaneutralitätsziele eine Option darstellen.

Handlungsstrategie/Maßnahmenkatalog

Auf Basis der Ergebnisse des Zielszenarios sind Handlungsstrategien und ein Katalog mit fünf Maßnahmen erarbeitet worden, deren verpflichtende Umsetzung laut Klimaschutzgesetz in den nächsten fünf Jahren begonnen werden soll. Darüber hinaus sind grundlegende

strukturelle und unterstützende Maßnahmen bei der Kommunalverwaltung für die Umsetzung dieses Transformationsprozesses ausformuliert.

Die fünf Maßnahmen sind in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung, und den zuständigen Netzbetreibern entwickelt und ausführlich in Steckbriefen in Kapitel 7.5 beschrieben. Hierbei handelt es sich um folgende Maßnahmen.

1. Stromnetzcheck – *Ist das Stromnetz bereit für den Ausbau der Wärmepumpen?*
2. Weiterentwicklung und Ausweitung Wärmenetz Tettnang – *Aufbau eines neuen Wärmenetzes und Erschließung weiterer Wärmequellen*
3. Ausweitung der Beratungsangebote Sanierung und Effizienzsteigerung– *Motivation und Unterstützung zur Senkung des Wärmebedarfs in Tettnang*
4. Potenzialerschließung Erdwärmesonden – *Unterstützung der Eigentümer bei der Erschließung von Erdwärme*
5. Potenzialerschließung Außenluftwärme – *Unterstützung der Eigentümer bei der Erschließung von Außenluft-Wärmepumpen*

2 Kommunale Wärmeplanung

2.1 Das Planungsinstrument der kommunalen Wärmeplanung

Die kommunale Wärmeplanung ist ein strategisches Planungswerkzeug, um das Handlungsfeld Wärme innerhalb der nachhaltigen Stadtentwicklung gestalten zu können. Die Kommunen entwickeln dabei eine Strategie zum langfristigen Umbau der Wärmeversorgung hin zur Klimaneutralität, die die jeweilige Situation vor Ort bestmöglich berücksichtigt. Sie enthält eine Analyse des Wärmebedarfs vor Ort und Maßnahmen, wie dieser mit erneuerbaren und emissionsfreien Energien perspektivisch gedeckt werden kann[2].

Durch die Wärmeplanung verfügen Kommunen über einen starken Hebel, um die Wärmewende sowohl schneller als auch effizienter voranzutreiben. Der ganzheitlich und konsequent auf die Klimaneutralität ausgerichtete Ansatz eröffnet der Verwaltung und kommunalen Entscheidungsebene einen strategischen Fahrplan, der ihre Arbeit in den Folgejahren Orientierung geben kann. Ein Wärmeplan ersetzt dabei niemals eine ortsgenaue Planung eines Wärmenetzes oder detailliertere Betrachtungen in einem Quartier.

Die Rahmenbedingungen, der Umfang sowie die Inhalte der Wärmeplanung sind im Wärmeplanungsgesetz des Bundes geregelt. Dieses verpflichtet alle Kommunen in Deutschland schrittweise zur Erstellung eines Wärmeplans, abgestuft nach Gemeindegröße. Großstädte (über 100.000 Einwohner) müssen ihren Wärmeplan bis Mitte 2026 vorlegen, kleinere Gemeinden folgen bis spätestens Mitte 2028. Ziel ist es, eine flächendeckende, vorausschauende und klimaneutrale Wärmeversorgung in Deutschland zu ermöglichen.

2.2 Vorgehensweise und Methodik

Die Kommunale Wärmeplanung besteht im Kern aus vier Arbeitsphasen: Bestandsanalyse inklusive Eignungsprüfung, Potenzialanalyse, Zielszenario und Maßnahmenkatalog.

Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden Daten zur Gebäude-, Siedlungs- und Energieinfrastruktur erhoben und analysiert. Das digitale Liegenschaftskataster liefert Informationen zur Nutzungsart und Kubatur der Gebäude, den Flurstücken und Straßen. Im Anschluss wird der aktuelle Wärmebedarf/-verbrauch erhoben und die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen ermittelt. Zusätzlich werden Informationen zur Energieinfrastruktur, wie z.B. Gas- und Wärmenetze, zur dezentralen Wärmeerzeugung in Gebäuden und zum Gebäudebestand allgemein analysiert.

Die Grundlagen für die Bestandsanalyse sind unter anderem gebäudescharfe als auch aggregierte Schornsteinfegerdaten, Verbrauchsdaten für leitungsgebundene Energieträger (Gas, Strom, Wärme), das digitale Liegenschaftskataster. Ergänzend fließen lokale

[2] Siehe Erläuterung zur klimaneutralen Wärme in Anhang im Kapitel 10.3

Informationen zu Bebauungsplänen, kommunalen Gebäuden und denkmalgeschützten Gebäuden mit ein. (siehe Kapitel 4.2)

Die **Eignungsprüfung** gemäß § 14 des Wärmeplanungsgesetzes bewertet systematisch, welche Teilgebiete einer Kommune sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung über Wärmenetze oder Wasserstoffnetze eignen. Für diese Teilgebiete kann die Kommune eine verkürzte Wärmeplanung vornehmen.

Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse dient der Berechnung der Potenziale zur Energieeinsparung für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme in den Sektoren Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen, Industrie und öffentlichen Liegenschaften sowie der lokal verfügbaren Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärme.

Zielszenario

Das Zielszenario steht für die Entwicklung eines Szenarios zur Deckung des zukünftigen Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien zur Erreichung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Dazu gehört eine räumlich aufgelöste Beschreibung der dafür benötigten zukünftigen Versorgungsstruktur im Jahr 2040 mit ausgewählten zeitlichen Zwischenschritten. Dies erfolgt durch die Einteilung des beplanten Gebiets in Wärmenetzgebiete, Wasserstoffnetzgebiete und Gebiete für die dezentrale Versorgung.

Handlungsstrategie und Maßnahmenkatalog

Der Prozess der kommunalen Wärmeplanung führt Potenziale und Bedarf systematisch zusammen. Auf diese Weise lassen sich Einsatzmöglichkeiten der Energiequellen in einem klimaneutralen Wärmesystem definieren und lokal umsetzen. Aufbauend auf dem Zielszenario werden sowohl grundlegende als auch konkrete Maßnahmen und Strategien formuliert, die für die erfolgreiche Umsetzung dieses Transformationsprozesses empfohlen werden.

Die Maßnahmen beziehen sich spezifisch auf unterschiedliche Eignungsgebiete und Quartiere sowie auf strukturelle und prozesshafte Aspekte auf Seiten der Kommunalverwaltung. Gemäß dem Klimaschutzgesetz sind fünf prioritäre Maßnahmen zur Umsetzung in den nächsten fünf Jahren möglichst detailliert zu beschreiben. Die Summe der beschriebenen Maßnahmen soll helfen, die erforderlichen Treibhausgasminderungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu erreichen.

Der kommunale Wärmeplan soll in der anschließenden Umsetzungsphase Orientierung geben. Seine Ergebnisse und Handlungsvorschläge dienen der Verwaltung und dem Gemeinderat als Grundlage für die weitere Stadt- und Energieplanung. Während des gesamten Prozesses gilt es, die Inhalte anderer Vorhaben der Kommune, etwa die der Bauleit- oder Regionalplanung, zu berücksichtigen.

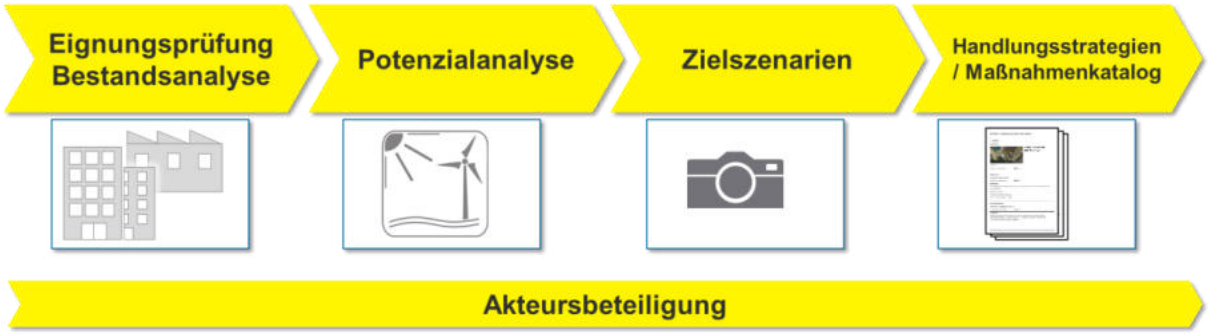


Abbildung 1: Übersicht der Arbeitsphasen einer KWP

Exkurs: Definition klimaneutrale Wärmeversorgung

Das Ziel eine klimaneutralen Wärmeversorgung definiert das seit Januar 2024 in Kraft getretene „Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“ (WPG). Dort ist zur Erfüllung einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Zielszenario gemäß § 19 Abs. 1 WPG „… eine Wärmeversorgung ausschließlich auf Grundlage von Wärme aus erneuerbaren Energien oder aus unvermeidbarer Abwärme innerhalb des beplanten Gebiets …“ auszuarbeiten. Der Gesetzgeber definiert dabei keine Emissionsvorgaben, sondern lediglich für die Erfüllung als geeignet eingestufte Energieträger.

Auf Ebene der Kommune bestehen dabei überörtliche Abhängigkeiten von klimaneutralem Strom und eventuell auch in angemessenem Umfang sonstigen klimaneutralen Energieträgern („grünes Methan oder Wasserstoff“), die nicht unbedingt im Kommunalgebiet hergestellt werden können. Die Orientierung an den Klimaschutzzielen und -vorgaben von Bund und Land gewährleistet, dass diese klimaneutralen Versorgungsmöglichkeiten nur in angemessenem Umfang in die örtliche Planung eingestellt werden.

Die in Tabelle 17 aufgeführten Emissionsfaktoren zeigen auf, dass auch im Zieljahr erneuerbare Wärme emissionsbehaftet sein kann. Die aus dem Technikkatalog angelehnten Emissionsfaktoren verdeutlichen dabei die in der Gesetzesbegründung erwähnten überörtlichen Abhängigkeiten und den Sachverhalt, dass gemäß diesen Emissionsszenarien auch bei „Wärme aus erneuerbaren Energien“ Treibhausgasemissionen resultieren.

Die Darstellung des Zielszenarios bezieht sich im Fachgutachten aus diesem Grund im Wesentlichen auf die darin eingesetzten Energieträger und Versorgungssysteme.

2.3 Organisatorischer Rahmen

Das Wärmeplanungsgesetz verpflichtet Kommunen in Deutschland bis spätestens Juni 2028 eine kommunale Wärmeplanung zu erstellen und alle fünf Jahre bezüglich künftiger Entwicklungen zu überprüfen. Die kommunale Wärmeplanung ist für Kommunen der zentrale strategische Prozess, um Maßnahmen für das Erreichen der Klimaschutzziele im Wärmebereich zu identifizieren. Dabei folgt sie dem Leitspruch: Energiewende durch

Wärmewende. Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Wärmeplanungsgesetz das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 vor.

Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung werden an zentraler Stelle durch die Regierungspräsidien geprüft. Spätestens alle fünf Jahre muss die kommunale Wärmeplanung fortgeschrieben werden. Damit wird gewährleistet, dass die Ergebnisse geprüft und die Umsetzung weiter vorangetrieben werden. Die Kommunen erhalten zukünftig zur Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung Konnexitätszahlungen.

Tettnang ist eine Stadt im Bodenseekreis in Baden-Württemberg mit rund 20.000 Einwohnerinnen und Einwohnern und erreicht damit die Größe einer Mittelstadt. Das Stadtgebiet gliedert sich in mehrere Stadtteile und Ortschaften, darunter Kau, Langnau und Tannau.

Der Stadtteil Tettnang bildet das städtische Zentrum und weist einen kleinstädtischen Charakter mit gemischten Wohn- und Gewerbenutzungen auf. Kau liegt westlich der Kernstadt und ist überwiegend ländlich geprägt. Langnau befindet sich im Argental und verfügt mit Ober- und Unterlangnau über dörfliche Strukturen. Tannau liegt nordöstlich der Innenstadt und ist durch verstreute Weiler sowie eine vorwiegend landwirtschaftliche Nutzung gekennzeichnet. Das Landschaftsbild Tettnangs wird maßgeblich durch den Hopfenanbau geprägt, der fest in der regionalen Kultur verankert ist und sich auch im Stadtlogo widerspiegelt.

Der Klimaschutz ist in Tettnang fest verankert. Bereits 2016 trat die Stadt dem Klimapakt des Landes Baden-Württemberg bei. Im Jahr 2022 wurde ein energie- und klimapolitisches Leitbild beschlossen, 2025 wurde ein integriertes Klimaschutzkonzept erarbeitet, das durch die kommunale Wärmeplanung mit Fokus auf die Wärmeversorgung ergänzt wird.

Die kommunale Wärmeplanung ist organisatorisch beim Amt für Stadtplanung, Klima und Umwelt angesiedelt. Dort werden neben der Stadtentwicklungsplanung auch Themen wie Klimaschutz, Klimaanpassung sowie Quartierskonzepte bearbeitet.

3 Beteiligungs- und Kommunikationskonzept

Für den Erfolg und die Akzeptanz einer kommunalen Wärmeplanung bedarf es einer aktiven Beteiligung und Information der lokalen Akteure und der Öffentlichkeit. Der partizipative Beteiligungsprozess hat das Ziel, mit den an der späteren Umsetzung zuständigen Akteuren akzeptierte Ergebnisse und Maßnahmen zu finden. Zu Beginn sind daher im Rahmen einer Akteursanalyse die wesentlichen Akteure identifiziert und deren Erwartungen an die KWP erfasst worden. Darauf aufbauend wurde ein Kommunikationskonzept frühzeitig entwickelt, um eine Mitwirkung und zielgruppenspezifische Einbindung der lokalen Akteure zu erreichen.

Bei der Akteursanalyse sind zunächst alle relevanten Akteure in Gruppen eingeteilt und für diese ein Beteiligungs- und Kommunikationskonzept erstellt worden. Die identifizierten Akteursgruppen sind in Tabelle 1 aufgelistet. In Abhängigkeit von den Gruppen und Kommunikationsformaten sind mit der Kommunalverwaltung entsprechende Beteiligungsformate festgelegt worden.

Tabelle 1: Akteursgruppen

	Gruppe
A1	Gemeinderat
A2	Verwaltung
A3	Energieunternehmen
A4	Handwerker, Schornsteinfeger
A5	Großverbraucher
A6	Immobilienbestandshalter
A7	Landwirtschaft
A8	Öffentlichkeit
A9	Energieagentur Oberschwaben

Information der betroffenen Öffentlichkeit

Gemäß § 13 Absatz 2 ist die betroffene Öffentlichkeit frühzeitig und fortlaufend über die Vorgehensweise und Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung zu informieren.

Die Öffentlichkeit wurde zu Beginn im Rahmen einer öffentlichen Bekanntmachung in den Stadtnachrichten Tettnang über den Start und die Inhalte der kommunalen Wärmeplanung informiert. Darüber hinaus sind die Zwischenergebnisse und Meilensteine der kommunalen Wärmeplanung auf der Webseite der Kommune veröffentlicht.

Darüber hinaus wurde der Zwischenstand der Kommunalen Wärmeplanung vor Festlegung der Maßnahmen am 10.11.2025 im Rahmen einer Informationsveranstaltung der Öffentlichkeit präsentiert. An Thementischen gab es die Möglichkeiten für Rückmeldungen zur KWP sowie für Diskussionen des anstehenden Transformationsprozesses und Kontaktaufnahme zu lokalen Akteuren (Energieagentur, Stadtverwaltung). Auf der Webseite der Kommune wurde

im Nachgang zur Informationsveranstaltung der Entwurf des Zielszenarios veröffentlicht und Kontaktdaten für Fragen und Rückmeldungen benannt.

Neben der Information der Öffentlichkeit kommt der Information des Gemeinderats und der relevanten kommunalpolitischen Gremien und Ausschüssen eine zentrale Rolle zu. Die erste Information fand am 21.05.2025 im Gemeinderat statt. Die Zwischenergebnisse der Bestandsanalyse- und Sanierungspotenziale wurden hier präsentiert. Am 22.10.2025 wurden die Ergebnisse des Zielszenarios und der Ausblick auf die letzte Projektphase im Gemeinderat vorgestellt. Ziel der Vorstellungen war es über die Relevanz der kommunalen Wärmeplanung und den aktuellen Stand zu informieren sowie das weitere Vorgehen zu erläutern. Dadurch konnten regelmäßig Fragen und Anmerkungen aus der Kommunalpolitik abgeholt und in die weitere Bearbeitung integriert werden.

Die finale Präsentation im Gemeinderat findet am 29.04.2026 statt wo auch der Beschluss der Maßnahmen und des Wärmeplans vorgesehen ist.

Partizipative Beteiligung der wesentlichen Akteure

Das Wärmeplanungsgesetz fordert im Rahmen von § 7 die Beteiligung der wesentlichen Akteure an der Wärmeplanung, deren Aufgabenbereiche durch die Wärmeplanung berührt werden. Dazu zählen konkret die kommunalpolitischen Vertreter und die Verwaltung sowie die Energieunternehmen und Netzbetreiber.

Das zentrale Format für die Kommunikation waren hierbei regelmäßig stattgefundene Besprechungstermine mit der Stadtverwaltung. Hier wurden je nach Projektphase, in der Regel monatlich, die Zwischenstände vorgestellt und aktuelle Projektthemen diskutiert. Diese Zwischenstände wurden in die weiteren Verwaltungseinheiten kommuniziert.

Zum Kommunikations- und Partizipationskonzept gehörte, je Projektphase die außerhalb der Verwaltung angesiedelten, relevanten Akteure in Termine mit einzubeziehen. Diese fanden zur Abstimmung der Zielszenarien im September 2025 und Maßnahmenentwicklung im November 2025 statt. Insgesamt fanden drei Abstimmungstermine mit dem Regionalwerk Bodensee und der Netze BW in ihrer jeweiligen Rolle als Netzbetreiber statt. Die Gespräche wurden genutzt, um sich bilateral über bestehende und geplante Entwicklungen bei den Netzinfrastrukturen (Gas, Wärme, Strom) zu berichten.

Darüber hinaus wurden weitere Akteursgruppen über die Zwischenergebnisse nach der Erstellung der Bestandsanalyse und des Zielszenario-Entwurfs über die Inhalte und das weitere Vorgehen informiert. Hierfür fanden zwei digitale Termine am 15.05.2025 und 28.10.2025 statt. Der Beteiligungskreis umfasste jeweils ca. 20 Teilnehmer, zusammengesetzt aus den lokalen Netzbetreibern, Gewerbe und Großverbrauchern, Immobilienbestandshaltern, der Kreishandwerkerschaft, der Stadtverwaltung, sowie der Energieagentur Oberschwaben. Die eingeladenen Akteure konnten in diesen Formaten in das Gespräch mit der Kommune und dem Dienstleister treten und Rückmeldungen zu den anstehenden Arbeiten einfließen lassen.

Die Rückmeldungen zu den jeweiligen Zwischenergebnissen wurden zentral von der Kommunalverwaltung gesammelt, in einer Abwägungstabelle bewertet und für die weitere Berücksichtigung im Wärmeplan aufbereitet.

4 Bestandsanalyse

4.1 Ziele und Vorgehensweise

Die Bestandsanalyse basiert auf der Erhebung von Informationen zu den vorhandenen Gebäudetypologien, der Versorgungsstrukturen von Gas- und Wärmenetzen, Heizzentralen und Speichern sowie der Ermittlung der Wärmeversorgungsstruktur in den Wohn- und Nicht-Wohngebäuden. Darauf aufbauend werden der Wärmebedarf und -verbrauch sowie die daraus resultierenden THG-Emissionen im Bereich Wärme bestimmt.

In den folgenden Abschnitten werden die grundlegend erhobenen Daten und die Datenherkunft näher beschrieben. Exemplarisch wird jeweils aufgezeigt, wie Analysen für die weitere Nutzung der Daten in der KWP eingesetzt werden.

Ein wesentliches Ziel der Bestandsanalyse ist die Ermittlung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen, die auf den Wärmesektor zurückzuführen sind. Mit diesen Ergebnissen kann eine erste verursacherorientierte und räumliche Zuordnung der Bedarfe und Umweltwirkungen in der Kommune vorgenommen werden. Für die anschließende Potenzialanalyse stellen diese Ergebnisse die wesentliche Grundlage dar, um Abschätzungen des zukünftigen Wärmebedarfs und der potenziellen Wärmedeckungsanteile ableiten zu können.

Die Aufbereitung und Bearbeitung der Daten erfolgt mit Hilfe des Open-Source-Geographischen-Informationssystems QGIS.

Neben den nachfolgend aufbereiteten Ergebnissen der Bestandsanalyse sind im Anhang in Kapitel 10 weitere Kennzahlen und Abgabebestandteile gemäß der Anlage 2 des Wärmeplanungsgesetzes enthalten.

4.2 Datengrundlagen

Um eine hohe Qualität der kommunalen Wärmeplanung zu gewährleisten, werden mit dem Wärmeplanungsgesetz die Kommunen zur Datenerhebung relevanter Daten ermächtigt. Gemäß § 10 des Wärmeplanungsgesetzes sind die Kommunen als planungsverantwortliche Stelle „ […] befugt, zur Erfüllung der ihr nach den Abschnitten 4 bis 6 obliegenden Aufgaben für die Bestandsanalyse nach § 15 oder für die Potenzialanalyse nach § 16 Daten schriftlich und in elektronischer und maschinenlesbarer Form zu verarbeiten, wenn und soweit dies für die Aufgabenerfüllung erforderlich ist. Dies umfasst insbesondere die Erhebung, Speicherung und Verwendung der Daten. […]“. Darin inbegriffen sind auch Daten von Gewerbe- und Industriebetrieben, die im Rahmen der KWP erhoben werden. Diese Daten dürfen lediglich zum Zweck der Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung verwendet werden.

Eine weitere Datenquelle sind verwaltungsinterne Informationen, Karten und Fachplanungen, die von den jeweiligen Fachbereichen und Ämtern bereitgestellt werden. Im Folgenden sind die Datengrundlagen bezüglich Herkunft und Inhalt erläutert.

4.2.1 Daten der Kommunalverwaltung

Allgemeine Daten der Kommunalverwaltung werden zu Beginn der Bearbeitung von den jeweiligen Fachbereichen und Ämtern angefordert. Wesentlicher Baustein ist das digitale Liegenschaftskataster als auch weitere Fachplanungen. Das digitale Liegenschaftskataster beinhaltet beispielsweise Gebäudeinformationen wie die Gebäudegrundfläche, die Gebäudefunktion und die Lagebezeichnung mit Adresse sowie weiteren Angaben zu Flurstücken und Flächennutzungen auf dem Kommunalgebiet.

Ergänzend werden bei der Kommunalverwaltung folgende Informationen abgefragt:

- Bebauungspläne
- Energiebericht kommunale Liegenschaften
- Erarbeitete Quartierskonzepte
- Geplante Neubaugebiete
- Kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte
- Liste denkmalgeschützter Gebäude
- Liste kommunaler Liegenschaften

4.2.2 Daten der Schornsteinfeger

Wichtige Daten im Bereich der Heizungsanlagen in Gebäuden werden grundsätzlich schon von den Bezirksschornsteinfegern erfasst, verarbeitet und dokumentiert. Aus diesem Grunde ermächtigt das Wärmeplanungsgesetz Kommunen zur Abfrage der Daten aus den einzelnen Kehrbezirken von den Schornsteinfegern. Die Schornsteinfegerverbände haben frühzeitig zusammen mit Softwareanbietern für den automatisierten Export der benötigten Daten Ausgabefunktion implementiert und unterstützen damit maßgeblich die Erstellung der KWP. Dies ermöglicht den einfachen Datenexport für die Weiternutzung in den Analysetools der Dienstleister.

Folgende Angaben und Daten werden unter anderem für die kommunale Wärmeplanung von den Bezirksschornsteinfegern gebäudescharf bzw. bei Einfamilienhäusern in aggregierter Form bereitgestellt:

- Adresse (Kommune, Straße und Hausnummer)
- Feuerstättenart
- Brennstoff
- Nennwärmeleistung
- Baujahr
- Heizwert/ Brennwert
- Art der Heizung: Zentralheizung/ Einzelraumheizung

4.2.3 Daten der Energieunternehmen

Die Ermittlung des kommunalen Energiebedarfs im Bereich Wärme kann über Bedarfskennzahlen oder über die Erfassung von Verbrauchsdaten geschehen. Verbrauchsdaten haben den Vorteil, dass diese der Realität entsprechen und die konkreten Nutzungsanforderungen dadurch besser wiedergegeben werden als bei pauschalen Bedarfskennzahlen. Den Energieunternehmen liegen für leitungsgebundene Energieträger die gebäudescharfen Verbrauchsdaten im Bereich Strom (Heizstrom, Wärmepumpenstrom), Wärme (Wärmeabsatz über Wärmenetze) und Gas vor, bei Einfamilienhäusern in aggregierter Form. Für eine qualitativ hochwertige und belastbare Bedarfsanalyse ist in Anlage 1 des Wärmeplanungsgesetzes die Kommune zur Erhebung der erforderlichen Daten bei den Energieunternehmen ermächtigt.

Neben den Verbrauchsdaten können Energieunternehmen als Betreiber von Energienetzen und Erzeugungsanlagen weitere relevante Informationen zur vorliegenden Infrastruktur in der Kommune liefern. Speziell für größere Wärmenetze ist die Information über die verbaute Technik in den Heizzentralen von großer Bedeutung, um konkrete Transformationspotenziale bewerten zu können.

Folgende Daten umfassen aktuell die Abfrage und Übermittlung:

- Energieanlagen und -infrastrukturen
    - Energienetze
        - Abwassernetz
        - Gasnetz
        - Wärmenetze
    - Installierte KWK-Leistung
    - Installierte elektrische Speicherkapazität
    - Installierte thermische Speicherkapazität
    - PV-Anlagen (Anzahl und Leistung)
    - Wärmezentralen inklusive Angaben zu Temperaturniveaus und Art der Wärmeerzeugung, Leistung der Erzeuger und Netzabnahme, Wärmemenge
- Verbrauchsdaten
    - Gasverbrauch
    - Wärmeverbrauch (an Wärmenetzen)
    - Wärmestromverbrauch aufgeschlüsselt in Direktstrom und WP-Strom

4.2.4 Großverbraucher

Im Zuge der ersten Berechnung der Wärmebedarfszahlen können Großverbraucher mit einem hohen Wärme- und Energieverbrauch identifiziert werden. Um Abwärme- und Energieeffizienzpotenziale zu erkennen, besteht für Gewerbe- und Industriebetriebe sowie die öffentliche Hand die Verpflichtung, unter anderem Angaben über Höhe und Art ihres Endenergiebedarfs, Wärmeenergiebedarfs und -verbrauchs zu machen. Hierzu wurden die identifizierten Großverbraucher im Rahmen einer Befragung angeschrieben und bei Bedarf über qualifizierende Interviews detaillierter analysiert.

4.3 Ergebnisse der Bestandsanalyse

Die Ergebnisse der Bestandsanalyse gelten für das gewählte Basisjahr 2023. Im Rahmen der Ergebnisvorstellung wird zunächst auf die Teilgebiet-Bildung eingegangen, da Teilgebiete eine geeignete Aggregationsebene bilden, um datenschutzkonform die Energiebedarfe und THG-Emissionen darstellen zu können. Im Anschluss werden die grundsätzliche Siedlungsstruktur und die aktuellen relevanten Energieinfrastrukturen erläutert. Den Abschluss der Ergebnisdokumentation bildet die Wärme- und THG-Bilanz, die Grundlage für die weitere Bearbeitung im Rahmen der Potenzialanalyse und des Zielszenarioprozesses ist.

4.3.1 Definition der Teilgebiete

Gemäß der in Kapitel 4.2 beschriebenen Datenerhebungsermächtigung werden, falls nicht aggregiert, im Rahmen der KWP auch zum Teil personenbezogene bzw. schützenswerte Daten auf Einzelgebäude-Ebene erhoben und verarbeitet. Für eine datenschutzkonforme Weiternutzung und Veröffentlichung werden diese Einzeldaten in Teilgebieten aggregiert.

Insgesamt wird die Kommune in 106 Teilgebiete eingeteilt. Zusätzlich werden 4 Teilgebiete zur Darstellung geplanter Neubaugebiete definiert. Kriterien für die Abgrenzung der Teilgebiete sind die Siedlungsstruktur, Gebäudenutzungstypen, Baualter sowie Energieträger und -infrastrukturen zur Wärmeversorgung. Ziel ist es neben der Einhaltung des Datenschutzes möglichst sinnvolle homogene Versorgungsbereiche für eine potenzielle zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung abzugrenzen. Räumliche trennende bzw. verbindende Elemente, wie Straßen, sind bei der Wahl der Teilgebietsgrenzen ebenfalls mitberücksichtigt. Die finale Auswahl der einzelnen Teilgebiete ist im engen Austausch mit der Kommunalverwaltung geschehen.

Einzelne Gebäude außerhalb der gewählten Teilgebiete, wie z.B. Aussiedlerhöfe, sind im Rahmen der GIS-Bearbeitung in einem virtuellen Teilgebiet „0“ zusammengefasst. Dieses wird nicht kartografisch dargestellt.

Im Rahmen der KWP werden die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse als auch des Zielszenarios auf Ebene der Teilgebiete ausgewiesen und dokumentiert.

4.3.2 Kommunalstruktur

Die Stadt Tettnang setzt sich aus drei Stadtteilen zusammen, die hauptsächlich durch Wohnnutzung geprägt sind. Das gesamte Gemarkungsgebiet der Kommune umfasst eine Fläche von 7.125 ha. Darunter befinden sich 1.918 ha Wald, 2.708 ha Grünland sowie 939 ha Ackerland. Der Großteil der nicht bebauten Flächen ist der landwirtschaftlichen Nutzung zuzuordnen.

Gebäudeinfrastruktur

Im Zuge der Bestandsanalyse werden in der Kommune insgesamt rund 12.631 Gebäude erfasst und analysiert. Die Kategorisierungen und Verteilungen der Gebäudetypen sind in Tabelle 2 aufgeführt. Darin wird zwischen verschiedenen Nutzungen mit erwartetem Wärmebedarf und der Kategorie Sonstige unterschieden. Die Kategorie Sonstige umfasst mit 57 % der Gebäudeanzahl alle Gebäude, die nach ihrer Nutzung keinen Wärmebedarf aufweisen (Garagen, Gartenhäuser, Scheunen, etc.). Unten den übrigen Nutzungsgruppen entfällt der größte Anteil der Gebäude mit rund 35 % an der Gebäudezahl und ebenfalls rund 35 % an der Fläche auf die Wohngebäude.

Bei einer Gesamtwohnfläche [3] von 1.014.000 m² in der Kommune resultiert eine einwohnerbezogene Wohnflächeninanspruchnahme von 50 m²/EW.

Tabelle 2: Gebäudestatistik

	Gebäudeanzahl	Rel. Anteil in %	Fläche im m² (BGF)	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäderbetriebe	13	0,1 %	29.002	0,9%
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	168	1,3%	184.747	5,5%
Hotel	3	0,0%	9.245	0,3%
Industrie	253	2,0%	368.008	11,0%
Mischnutzung	278	2,2%	257.437	7,7%
Öffentliche Einrichtung	122	1,0%	186.339	5,6%
Sondernutzung	106	0,8%	91.493	2,7%
Wohnnutzung	4.457	35,3%	1.171.412	35,1%
Sonstige	7.231	57,2%	1.037.301	31,1%
Gesamt	**12.631**		**3.334.985**	

[3] Berechnet aus der BGF der Wohnnutzung in Gebäuden

In Abbildung 2 ist die Verteilung der Baualtersklassen der Wohngebäude im Bestand in Tettnang dargestellt. Über 75 % der Wohngebäude weisen ein Baualter von mehr als 25 Jahre auf. Mit einem Anteil von 14 % nimmt die Baualtersklasse 1970-1979 den größten Anteil ein.

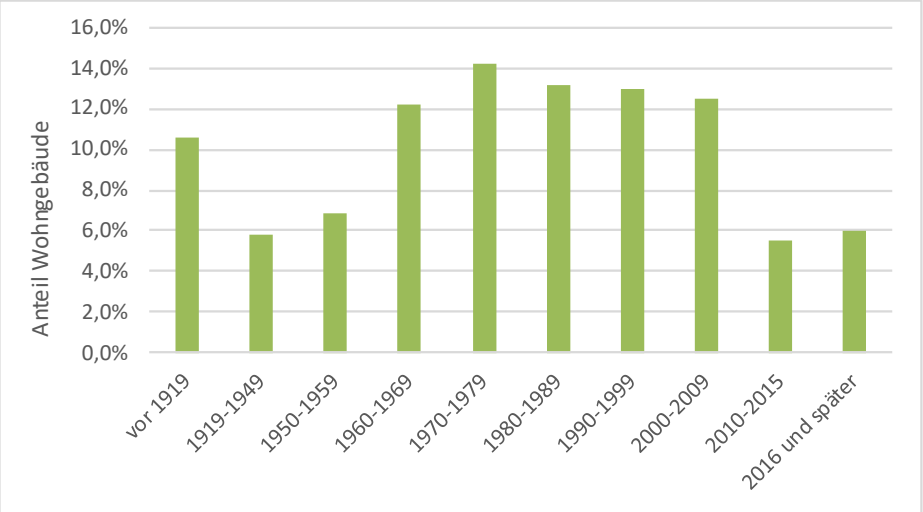


Abbildung 2: Baualtersklassen Wohngebäude im Bestand (prozentuale Verteilung)[4]

Die räumliche Verteilung der dominierenden Baualtersklassen wird auf Basis der Zensus-Daten[4] in Abbildung 3 dargestellt.

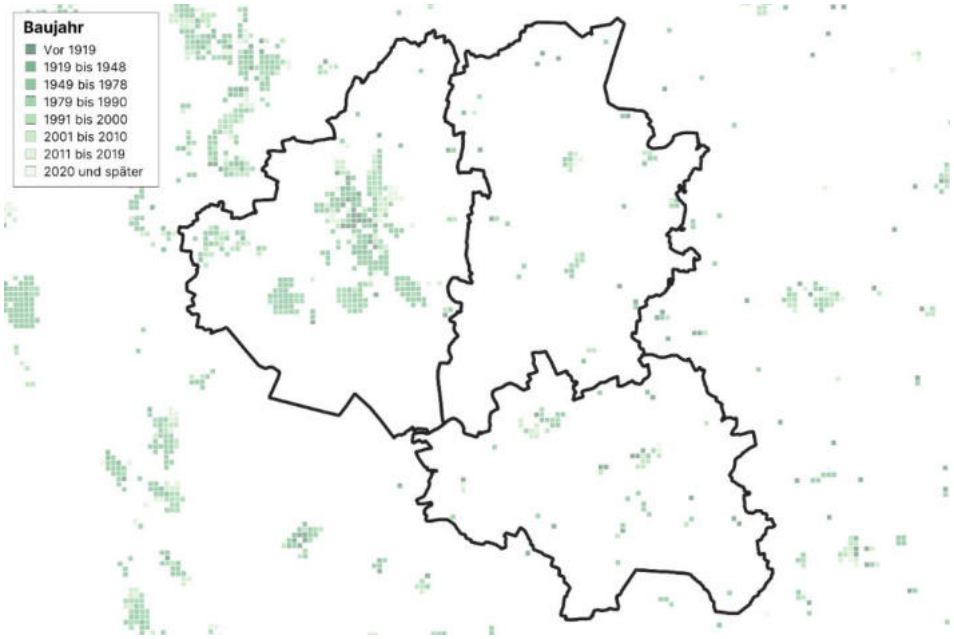


Abbildung 3: Räumliche Darstellung der Baualtersklasse der Gebäude

[4] Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2014: *Zensus 2011, Gebäude und Wohnung, Ergebnisse des Zensus am 9. Mai 2011*

Teilgebiet-Struktur

In Tabelle 3 und Abbildung 4 sind die Hauptnutzungsarten der Teilgebiete dargestellt. Die Hauptnutzungsarten werden auf Basis der einzelnen Gebäudenutzungen innerhalb der Teilgebiete bestimmt. Sofern eine dominierende Nutzungsart vorliegt, entspricht diese der Hauptnutzungsart des Teilgebietes. Falls keine eindeutige Nutzung für das Teilgebiet identifiziert werden kann, wird dieses als „Mischnutzung“ definiert. Analog zur Gebäudestatistik nehmen die Teilgebiete der Kategorie Wohnnutzung sowohl absolut als auch bezogen auf die Teilgebietsfläche den größten Anteil ein.

Tabelle 3: Teilgebiet-Statistik der Sektoren und Nutzungen

	Teilgebietanzahl	Rel. Anteil in %	Teilgebiet-fläche in ha	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäderbetriebe	1	0,9%	7	1,0%
Gewerbe, Handel, Dienstleistung	2	1,9%	7	1,0%
Hotel	-	0,0%	-	0,0%
Industrie	5	4,7%	68	10,5%
Mischnutzung	11	10,4%	96	14,7%
Mischnutzung GHD &Industrie	3	2,8%	-	0,0%
Öffentliche Einrichtung	2	1,9%	14	2,1%
Sondernutzung	-	0,0%	-	0,0%
Wohnnutzung	82	77,4%	462	70,7%
Gesamt	**106**		**654**	

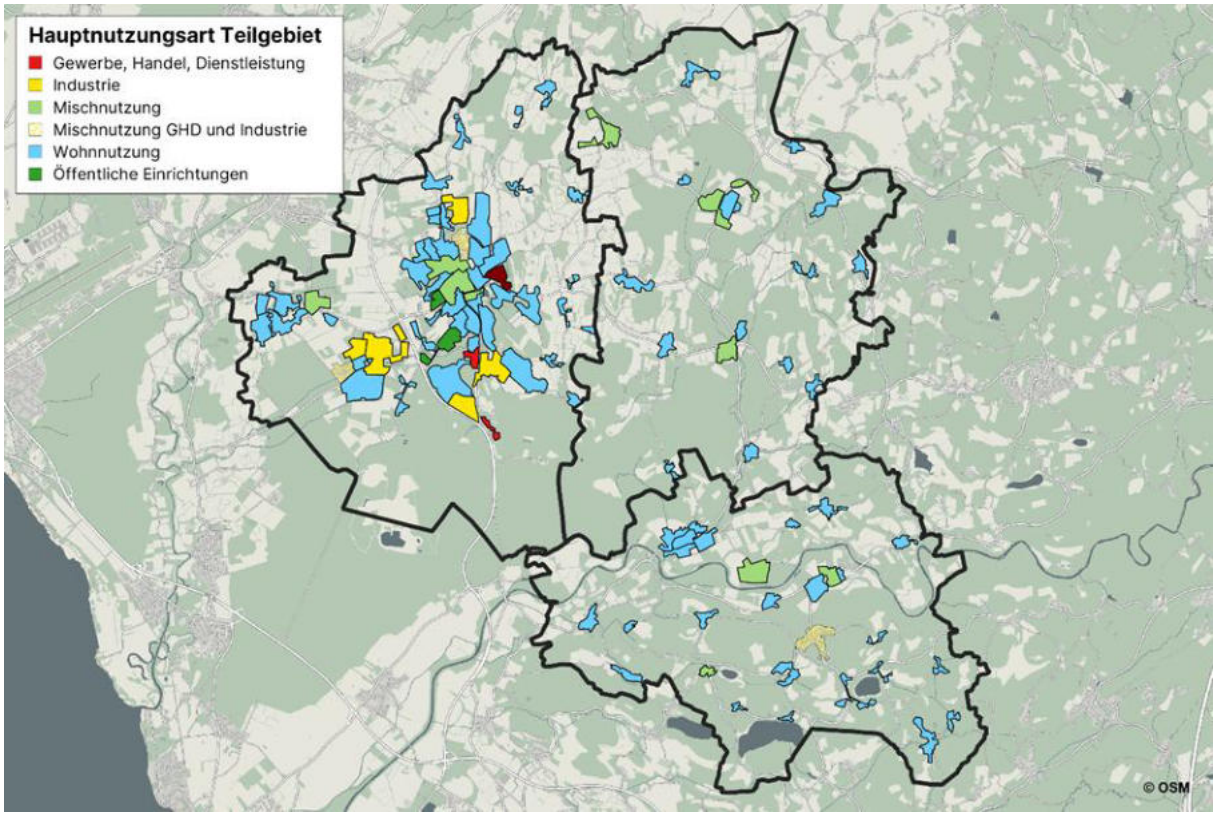


Abbildung 4: Hauptnutzungsarten der Teilgebiete

4.3.3 Energieinfrastruktur

Die Dokumentation der Energieinfrastruktur im Abschlussbericht beschränkt sich neben den im Anhang aufgeführten Kennzahlen auf die Beschreibung der Gas- und Wärmenetze. Diese sind in Abbildung 5 bis Abbildung 8 dargestellt.

Gasnetzinfrastruktur

Die Wärmeversorgung erfolgt zu einem nennenswerten Anteil über das Gasnetz. Dieses liegt im Stadtteil Tettnang flächendeckend vor, sowie in den Ortschaften Siggenweiler und Obereisenbach im Ortsteil Tannau. Alle weiteren Ortschaften sind nicht ans Gasnetz angeschlossen. Der Gasnetzbetreiber ist die Regionalwerk Bodensee GmbH & Co KG. Bei einer gesamten Leitungslänge von über 125 km resultiert aktuell ein Anschlussgrad von rund 36 % (entspricht 1.854 angeschlossenen Gebäuden). Abbildung 6 zeigt die Anschlussgrade und die Anzahl der angeschlossenen Gebäude je Teilgebiet.

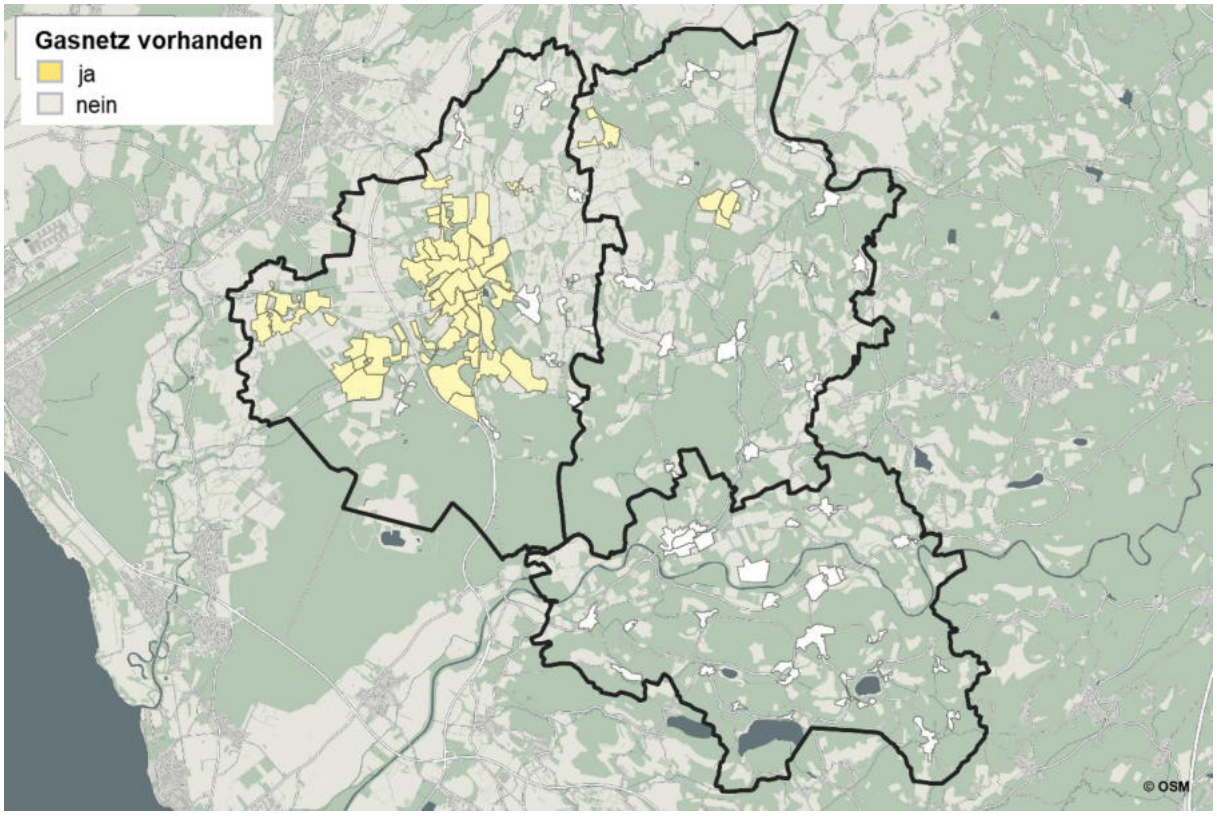


Abbildung 5: Übersichtskarte der Gasnetzinfrastruktur

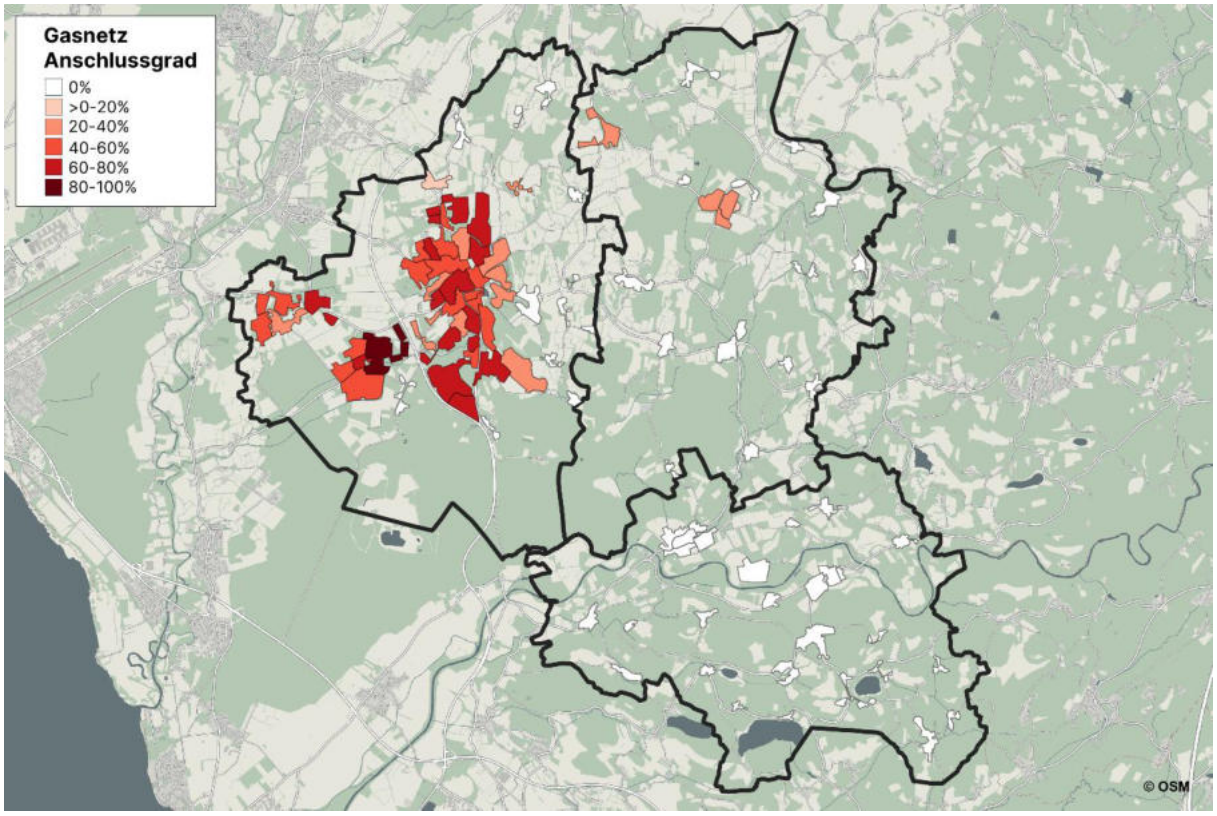


Abbildung 6: Teilgebiete mit Gasnetzinfrastruktur-Daten

Wärmenetzinfrastruktur

Die Wärmeversorgung über Wärmenetze spielt in Tettnang bisher keine relevante Rolle. Es gibt kleinräumige Netzinfrastrukturen, die vorrangig Neubauquartiere aus einem gemeinsamen Wärmeerzeuger versorgen. Darüber hinaus betreibt die Stadt Tettnang auch ein eigenes Gebäudenetz in Obereisenbach zur Versorgung der dortigen kommunalen Liegenschaften. Auch die Diakonie Pfingstweid betreibt ein Quartiersnetz am Ortsrand von Kau. Alle diese Netze werden auf Grund ihrer Größe nach GEG nicht als Wärmenetze eingestuft und damit auch im Sinne der Wärmeplanung nicht separat bilanziert. Die Anzahl der angeschlossenen Gebäude und die Anschlussgrade in Abbildung 8 sind daher in allen Teilgebieten 0.

Im Zusammenhang mit Wärmenetzen ist aber herauszustellen, dass durch die Betreibergemeinschaft Wärmeversorgungsgesellschaft Tettnang mbH (bestehend aus ENGIE und Regionalwerk Bodensee) derzeit die Errichtung eines Wärmenetzes geplant und bereits gebaut wird. Dies wird einen relevanten Teil des Stadtgebiets Tettnang mit Wärme versorgen können und wird in der Entwicklung der Zielszenarien entsprechend berücksichtigt.

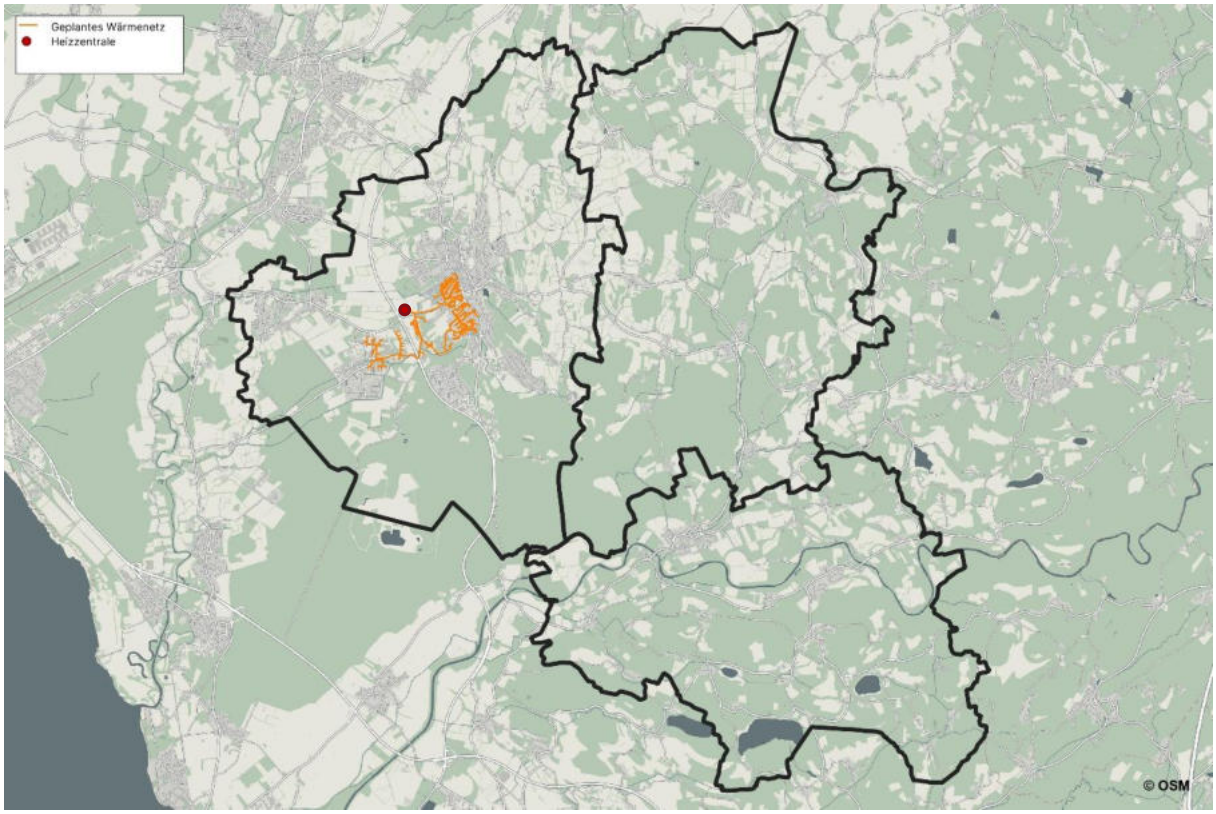


Abbildung 7: Übersichtskarte der Wärmenetzinfrastruktur

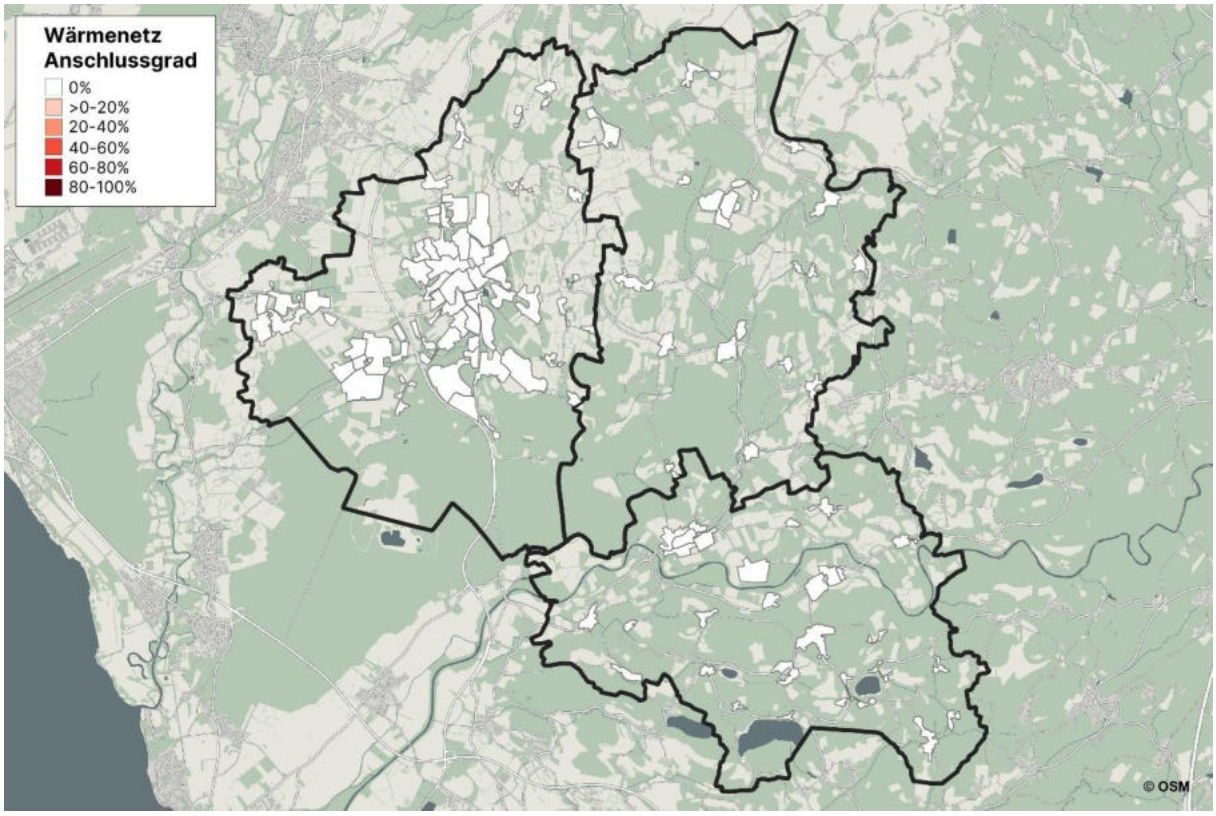


Abbildung 8: Teilgebiete mit Wärmenetzinfrastruktur-Daten

4.3.4 Wärmebedarf

Der Wärmebedarf des Basisjahres für das gesamte kommunale Gebiet wird auf Grundlage von Verbrauchsdaten und flächenbezogenen Bedarfskennzahlen hochgerechnet. Die Verbrauchsdaten stammen aus der Datenerhebung der Energieunternehmen. Die zusätzlichen berechneten Bedarfe werden in Abhängigkeit von den Gebäudenutzungen und den ermittelten Gebäudegrundflächen kalkuliert. Dieses Verfahren schafft durch die priorisierte Verwendung der realen Verbrauchsdaten eine hohe Güte der kommunalen Wärmemengen im Basisjahr. Bei der Betrachtung dieser Bewertungsgröße spielt die Art der Energiebereitstellung (Energieträger, Versorgungssystem) keine Rolle, dies wird im Folgekapitel behandelt.

Insgesamt resultiert in Tettnang ein Wärmebedarf[5] von 204.000 MWh/a. In Abbildung 9 und Abbildung 10 sind die räumlichen Verteilungen der Wärmebedarfe auf dem Kommunalgebiet ersichtlich. Neben dem absoluten Bedarf sind dort auch Wärmedichte- und Wärmeliniendichteangaben enthalten, die erste Schlüsse auf potenzielle Wärmenetzeignungsgebiete zulassen. Eine hohe Wärmedichte bzw. Wärmeliniendichte impliziert hierbei eine bessere Eignung.

Der Wärmebedarf pro Einwohner beträgt im Basisjahr rund 10 MWh/(EW·a).

[5] Wärme = Erzeugernutzenergieabgabe

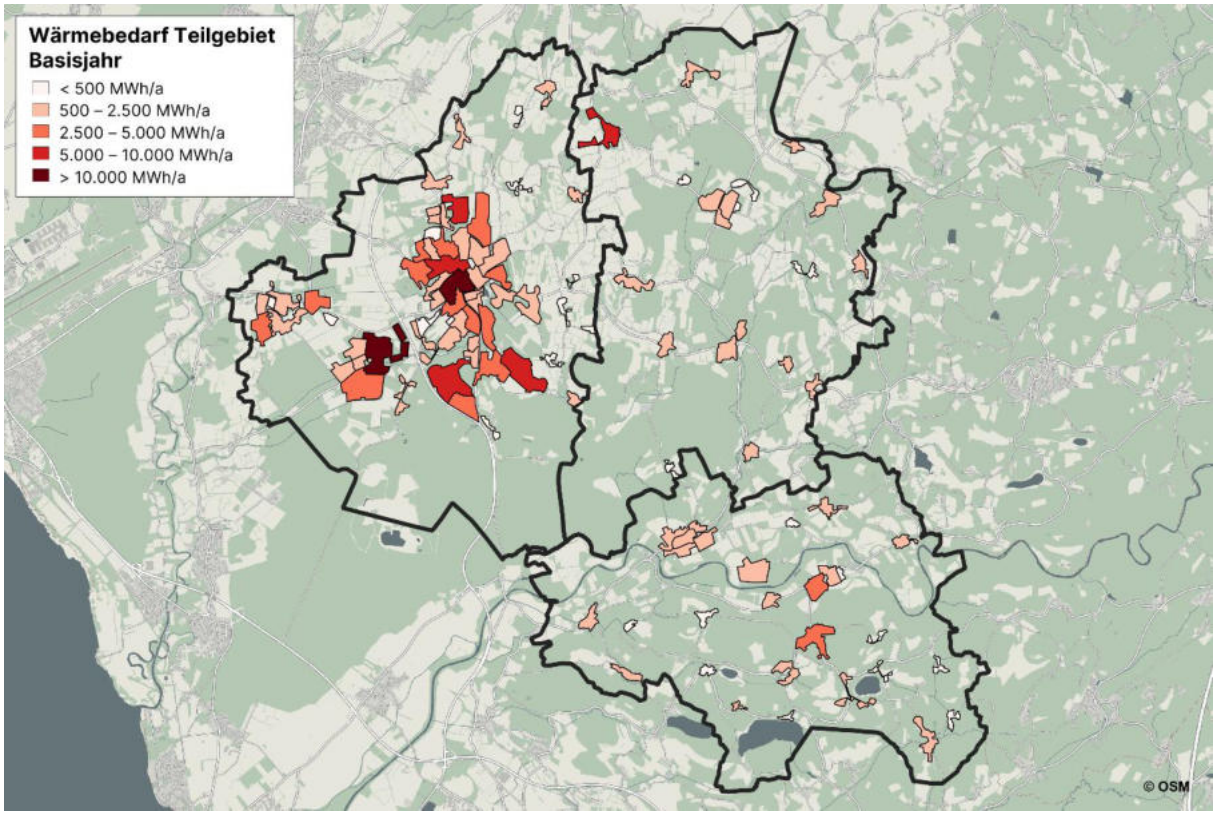


Abbildung 9: Wärmebedarf je Teilgebiet im Basisjahr

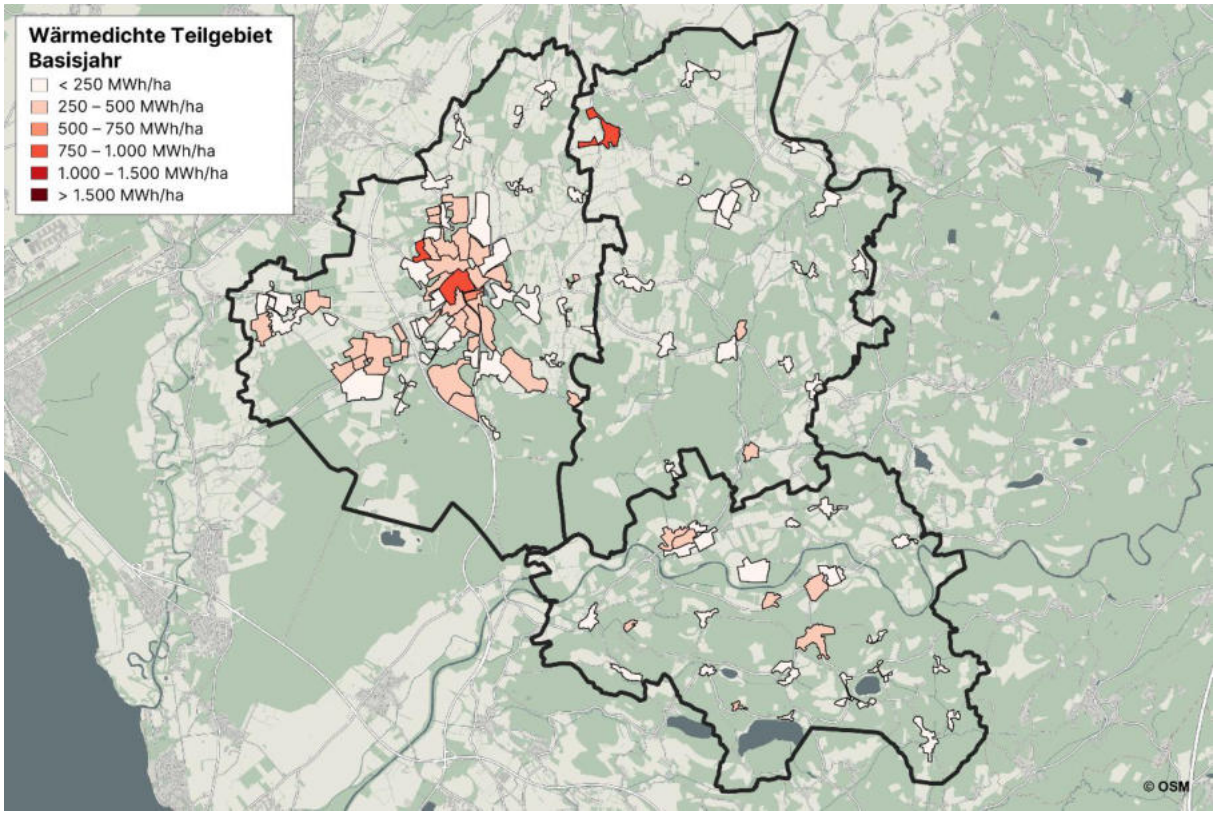


Abbildung 10: Wärmedichte je Teilgebiet im Basisjahr

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

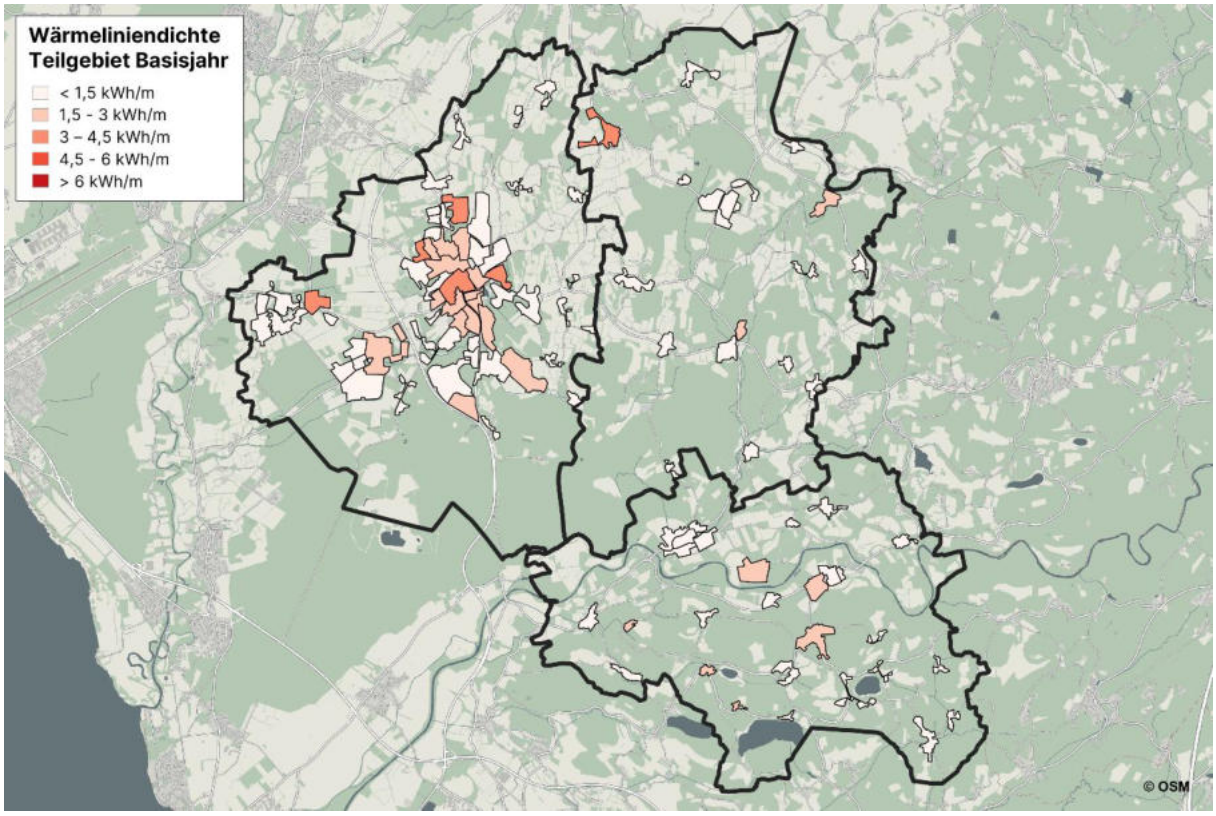


Abbildung 11: Wärmeliniendichte je Teilgebiet im Basisjahr

4.3.5 Endenergie- und Treibhausgasbilanz

Für die Bewertung der Ausgangssituation auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung sind die im Bereich Wärme eingesetzten Endenergieträger entscheidend. Denn das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bedeutet, dass fossile und damit nennenswert emissionsbehaftete Energieträger durch perspektivisch emissionsfreie Energieträger zu ersetzen sind.

Für diese große Transformationsaufgabe ist es wichtig zu verstehen, wie im Basisjahr die Energieträgerzusammenstellung aussieht, sowohl nach Einsatz in den Nutzungssektoren als auch nach Energieträgern.

Endenergiebilanz

In Abbildung 12 sind die Endenergiebedarfe im Bereich Wärme nach Verbrauchssektoren dargestellt. Bei einem Gesamtbedarf von rund 215 GWh/a nimmt die Wohnnutzung den deutlich höchsten Anteil mit 64 % ein. Die Kategorie Öffentliche Einrichtung ist mit einem Anteil von lediglich rund 3 % als untergeordnet einzustufen. Da die meisten Gebäude dieser Nutzungsgruppe kommunale Liegenschaften sind, ist sie aufgrund der direkten Einflussmöglichkeit der Kommunalverwaltung und der Vorbildfunktion dennoch von besonderer Relevanz. Die detaillierte Auflistung des Energieeinsatzes nach Nutzungssektoren ist in Tabelle 4 enthalten.

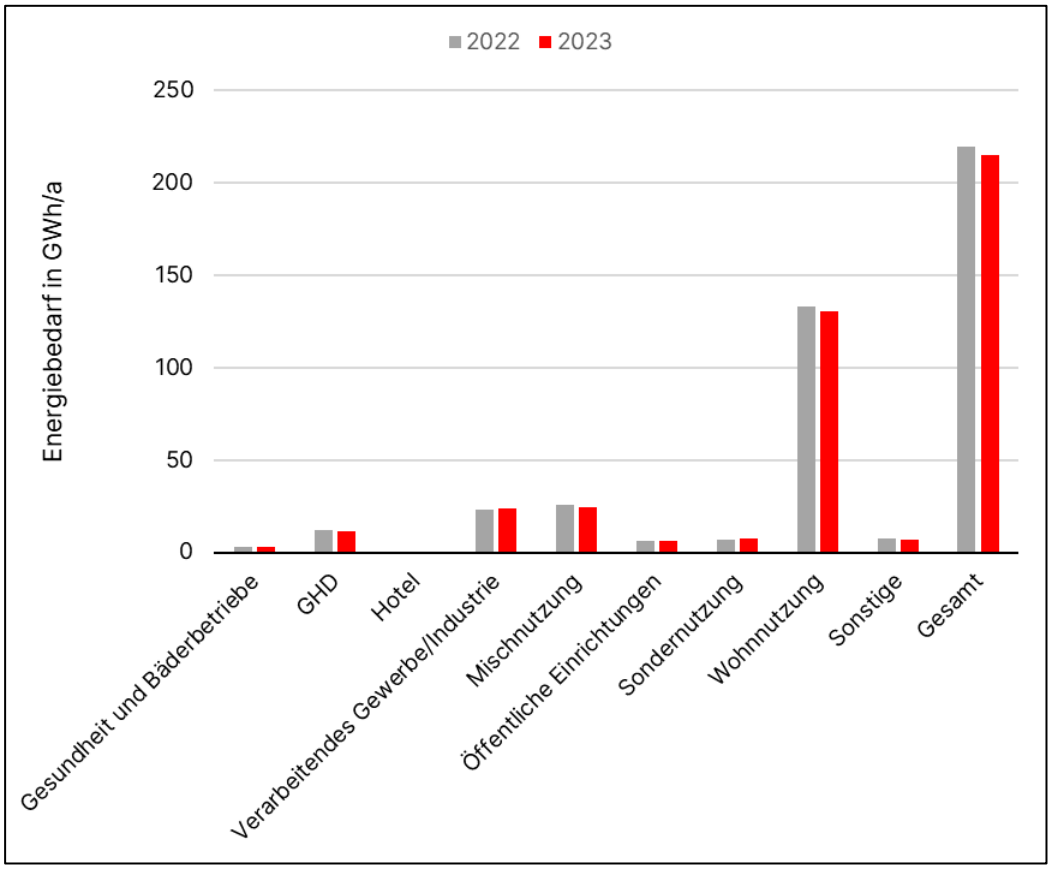


Abbildung 12: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren

Die Analyse des Endenergieeinsatzes nach Energieträgern verdeutlicht die große Dominanz fossiler Energieträger im Bereich der Wärmeversorgung. Durch einen Anteil von rund 46 % durch Erdgas und 21 % durch Heizöl ist die aktuelle Versorgung durch fossile Strukturen geprägt. In Tabelle 5 sind die jeweiligen Anteile der Energieträger an der Gesamtversorgung im Bereich Wärme detailliert aufgelistet.

Tabelle 4: Endenergie- und THG-Bilanz nach Nutzungssektoren

	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	THG-Emissionen in t/a	Rel. Anteil in %
Gesundheit und Bäder	2.795	1%	671	1%
GHD	8.564	4%	1.903	4%
Hotel	685	0%	180	0%
Industrie	27.555	13%	6.172	13%
Mischnutzung	25.142	12%	5.895	12%
Öffentliche Einrichtung	7.487	3%	1.696	3%
Sondernutzung	5.489	3%	1.328	3%
Wohnnutzung	138.134	64%	30.478	63%
Sonstige	689	0%	170	0%
Gesamt	**215.376**		**48.494**	

Tabelle 5: Endenergie- und THG-Bilanz nach Energieträgern

	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	THG-Emissionen in t/a	Rel. Anteil in %
Heizöl	45.179	21%	14.006	29%
Gas fossil (Erdgas)	98.061	46%	23.535	49%
Umweltwärme Bestand	10.842	5%	-	0%
Strom	9.904	5%	4.153	9%
Biomasse	32.443	15%	649	1%
Sonstige	18.947	9%	5.873	12%
Gesamt	**215.376**		**48.494**	

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

Ergänzend sind in Tabelle 6 die Anteile der Energieträger gegliedert nach leitungsgebundener Wärme und dezentralen Versorgungen aufgeführt.

Tabelle 6: Energieträgereinsatz nach Versorgungssystemen

	Wärmenetze		Dezentrale Versorgungen	
	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %	Endenergie Wärme in MWh/a	Rel. Anteil in %
Heizöl	0	0%	45.179	21%
Gas fossil (Erdgas)	0	0%	98.061	46%
Umweltwärme Bestand	0	0%	10.842	5%
Strom	0	0%	9.904	5%
Biomasse	0	0%	32.443	15%
Sonstige	0	0%	18.947	9%
Gesamt	**0**		**215.376**	

Treibhausgasbilanz

Die Berechnung der Treibhausgasbilanz basiert auf den zuvor ermittelten Endenergiebedarfen. Die Energiebedarfe je Energieträger werden hierzu mit den jeweiligen Emissionsfaktoren multipliziert, um die resultierenden Treibhausgasemissionen bestimmen zu können. Zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Bilanzen werden die Emissionsfaktoren angelehnt an den Technikkatalog i.A. des BMWK und BMWSB genutzt, die sowohl CO_2-Äquivalente als auch Vorketten beinhalten. Die konkreten Emissionsfaktoren sind im Anhang in Kapitel 10.3 aufgeführt. Die mit diesem Verfahren ermittelte Menge repräsentiert die Treibhausgas-Emissionen, die im Basisjahr im Bereich der Wärmeversorgung anfallen.

Das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bedingt, dass diese Emissionen auf ein Niveau nahe Null gesenkt werden.

Insgesamt resultieren im Basisjahr THG-Emissionen in Höhe von 48.500 Tonnen CO_2-Äquivalente. Bezogen auf die Einwohnerzahl ergibt sich ein Emissions-Kennwert von rund 2,4 t pro Einwohner für den Sektor Wärme.

In Abbildung 13 ist eine Heatmap-Darstellung gewählt, um die räumliche Verteilung der Emissionen im Kommunalgebiet zu visualisieren. Die Karte zeigt auf, dass sich im Kernstadtbereich von Tettnang aufgrund der höheren Wärmedichte und der Verortung von größeren Verbrauchern Emissionsschwerpunkte herausbilden.

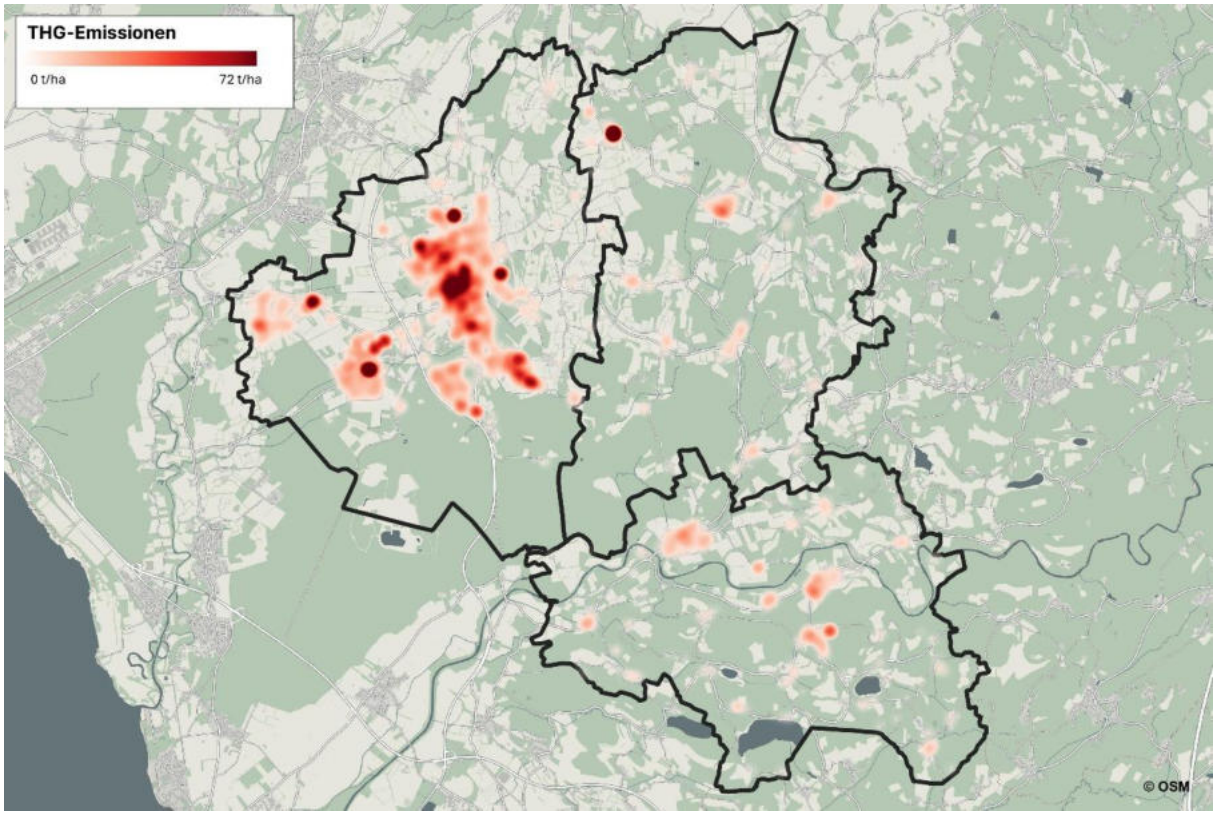


Abbildung 13: Heatmap-Darstellung der THG-Emissionen in der Kommune

4.3.6 Großverbraucheranalyse

Das Ziel der Großverbraucheranalyse ist die Quantifizierung des Potenzials zur Effizienzsteigerung und Abwärmenutzung.

Im Rahmen der Bestandsanalyse sind daher die größten Verbraucher von Wärme und Gas in der Kommune analysiert worden. Mithilfe von Fragebögen konnten die größten Verbraucher kontaktiert werden, um Wissen über die Hintergründe zu den Prozessen zu generieren und Abwärmepotenziale zu ermitteln. Insofern aus den Fragebögen hervorgeht, dass Prozesse vorliegen, die die Nutzung von Abwärme begünstigen, wird im Rahmen von Interviews das Potenzial verifiziert und die Möglichkeiten einer Auskopplung der Abwärme kommuniziert.

Ergebnis der Großverbraucherbefragung

Die Analyse der 10 größten Verbraucher im Bereich Wärme zeigt auf, dass diese für rund 12 % des gesamten kommunalen Wärmebedarfs verantwortlich sind und damit als bedingt relevant eingestuft werden. Die Befragung der Großverbraucher hat sehr unterschiedliche Rückmeldungen ergeben. Teilweise liegen Prozesswärmebedarfe vor, die ein geringes aber nicht weiter quantifizierbares Abwärmepotenzial liefern. Zum Teil liegen bereits konkrete Energiekonzepte vor, die vorhandene Abwärmemengen betriebsintern zur Wärmeversorgung einsetzen oder solche Konzepte sind in Arbeit. In Siggenweiler konnte ein Niedertemperatur-Abwärmepotenzial in Höhe von ca. 800 MWh/a identifiziert werden, was derzeit keiner Nutzung zukommt.

Die analysierte räumliche Verteilung der Großverbraucher zeigt, dass diese überwiegend im Ortsteil Tettnang, speziell im Gewerbegebiet Bürgermoos zu lokalisieren sind. Mit Ausnahme von Siggenweiler sind in den Ortsteilen Tannau und Langnau keine klassischen Großverbraucher zu verorten.

Gemäß Anlage 2 des Wärmeplanungsgesetzes sind die Großverbraucher standortbezogen darzustellen. In Abbildung 14 ist die räumliche Verortung dieser auf dem Kommunalgebiet einsehbar.

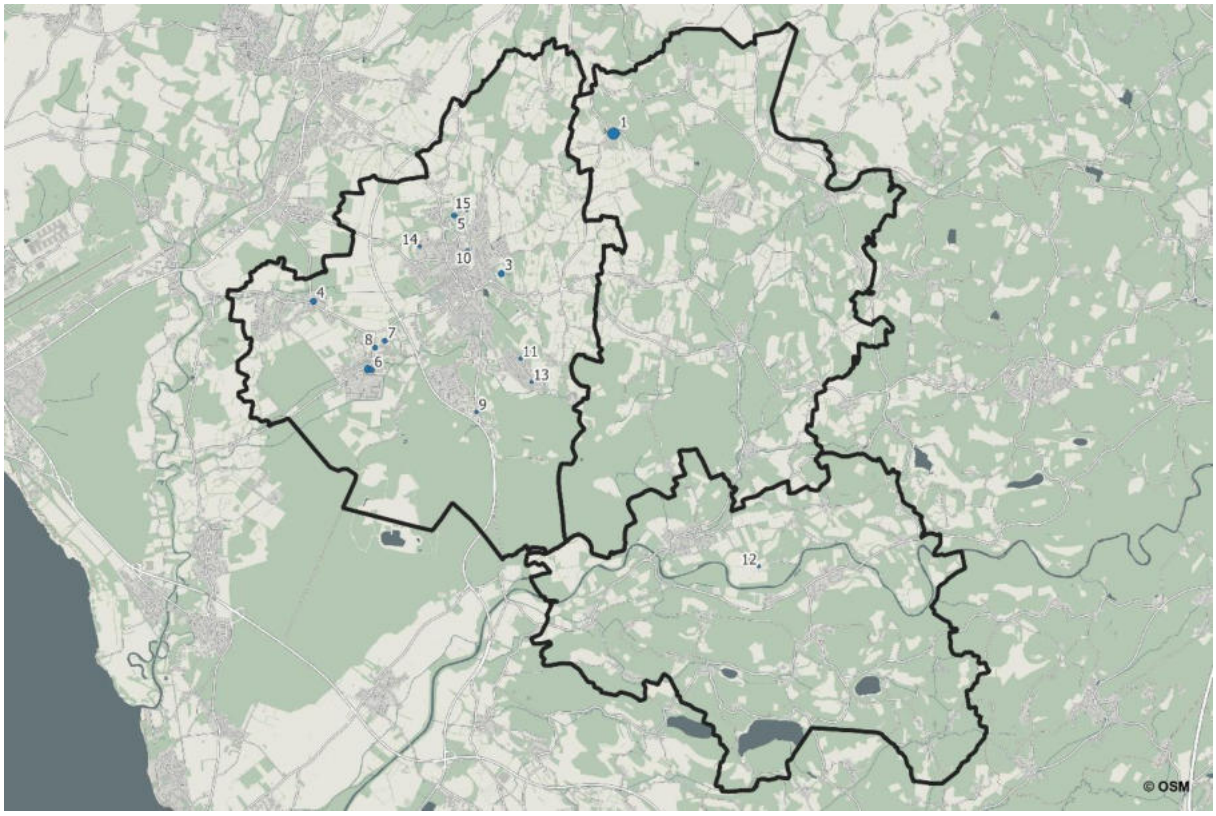


Abbildung 14: Standortbezogene Darstellung der Großverbraucher

4.4 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung nach §14 WPG wird im Rahmen der Bestandsanalyse vorgenommen. Dabei werden die Teilgebiete auf Grundlage der bekannten Informationen zur Wärmebedarfs- und Verbrauchsstruktur sowie der Wärme- und Gasinfrastruktur vertiefend analysiert und bewertet. Teilgebiete, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für die Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen, sollen identifiziert werden. Für solche Teilgebiete kann die Kommunalverwaltung entscheiden, eine verkürzte Wärmeplanung durchzuführen.

Die Eignung von Teilgebieten zur Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz wird grundsätzlich in die nachfolgenden vier Stufen kategorisiert.

- sehr wahrscheinlich geeignet
- wahrscheinlich geeignet
- wahrscheinlich ungeeignet
- sehr wahrscheinlich ungeeignet

Für die geplanten Neubaugebiete wird an dieser Stelle keine Eignungsprüfung vorgenommen.

4.4.1 Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wärmenetz

Für die Einstufung der Eignung eines Wärmenetzgebietes werden folgende Kriteriengruppen bestehend aus mehreren Unterkriterien herangezogen.

1. Wärmenetz Status Quo → *Bewertung existierender Wärmenetze*
2. Wärmebedarfsdichte → *Wärmebedarf im Teilgebiet*
3. Siedlungsstruktur → *Bebauungsdichte, Anteil einfamilienhausähnlicher Bebauung*
4. Ankerkunden → *Öffentliche Liegenschaften, Großverbraucher*
5. Erneuerbare Energie / Abwärme →*Verfügbarkeit erneuerbarer Wärme*
6. Hochtemperaturbedarf

Für jedes Unterkriterium wird nach einem objektiven Verfahren aus Ergebnissen der Bestandsanalyse eine Bewertung hinsichtlich der Wärmenetzeignung vorgenommen. In einem zweistufigen Wichtungsverfahren ergeben sich daraus die Bewertungen nach Kriteriengruppen und schließlich das Gesamtergebnis des Teilgebiets.

Das Ergebnis der Eignungsprüfung ist in Abbildung 15 dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine höhere Eignung in Gebieten im Stadtkern und verdichteten Bereichen, sowie Ansiedlungen von Gewerbe und Industrie. Insgesamt werden 67 Teilgebiete als wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich ungeeignet eingestuft. Für 39 Teilgebiete wird eine Eignung ermittelt, davon für 10 Teilgebiete eine Einordnung in „sehr wahrscheinlich geeignet“.

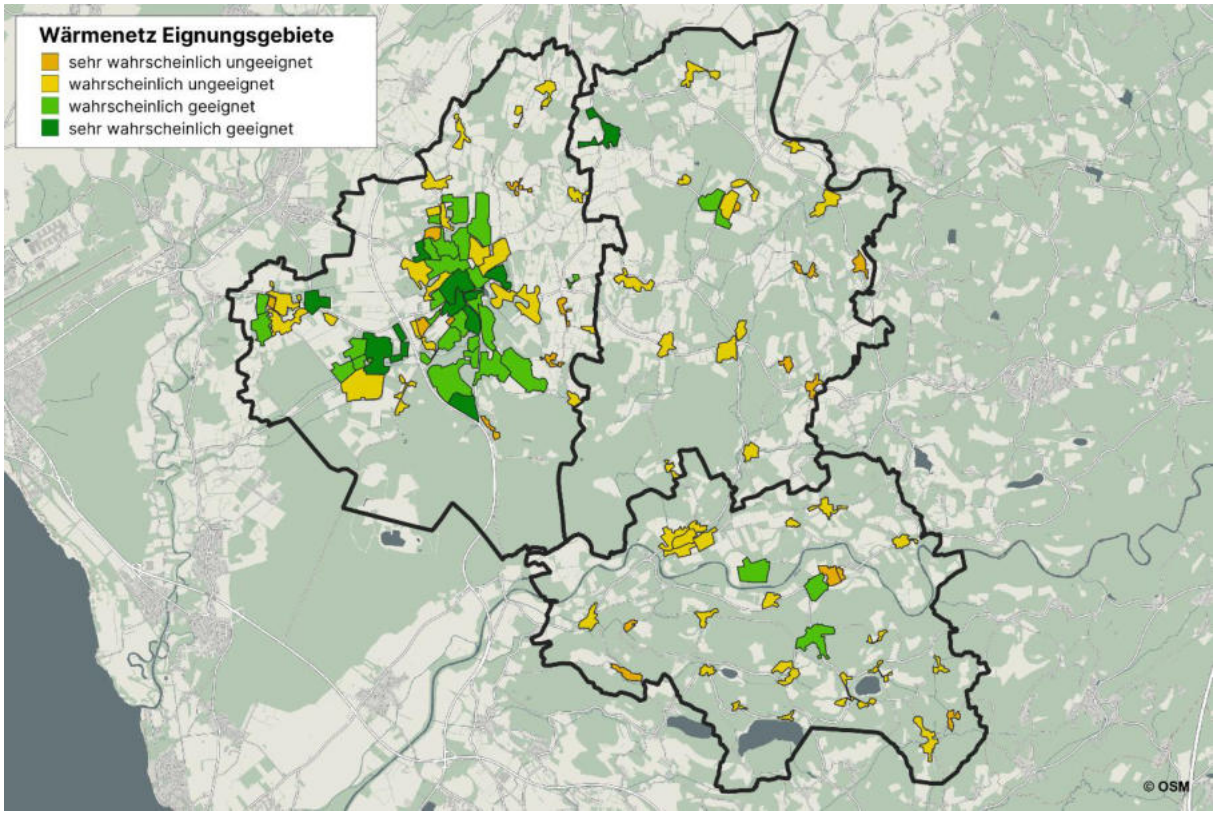


Abbildung 15: Ergebnisse der Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wärmenetz

4.4.2 Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz

Für die Einstufung der Eignung eines Gebietes zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz werden folgende Kriteriengruppen bestehend aus mehreren Unterkriterien herangezogen.

1. Gasnetz Status Quo → *Bewertung, ob ein Gasnetz vorliegt*
2. Gasbedarf → *Zukünftiger Gasbedarf bei Ankerkunden vorhanden?*
3. Geplantes H_2-Netz → *Entfernung zu bereits geplanten Wasserstoffnetzen*

Für jedes Unterkriterium wird nach einem objektiven Verfahren aus Ergebnissen der Bestandsanalyse eine Bewertung hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch ein Wasserstoffnetz vorgenommen. In einem zweistufigen Wichtungsverfahren ergeben sich daraus die Bewertungen nach Kriteriengruppen und schließlich das Gesamtergebnis des Teilgebiets.

Das Ergebnis der Eignungsprüfung ist in Abbildung 16 dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine höhere Eignung entlang der bestehenden Gasnetzinfrastruktur. Insgesamt werden 65 Teilgebiete als wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich ungeeignet eingestuft. Für 41 Teilgebiete wird eine wahrscheinliche Eignung ermittelt.

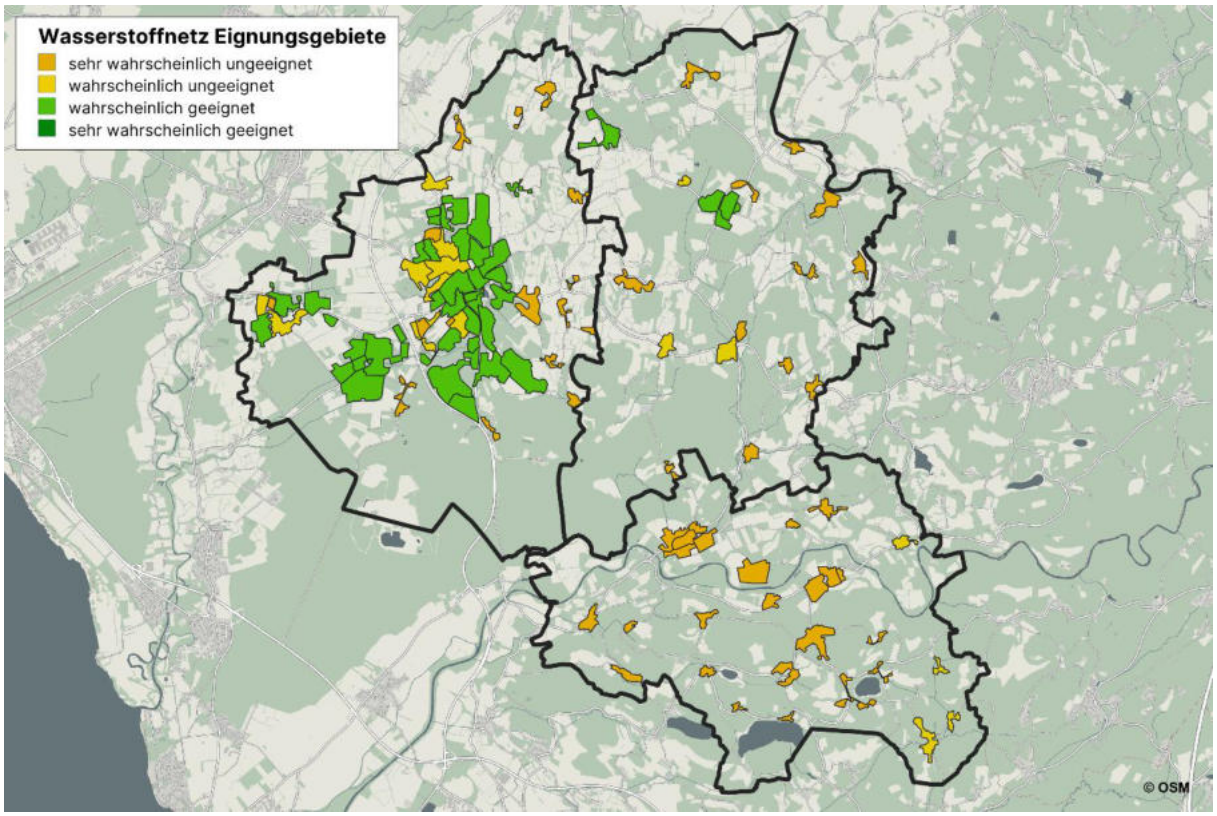


Abbildung 16: Ergebnisse der Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz

4.4.3 Fazit der Eignungsprüfung

Das Ergebnis der Prüfung nach § 14 WPG führte aus Gutachtersicht zu der Empfehlung, keine verkürzte Planung durchzuführen. Das Regelverfahren zur Erstellung der kommunalen Wärmeplanung wird für das gesamte kommunale Gebiet von Tettnang angewendet. Die differenzierte Anwendung der Ansätze einer verkürzten Wärmeplanung wird als nicht erforderlich erachtet.

5 Potenzialanalyse

5.1 Ziele und Vorgehensweise

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden die Potenziale zur Energieeinsparung betrachtet sowie die Potenziale zur Bereitstellung emissionsfreier Wärme und erneuerbaren Stroms. Es wird analysiert, wie sich der Wärmebedarf in der Kommune in Zukunft entwickeln kann und mit welchen Wärmequellen sich der zukünftige Wärmebedarf potenziell decken lässt. Die nachfolgenden Kapitel orientieren sich daher an den beschriebenen Inhalten und sind wie folgt geordnet:

- Potenziale zur Reduktion des Wärmebedarfs
- Potenziale für klimaneutrale Wärme
- Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung

5.2 Potenziale zur Reduktion des Wärmebedarfs

Die Potenziale zur Energieeinsparung resultieren einerseits aufgrund von **Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden** durch energetische Sanierungen und andererseits durch **Steigerung der Energieeffizienz bei industriellen und gewerblichen Prozessen**.

5.2.1 Potenziale zur Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden

Für die Ermittlung des Einsparpotenzials durch Sanierungen an der Gebäudehülle werden nur die Gebäudenutzungen analysiert, bei denen eine Verbesserung der Gebäudehülle, einen wesentlichen Einfluss auf den Wärmebedarf haben. Dazu gehören die Wohnnutzung, Mischnutzung, Öffentliche Einrichtung und Hotelnutzung. Es werden drei unterschiedliche Szenarien betrachtet. Die Randbedingungen der Szenarien sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Bei den Sanierungsszenarien wird jeweils von einer idealtypischen Vorgehensweise ausgegangen, bei der zuerst die Gebäude mit dem höchsten flächenspezifischen Wärmebedarf auf das Zielniveau saniert werden. Die Auswirkungen auf den Wärmebedarf aller Gebäude der analysierten Gebäudenutzungen zeigt Abbildung 17. Im Rahmen der weiteren Erstellung der KWP ist das Szenario 1 als Leitszenario für die Berechnungen in der Potenzialanalyse und für die Zielszenario-Erstellung verwendet worden.

Tabelle 7: Sanierungsszenarien im Rahmen der KWP

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Sanierungsrate	2%/a	1%/a	2%/a
Reihenfolge	Gebäude mit höchstem spezifischen Wärmebedarf	Gebäude mit höchstem spezifischen Wärmebedarf	Teilgebiete mit höchster spezifischen Wärmedichte
Zielzustand nach Sanierung	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 70	Effizienzhaus 70

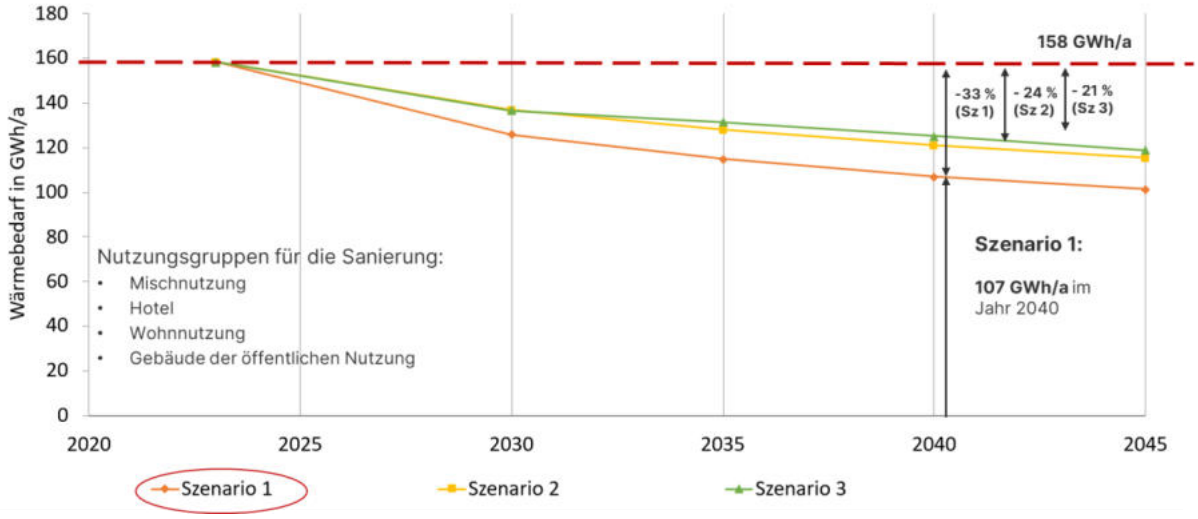


Abbildung 17: Entwicklung des Wärmebedarfs verschiedener Sanierungsszenarien

5.2.2 Potenziale durch Steigerung von Prozesseffizienzen

Bei der Senkung des Energiebedarfs durch Steigerung der Prozesseffizienz wird mit einem Szenario basierend auf dem Leitfaden für die kommunale Wärmeplanung der KEA gerechnet (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020). Hierbei werden für die Industrie- und Gewerbenutzung Reduktionspfade zur Beschreibung der Effizienzpotenziale angenommen. Diese sind in dem nachfolgenden Diagramm abgebildet.

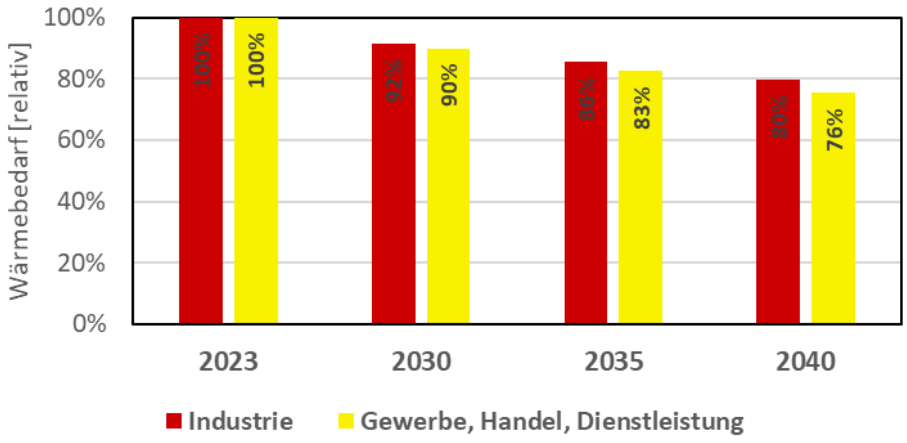


Abbildung 18: Szenario Prozesseffizienz - Entwicklung des Wärmebedarfs GHD und Industrie

5.2.3 Gesamtpotenzial zur Reduktion des Wärmebedarfs

In Summe resultiert für das Zieljahr ein Einsparpotenzial durch Wärmebedarfsreduktion in Gebäuden und Erhöhung von Prozesseffizienzen in Höhe von 57 GWh/a. Dies entspricht einer relativen Einsparung in Höhe von 28 %. Der Wärmebedarf im Basisjahr sinkt dabei von

204 GWh/a auf 147 GWh/a. Zuzüglich der berücksichtigten Neubauvorhaben mit einem Wärmebedarf von insgesamt ca. 3,6 GWh/a ergibt sich für das Zielszenario im Jahr 2040 ein potenziell zu deckender Wärmebedarf von 151 GWh/a. Abbildung 19 zeigt für das Leitszenario die zeitliche Entwicklung des Energiebedarfs im Bereich Wärme auf. Ergänzend sind in Tabelle 8 die Ergebnisse für die jeweiligen Zeitschritte nach Nutzungssektoren aufgeschlüsselt.

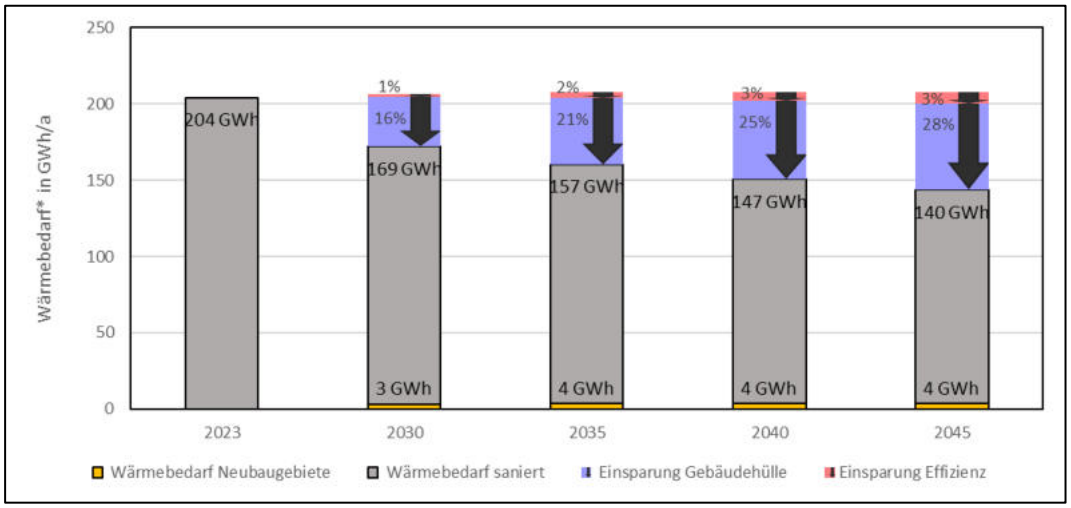


Abbildung 19: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1

Tabelle 8: Energiebedarfsentwicklung nach Sektoren – Szenario 1

Sektor	2023	2030	2035	2040
Gesundheit und Bäder	2.654	2.654	2.654	2.654
GHD	8.091	7.373	6.860	6.346
Hotel	650	650	650	650
Industrie	26.137	24.681	23.641	22.602
Mischnutzung	23.811	15.610	15.431	15.279
Öffentliche Einrichtung	7.055	6.528	6.521	6.514
Sondernutzung	5.212	5.196	5.184	5.173
Wohnnutzung	129.729	106.022	95.228	87.276
Sonstige	660	594	547	500
Gesamt	**203.999**	**169.308**	**156.717**	**146.994**

Hinweis: Angaben ohne Neubaugebiete

Gebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial

Gemäß § 18 Abs. 5 WPG sind Gebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial aufzuzeigen. Diese können durch Sanierungsmaßnahmen und Prozesseffizienzsteigerung einen relevanten Beitrag zur Erreichung der Wärmewendeziele beitragen. In Abbildung 20 und Abbildung 21 sind die Wärmeeinsparpotenziale im Zieljahr gegenüber dem Basisjahr für die einzelnen Teilgebiete dargestellt. Diese Analyse wird unter anderem zur Identifikation kommunaler Fokusgebiete gemäß Kapitel 7.3.2 weiterverwendet.

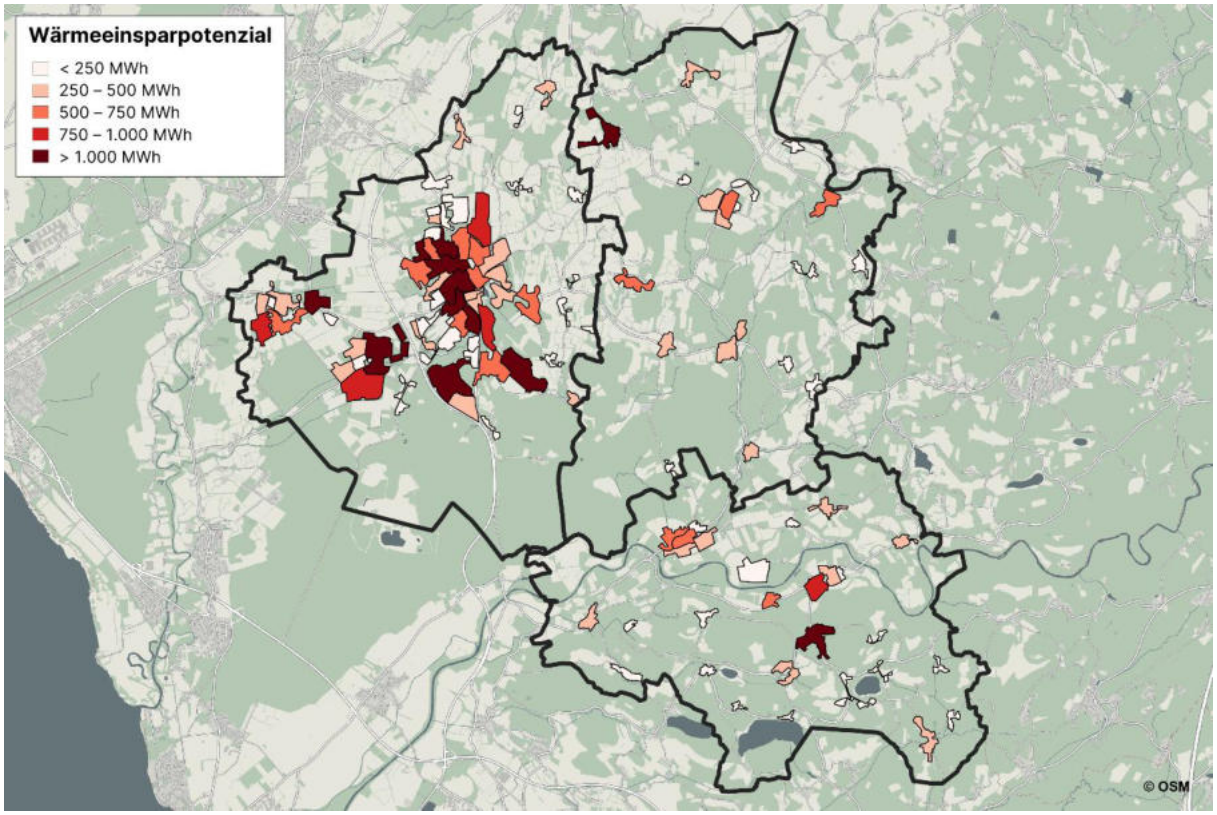


Abbildung 20: Teilgebiete mit erhöhtem Wärmeeinsparpotenzial - absolut

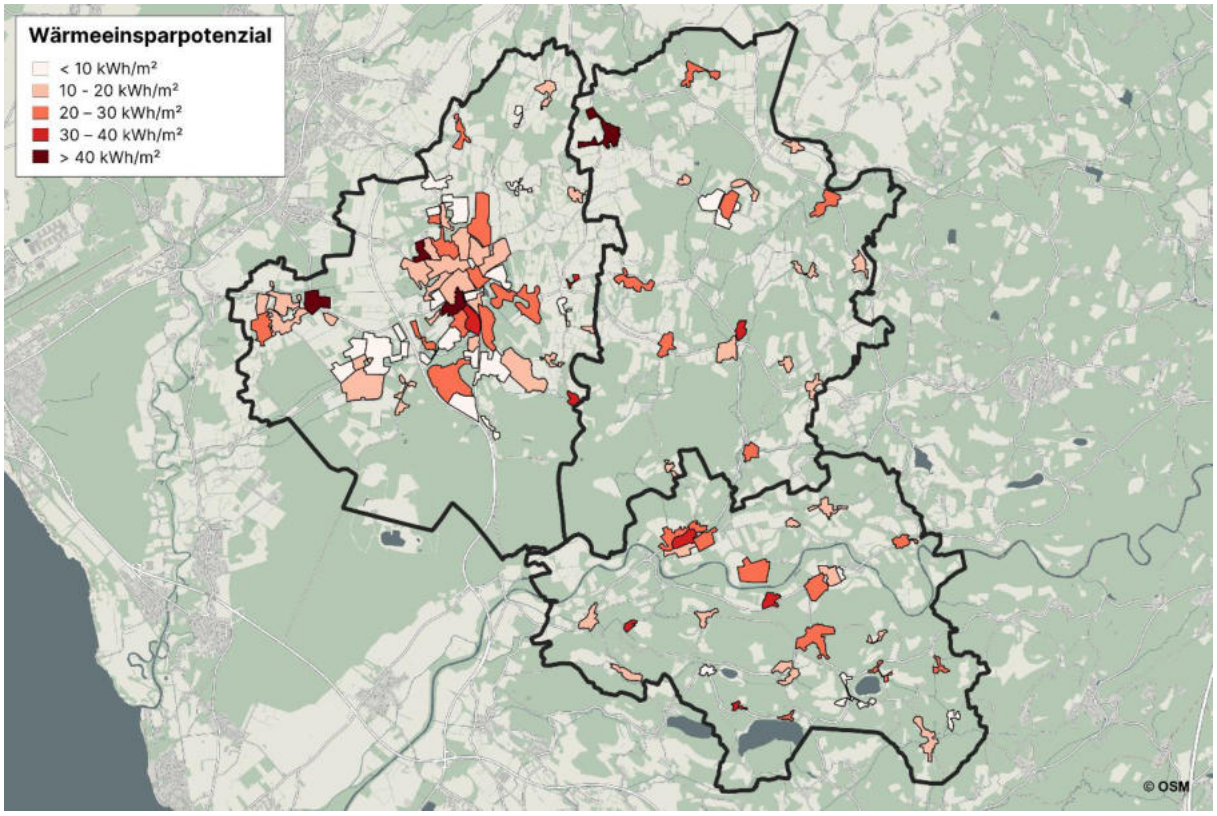


Abbildung 21: Teilgebiete mit erhöhtem Wärmeeinsparpotenzial - flächenspezifisch

5.3 Potenziale für klimaneutrale Wärme

Aufbauend auf den Ergebnissen der Bestandsanalyse wird im Rahmen der Potenzialanalyse aufgezeigt, welche Nutzungspotenziale erneuerbarer Energieträger und klimaneutraler Wärmequellen aus heutiger Sicht bis zum Zieljahr erschlossen werden können.

Bedingt durch die niedrigeren, spezifischen Treibhausgas-Emissionswerte sinken bei der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien die treibhausrelevanten Emissionen. Regional betrachtet resultiert eine erhöhte Wertschöpfung in Form von positiven Beschäftigungseffekten durch die Nutzung lokal verfügbarer Ressourcen wie zum Beispiel Sonne, Wasser, Wind, Biomasse und Erdwärme. Zudem reduziert die Nutzung regenerativer Energieträger die Importabhängigkeit und sichert die fossilen Ressourcen für die immer wichtiger werdende stoffliche Verwertung in der Industrie.

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die Einzelpotenziale zur Nutzung klimaneutraler Wärme für die Kommune analysiert und im Kontext der kommunalen Wärmeplanung bewertet. Die Karten zeigen jeweils die prozentuale Deckung des Wärmebedarfs im Zieljahr durch das entsprechende Potenzial (Nachfragepotenzial).

Die Ausarbeitung enthält folgende, lokal zuordenbare Potenziale:

- Abwärme – Industrie und Gewerbe
- Abwasser – Kanal
- Abwasser – Kläranlage
- Biomasse
- Flusswasser
- Geothermie – Kollektoren
- Geothermie – Sonden dezentral
- Geothermie – Sonden zentral
- Grundwasser
- Seewasser
- Solarthermie – dezentral
- Solarthermie – zentral
- Tiefengeothermie

Ergänzend werden auch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Nutzungspotenziale von Wärmequellen und Energieträgern betrachtet, die in der Regel ortsunabhängig für eine klimaneutrale Wärmeversorgung Verwendung finden können. Darunter fallen im Wesentlichen die Außenluft, Biomasse sowie „Grüne Gase“. Diese sind in Kapitel 5.3.13 beschrieben.

5.3.1 Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe

Unvermeidbare Abwärme aus Prozessen von Industrie- und Gewerbebetrieben, die in Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen als Nebenprodukt anfällt und aktuell ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird, gilt als klimaneutrale Wärmeversorgungsoption. Ziel der Abwärmenutzung ist es, die verfügbare Abwärme sinnvoll für Wärmeversorgungen außerhalb der eigenen Unternehmensgrenzen zu aktivieren.

Abhängig vom Temperaturniveau, der Wärmemenge und dem Wärmeträgermedium wird bei der kommunalen Wärmeplanung analysiert, wie die Abwärme in der Nähe des Unternehmens oder über ein Wärmenetz für externe Nutzungen verwendet werden kann.

In Abgrenzung zur allgemein gültigen Definition der Abwärmenutzung liegt die betriebs- und prozessinterne Abwärmenutzung in der Regel nicht im Bewertungsrahmen der kommunalen Wärmeplanung.

Datengrundlage

Im Rahmen der Bestandsanalyse werden die größten Wärmeverbraucher auf dem Kommunalgebiet näher betrachtet. Im Wärmeplanungsgesetz ist dazu eine rechtliche Grundlage zur Datenerhebung mit aufgenommen. Die Befragung dieser Großverbraucher gemäß Kapitel 4.3.6 liefert unter anderem Informationen zum Abwärmeaufkommen dieser Unternehmen und der Bereitschaft, sich an kommunalen Wärmeversorgungskonzepten zu beteiligen.

Ergebnis

Als Ergebnis der Großverbraucheranalyse liegen Angaben zu Abwärmemengen, Temperaturniveaus und zeitlicher Verfügbarkeit vor. Diese Informationen werden mit den Wärmebedarfsprognosen für das Zieljahr im eigenen Teilgebiet und den umliegenden Teilgebieten abgeglichen. Der Abgleich erfolgt dabei auf monatlicher Basis, um zeitliche

Abhängigkeiten bei der Verfügbarkeit der Abwärme und beim Wärmebedarf adäquat berücksichtigen zu können.

Mit der vorliegenden Analyse für „Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe“ resultiert ein Potenzial von 2.500 MWh/a für die gesamte Kommune.

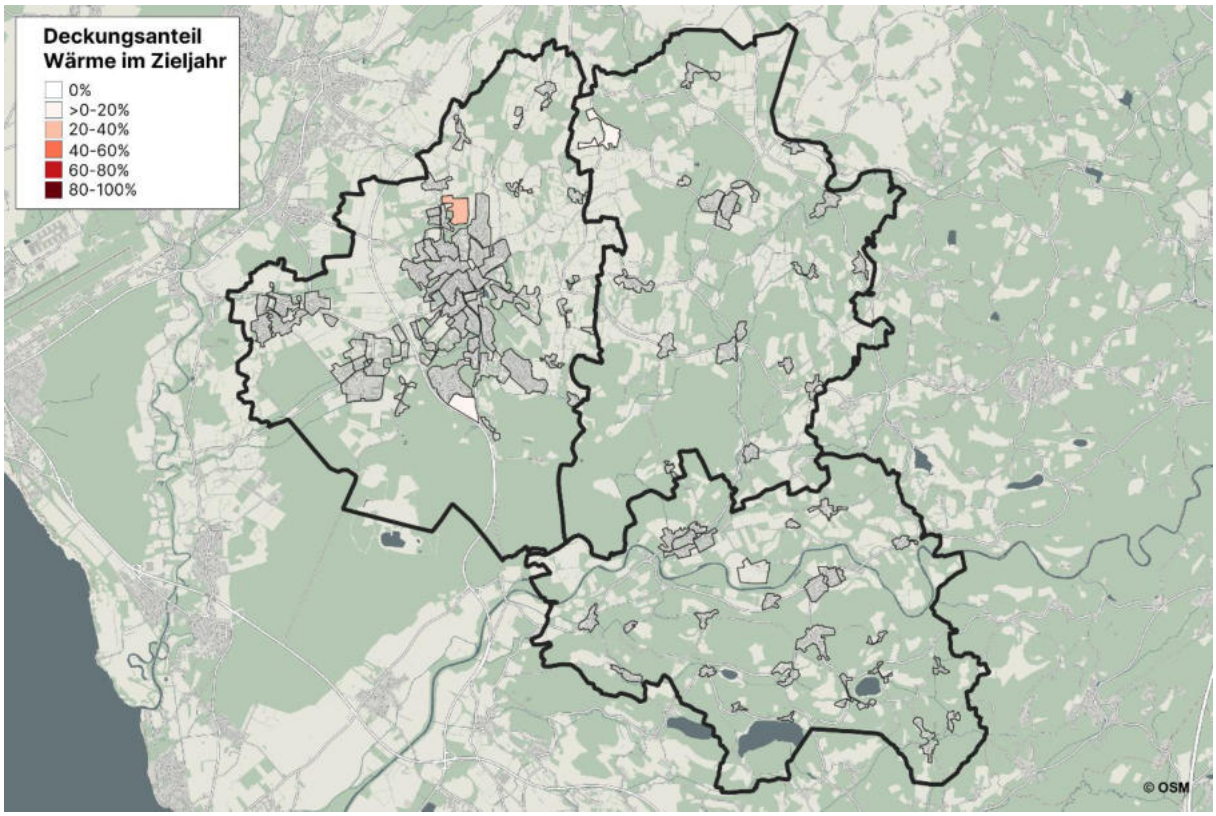


Abbildung 22: Potenzialkarte „Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe“ je Teilgebiet

5.3.2 Abwasser - Kanal

Die kommunale Wasser- und Abwasserinfrastruktur ist in Siedlungsgebieten flächendeckend vorhanden. In den Abwasserkanälen wird Abwasser und meist auch Regenwasser gesammelt und zu den kommunalen Kläranlagen geleitet. Das Abwasser befindet sich dabei auf einem Temperaturniveau, das für eine energetische Nutzung durch eine Wärmepumpe gut geeignet ist (in der Regel > 10 °C).

Mit Wärmetauschern wird dem Abwasser Wärme entzogen und als Wärmequelle für elektrische Wärmepumpen nutzbar. Für das Entzugssystem können verschiedene Bauformen zum Einsatz kommen:

- Doppelrohr-Wärmetauscher als im Abwasserrohr integrierte Lösungen (Neubau/Ersatz)
- Kanalwärmetauscher für den Einbau in bestehende Kanäle
- Rohrbündelwärmetauscher im Bypass; die sich in einem separaten Bauwerk befinden

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung sind für ausgewählte Kanalabschnitte die Wärmenutzungspotenziale abgeschätzt worden. Unter anderem finden folgende Datengrundlagen in der Ermittlung Verwendung.

Datengrundlage

Informationen zu den Kanaldimensionen und -querschnitten stammen in der Regel vom kommunalen Amt für Entwässerung und auch den Stadtwerken. Die Durchflussmenge und Temperatur des Abwassers hängen davon ab, ob der Kanal als Schmutz-, Misch- oder Regenwassersystem betrieben wird. Für die Abwasserwärmenutzung mit einer Wärmepumpe ist ein kontinuierliches Abwasseraufkommen erforderlich. Belastbare Aussagen zum Abwasseraufkommen liegen zum Teil durch Messungen an einzelnen Hauptabflusspunkten im Kanalnetz vor. Nach Analyse des Kanalnetzes und Ermittlung des Verlaufs der größten Kanaldurchmesser wurden strategisch relevante Bilanzpunkte gewählt und die zugehörigen Einzugsgebiete ermittelt. Aus spezifischen Kennwerten für den Schmutzwasseranfall im Bereich Wohnung, GHD und verarbeitendes Gewerbe und unter Abgleich der Messdaten des Gesamtabflusses wurde daraus der zu erwartende Durchfluss berechnet.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 0,8 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Abwasserwärme aus den Kanälen rund 1.100 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. Dieses Potenzial gilt für den Bereich nach Zusammenfluss aus den Regenüberlaufbecken Tobelbach und Langenargener Straße in Bürgermoos kanalabwärts. Vorgelagerte Kanalbereiche, sowie die Abwassersammler in Kau und den Ortsteilen Langnau und Tannau weisen keinen ausreichenden Trockenwetterabfluss für eine technische Nutzung des Potenzials auf. In der nachfolgenden Abbildung 23 ist die räumliche Verteilung der Potenziale dargestellt.

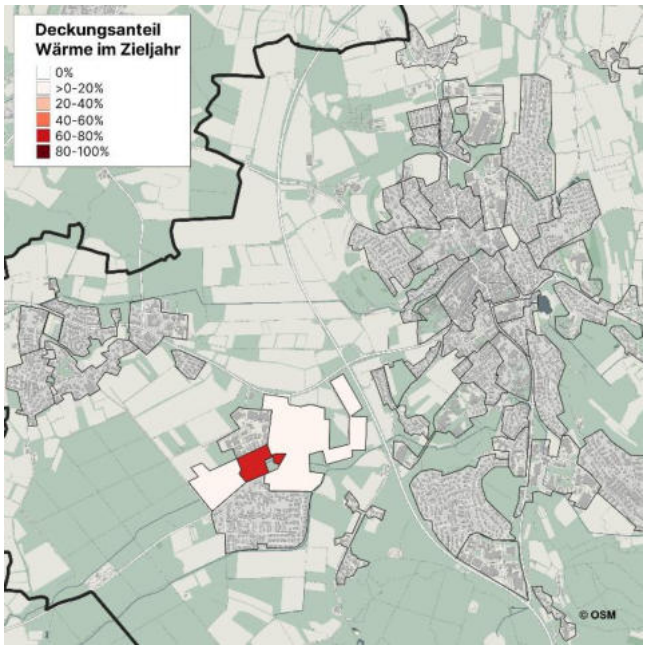


Abbildung 23: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.3 Abwasser – Kläranlage

In Abgrenzung zur Abwasserwärmenutzung in den Kanälen steht das Potenzial „Abwasser – Kläranlage“ für ein zentral erschließbares, urbanes Umweltwärmepotenzial. Im Gegensatz zu der Abwasserwärmenutzung im Zulauf der Kläranlagen wird hierbei eine thermische Nutzung des geklärten Abwassers im Auslauf der Kläranlage betrachtet. Der wesentliche Vorteil dieses Konzeptes besteht darin, dass die Abwasserwärmenutzung die biologischen Prozesse in der Kläranlage nicht mehr negativ beeinflussen kann. Vielmehr kann durch das abgekühlte Abwasser ein weiterer positiver Effekt speziell in den Sommermonaten für die Gewässer entstehen, in denen das geklärte Wasser eingeleitet wird.

Dem Abwasser an Kläranlagen wird über Wärmetauscher Wärme entzogen. Diese zentral erschlossene Abwasserwärme kann im Anschluss direkt über Großwärmepumpen oder indirekt über ein kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen für externe Wärmeanwendungen nutzbar gemacht werden. Im Vergleich zur Abwasserwärmenutzung in den Kanälen resultieren am Auslauf der Kläranlage höhere Potenziale durch die größeren Durchflussmengen und die höhere mögliche Temperaturspreizung. Dadurch können auch Teilgebiete, die nicht in direkter Nähe sind, für eine Abwasserwärmenutzung in Frage kommen. In der Regel sind Teilgebiete in einer Entfernung von bis zu mehreren hundert Metern hierfür geeignet.

Datengrundlage

Die erforderlichen Daten zu Durchflussmengen und Temperaturen am Auslauf der Kläranlagen stammen von den Anlagenbetreibern (z.B. Abwasserwirtschaftsbetriebe der Kommune) und stellen damit eine hohe Datengüte für die Berechnung des Wärmepotenzials dar.

Ergebnis

Die Bestehende Kläranlage in Apflau mit dem Einzugsgebiet der Ortsteile Langnau und Tannau wird stillgelegt. Das dort bisher gereinigte Abwasser wird zukünftig der Kläranlage Kressbronn in der Nachbargemarkung zugeführt und dort gereinigt. Das thermische Potenzial wurde in der Wärmeplanung für Kressbronn bereits berücksichtigt. Das Abwasser aus dem Ortsteil Tettnang wird nach Eriskirch geleitet und dort aufbereitet. Damit gibt es kein Abwärmepotenzial aus Kläranlagen für die Gemeinde Tettnang.

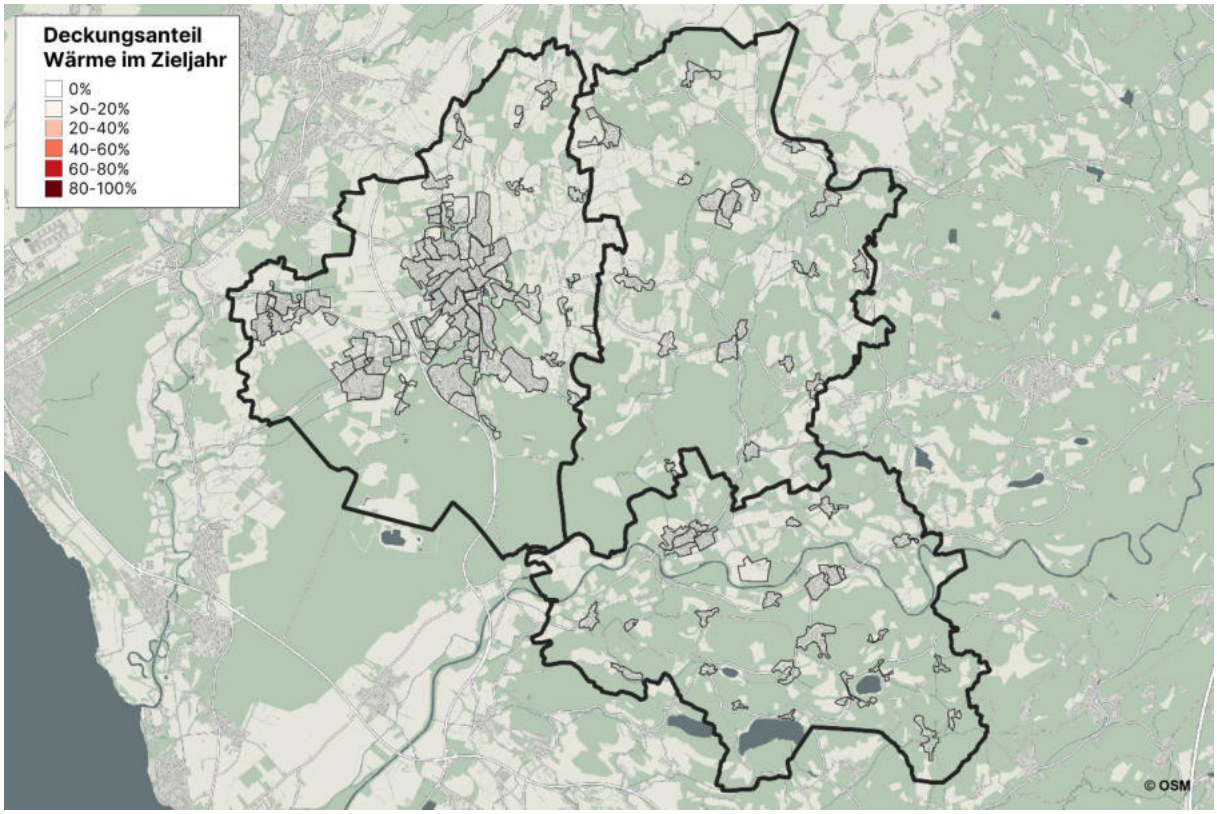


Abbildung 24: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.4 Flusswasser

Die Potenzialanalyse zur Wärmenutzung aus Flusswasser beinhaltet die Betrachtung fließender Oberflächengewässer. Da im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Potenziale mit kommunaler Relevanz im Fokus liegen beschränkt sich die Betrachtung auf größere Fließgewässer wie Flüsse. Kleinere Bäche und Bachläufe sind nicht Teil der Analyse.

Aufbauend auf der Bestandsanalyse (Lage von potenziell zu versorgenden Teilgebieten) und einer manuellen Sichtung und Bewertung von Flurstücken in Gewässernähe werden potenziell geeignete Standorte für eine Flusswasserwärmenutzung identifiziert.

Die Analyse des Flusswasserpotenzials basiert auf der Annahme, dass dem Fließgewässer Wasser entnommen und diesem über einen externen Wärmetauscher Wärme entzogen wird. Für die Wärmeversorgung wird die entzogene Wärme über Großwärmepumpen in Kombination mit Wärmenetzen oder indirekt über ein kaltes Wärmenetz mit dezentralen Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben. Das abgekühlte Wasser wird im Anschluss dem Fluss wieder zugeführt. Die potenziell nutzbare Wärmemenge aus dem Flusswasser hängt vom Temperatur-Jahresverlauf des Gewässers, der Wassermenge und der möglichen Temperatur-Spreizung ab.

Datengrundlage

Die Datengrundlage für die Berechnung des Flusswasserpotenzials ist die Durchflussmenge sowie die Wassertemperatur im Jahresverlauf. Diese können zum Teil dem Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW, https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/?highlightglobalid=gewaesserguetedaten) entnommen werden.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 0,9 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch aus Flusswasserwärme rund 1.300 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden. Die räumliche Verteilung des Potenzials entlang der Argen in Abbildung 25 zeigt ein mögliches Versorgungsgebiet in Oberlangnau. In Laimnau, Unterlangnau und Steinenbach wurde kein Potenzial ausgewiesen, da diese Gebiete bereits nach der Eignungsprüfung aus Abschnitt 4.4.1 als ungeeignet für eine Wärmenetzversorgung eingestuft wurden.

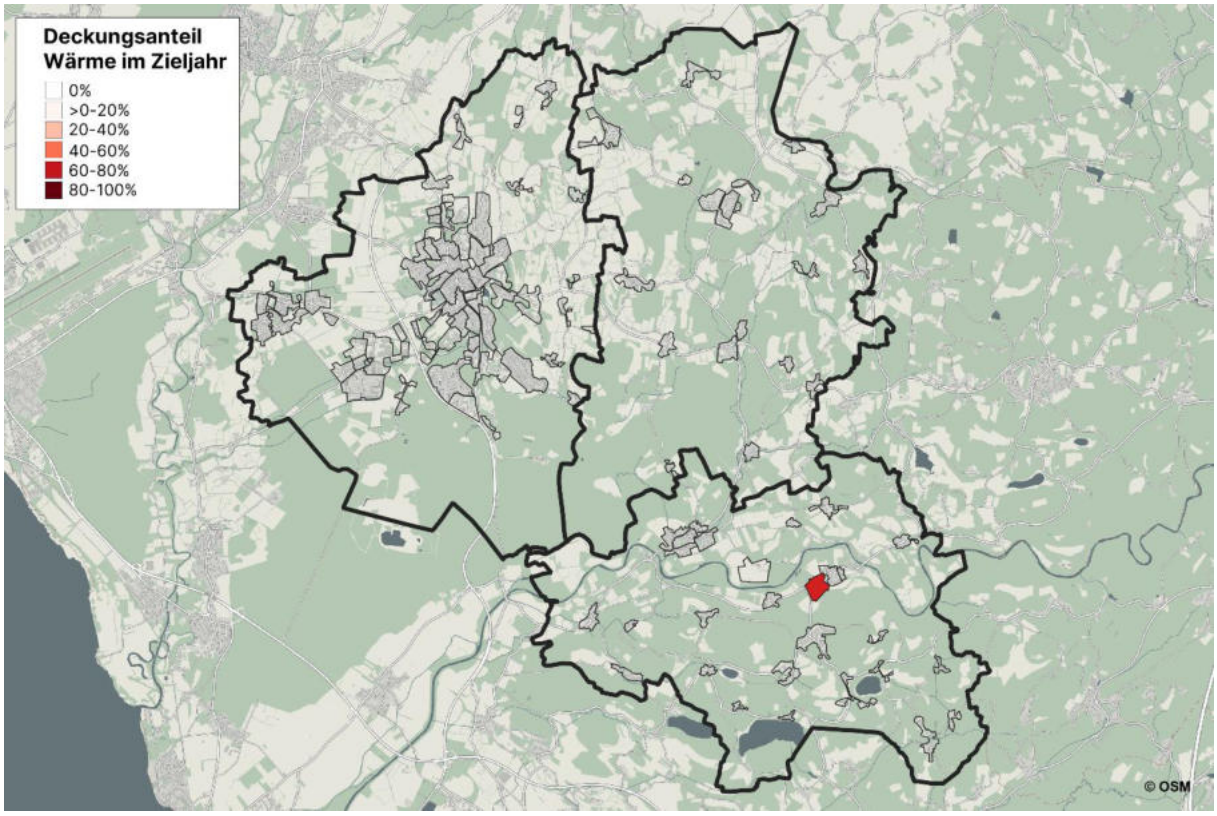


Abbildung 25: Potenzialkarte „Flusswasser“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.5 Geothermie – Kollektoren zentral

Geothermie ist die unterhalb der festen Erdoberfläche gespeicherte Energie in Form von Wärme und kann als klimafreundliche, alternative Energiequelle auf dem Kommunalgebiet genutzt werden. Verschiedene Technologien werden zum Heizen, Kühlen oder zur Stromerzeugung mittels Erdwärme eingesetzt. Oberflächennahe Wärmereservoirs dienen zum Beispiel den Wärmepumpensystemen als Wärmequelle. Tiefengeothermie bietet ein Potenzial zur Nutzung höherer Temperaturniveaus im Erdinneren für die Stromerzeugung.

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Geothermie – Kollektoren zentral“ wird die Erdwärme-Erschließung über Flächenkollektoren auf Freiflächen im Außenraum betrachtet. Im Gegensatz zu Erdwärmesonden befinden sich die Flächenkollektoren im Erdreich lediglich in einer Tiefe zwischen 1 bis 3 Metern. Dem Erdreich wird mit den Flächenkollektoren als Wärmetauscher Wärme entzogen und über Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben.

Datengrundlage

Zu Beginn werden die potenziellen Freiflächen ermittelt, welche grundsätzlich eine Eignung für Erdwärmekollektoren vorweisen. Hierzu wird zunächst eine Positivauswahl aufbauend auf Daten des digitalen Liegenschaftskatasters getroffen. Die Auswahl erfolgt nach hinterlegten Nutzungen wie Brachland, Grünland, Unland und Ackerland. Ergänzend werden Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (hier auch Ackerland unabhängig der Ertragsfähigkeit) aufgenommen. Anschließend werden Ausschlussflächen definiert und von der Positivauswahl abgezogen. Kriterien für die Definition von Ausschlussflächen sind u.a. Naturschutz und Landschaftsschutz, Bodendenkmäler, Streuobstwiesen, Grünzäsuren, Vorranggebiete für Siedlungsbau und Infrastruktur, Biosphärengebiete, Landschaftsschutzgebiete, Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete) und Wasserschutzgebietszonen I, II, III und IIIA. Innerhalb der Wasserschutzzone IIIB ist der Betrieb von geothermischen Anlagen unter der Auflage von Wasser als Wärmeträgermedium möglich. Die Grundlagen hierfür stammen aus den Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass sich die Freiflächen in räumlicher Nähe zu Teilgebieten mit Wärmebedarf befinden und eine zusammenhängende Mindestgröße nicht unterschreiten.

Bei der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen (speziell mit guten Ertragswerten) und solche mit einer Lage innerhalb weicher Restriktionsgebiete (z.B. Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und weitere Nutzungsmerkmale analysiert, die gegen eine Nutzung für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ sprechen. Zum Beispiel werden bei einer Analyse von Luftfotos Grünlandflächen identifiziert, auf denen sich erhaltenswerte Streuobstwiesen befinden. Diese Information ist in den genannten Planunterlagen nicht enthalten, führt aber aktuell zu einem Ausschlusskriterium bei diesem Anwendungsfall.

Eine detaillierte Auflistung der Flächennutzungskategorien und deren Einordnung als Ausschluss- und Eignungsflächen kann im Anhang in Kapitel 10.2 eingesehen werden.

Die verbliebenen Flächen werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung als für die Nutzung als Energieinfrastruktur geeignet dokumentiert und priorisiert. In Abbildung 26 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

Dabei bilden in diesem Dokument grundsätzlich die grün dargestellten Flächen die geeigneten Flächen (Priorität 1), die gelb dargestellten Flächen die bedingt geeigneten (Priorität 2) und die rot dargestellten Flächen die ungeeigneten Flächen (Priorität 3).

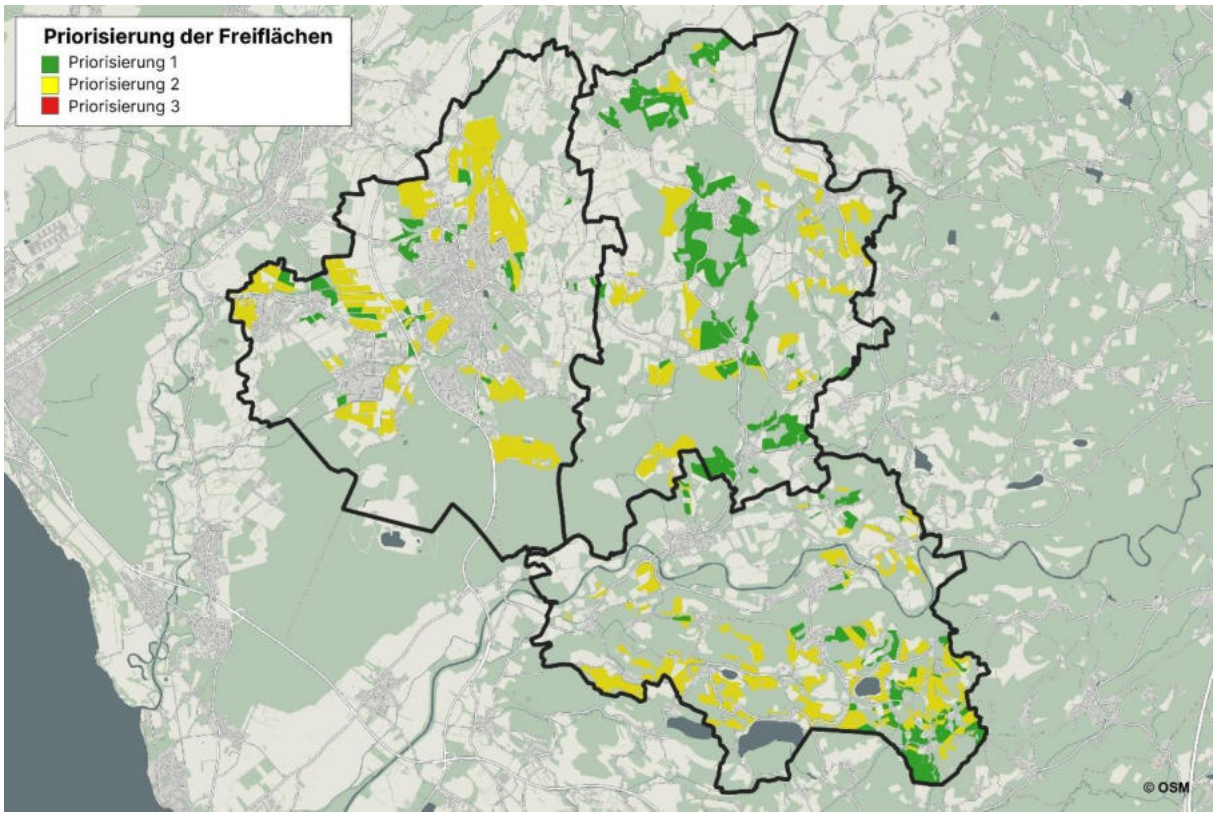


Abbildung 26: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich im Wesentlichen an der nachfolgendenden Auflistung. Die Flächenangaben zu diesen Potenzialflächen und die Einordnung zur gesamten Kommunalfläche sind in Tabelle 9 enthalten.

1. Geeignet: gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, außerhalb von Schutzzonen (keine Einschränkungen zu erwarten), Nutzung mit geringem Aufwand möglich (kaum Bewuchs)
2. Bedingt geeignet: In Schutzzonen (Einschränkungen oder Auflagen zu erwarten), Nutzung mit Aufwand möglich (leichter Bewuchs), Ackernutzung´
3. Ungeeignet: Nutzung nicht möglich (starker Bewuchs), aktuelle Flächennutzung bietet kein Potenzial (Neubaugebiet, Kleingärten, Streuobstwiesen

Tabelle 9: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Geothermie – Kollektoren zentral“

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
1	350 ha	5 %
2	675 ha	9 %
Summe	**1.025 ha**	**14 %**

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 20 % resultiert. Die Ermittlung des Deckungspotenzials basiert auf einer angenommenen Versorgung der angrenzenden Teilgebiete über Wärmepumpen. Hierbei werden die absolute Höhe und die jahreszeitliche Verteilung des zukünftigen Wärmebedarfs der Teilgebiete mitberücksichtigt. Theoretisch ergeben sich damit aus dem Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ insgesamt rund 30.200 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune. Dabei sind die Teilgebiete mit einer Wärmenetz-Eignung gemäß Kapitel 4.4.1 und mit einer Lage im Siedlungs-Innenraum priorisiert berücksichtigt.

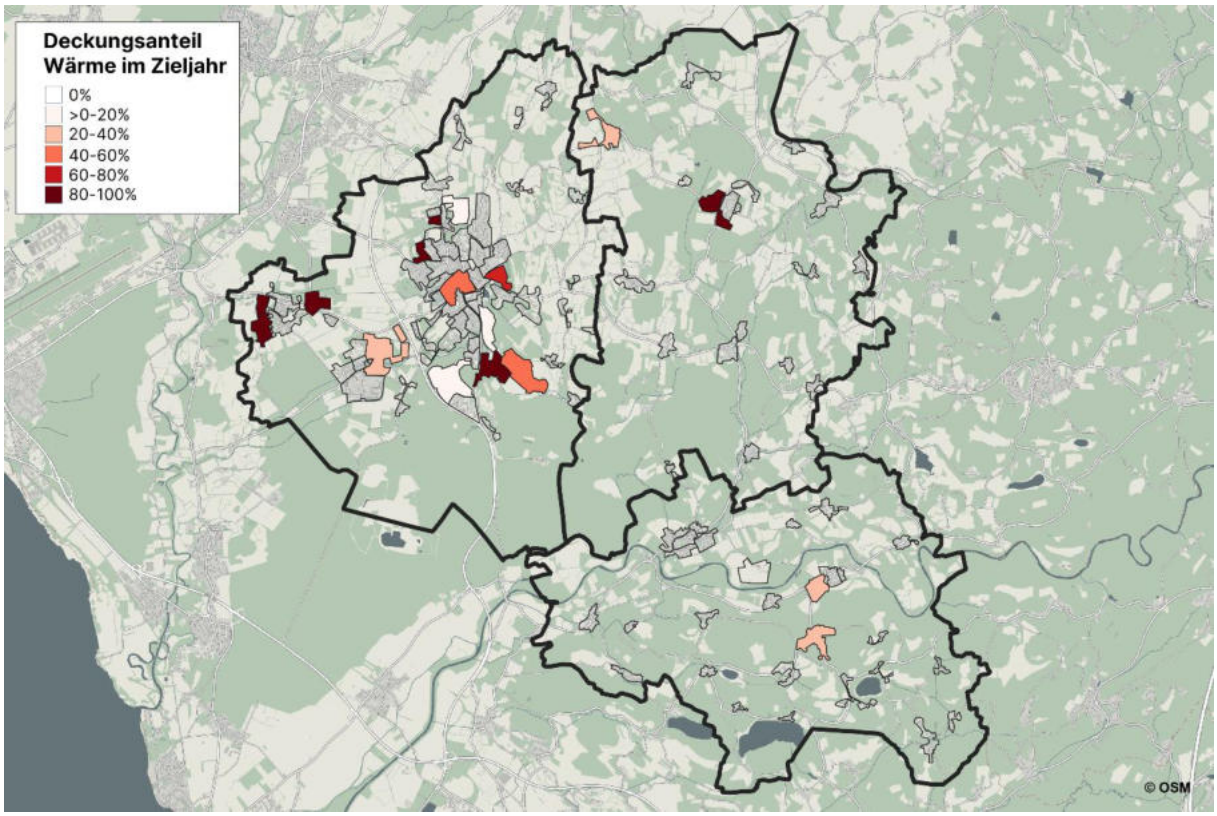


Abbildung 27: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.6 Geothermie – Sonden dezentral

Die Potenzialkategorie „Geothermie – Sonden dezentral“ betrachtet die Nutzung der oberflächennahen Geothermie über Erdwärmesonden. Der Zusatz „dezentral“ beschränkt die Potenzialanalyse für die Erdwärmeerschließung auf eigene Flurstücke von Gebäuden mit Wärmebedarf. Die Potenzialkategorie „Geothermie – Sonden zentral“ analysiert die Nutzungsmöglichkeiten auf Freiflächen im Außenraum auch für Wärmenetze.

Grundsätzlich gilt auch bei Erdwärmesonden, dass die erschließbare Umweltwärme mittels Wärmepumpen in den Gebäuden nutzbar gemacht wird.

Für die Ermittlung der maximal möglichen Erdwärmesonden auf einem Flurstück werden die Flächen um Gebäude mit Hilfe des Geoinformationssystems räumlich analysiert. Unter Berücksichtigung von Abständen zu Nachbargrundstücken, Gebäuden und Mindestabständen einzelner Sonden untereinander von z.B. 10 m bei 100 m Tiefe wird je Flurstück die maximal verortbare Sondenanzahl ermittelt. Diese bildet die Grundlage für die Berechnung des potenziellen Wärmedeckungsanteils je Gebäude, welcher auf maximal 100 % begrenzt wird. Die flurstücks- bzw. gebäudescharfen Daten sind im weiteren Verfahren auf Teilgebietebene aggregiert und dargestellt.

Datengrundlage

Für die Kommune werden zunächst grundlegende geologische Informationen des Untergrunds gesammelt und ausgewertet. Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg stellt dazu umfassende Daten über das „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)“ zur Verfügung. Für die Potenzialabschätzung relevante Parameter sind hieraus unter anderem Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete, Bohrtiefenbegrenzungen und die geothermische Effizienz des Untergrunds.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Geothermie – Sonden dezentral“ zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungspotenzial in Höhe von 64 % resultiert. Die Ermittlung des Deckungspotenzials basiert auf einer angenommenen Entzugsarbeit von 70 kWh/(m·a) für Anlagen außerhalb von Wasserschutzgebieten und für wasserbetriebene Anlagen (innerhalb Wasserschutzzone IIIB) von 35 kWh/(m·a) für die Versorgung der Gebäude über Wärmepumpen. Insgesamt können damit theoretisch rund 96.200 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angesetzt werden.

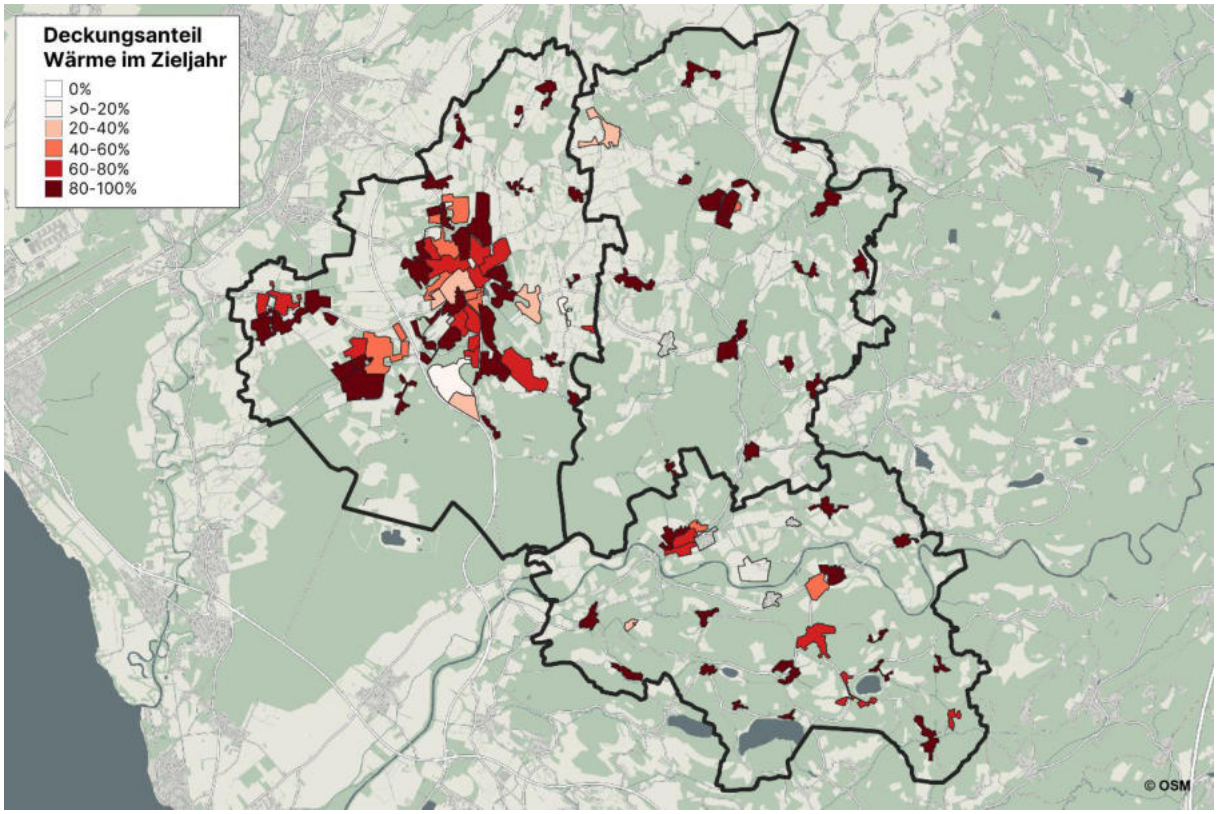


Abbildung 28: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden dezentral“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.7 Geothermie – Sonden zentral

Analog zur Erschließung der oberflächennahen Geothermie für Erdwärmekollektoren erfolgt die Potenzialermittlung für die Kategorie „Geothermie – Sonden zentral“. Die Identifikation geeigneter Freiflächen erfolgt auf gleichem Wege.

Technisch unterscheidet sich die Ermittlung des Wärmepotenzials darin, dass für die resultierenden Freiflächen im Folgeschritt die mögliche Anzahl von vertikalen Erdwärmesonden berechnet wird. Die Maximalanzahl ergibt sich aus der Geometrie der Freifläche und den Sondenabständen in Abhängigkeit von der Bohrtiefenbegrenzung. Für die resultierende Sondenzahl wird dann das mögliche Entzugspotenzial ermittelt und mit dem perspektivischen Wärmebedarf angrenzender Teilgebiete im Zieljahr abgeglichen. Aus dieser Berechnung resultiert der potenzielle Wärmedeckungsanteil auf Teilgebiet-Ebene.

Datengrundlage

Die Datengrundlage und Methodik zur Ermittlung potenzieller Freiflächen entspricht der Beschreibung aus Kapitel „5.3.5 Geothermie – Kollektoren zentral“.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Geothermie – Sonden zentral“ ergibt für das Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 22 % resultiert. Die Ermittlung des Deckungspotenzials basiert auf einer angenommenen Entzugsarbeit von 50 kWh/(m·a) für Anlagen außerhalb von

Wasserschutzgebieten und für wasserbetriebene Anlagen (innerhalb Wasserschutzzone IIIB) von 25 kWh/(m·a) für die Versorgung der Gebäude über Wärmepumpen. Theoretisch ergeben sich damit aus diesem Potenzial insgesamt rund 33.500 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune. Dabei sind die Teilgebiete mit einer Wärmenetz-Eignung gemäß Kapitel 4.4.1 und mit einer Lage im Siedlungs-Innenraum priorisiert berücksichtigt.

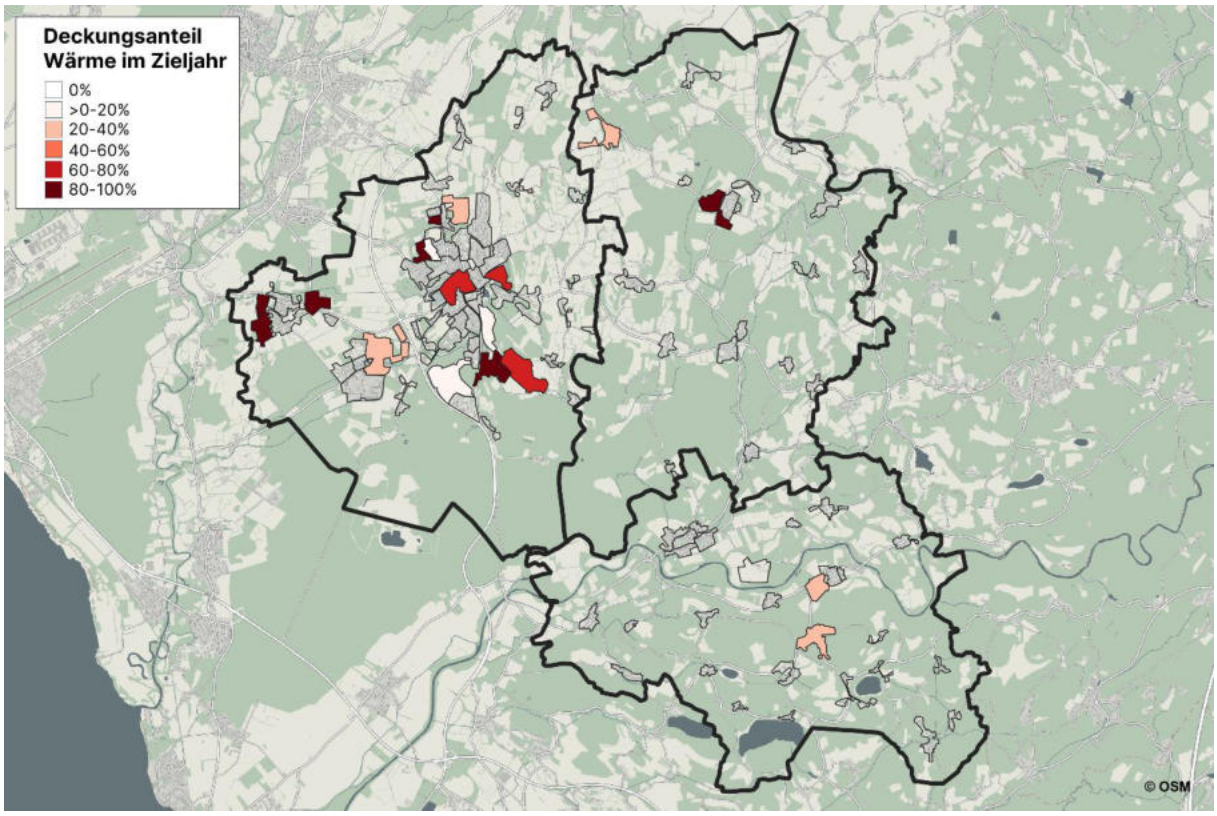


Abbildung 29: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.8 Grundwasser

Die Grundwassernutzung in Kombination mit Wärmepumpen stellt bei entsprechender Ergiebigkeit in der Regel eine effiziente und wirtschaftliche Möglichkeit für eine klimaneutrale Wärmeversorgung dar (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020). Grundwasser wird hierbei über Brunnenanlagen gefördert und als Umweltwärmequelle für Wärmepumpen genutzt. Dies kann zentral über Großwärmepumpen in Wärmenetzen oder über dezentrale Wärmepumpen in Gebäuden erfolgen. Das abgekühlte Grundwasser wird im Anschluss über Injektionsbrunnen dem Untergrund wieder zugeführt.

In Abhängigkeit von der Ergiebigkeit, der Tiefe und Temperatur der Grundwasserleiter variieren die Nutzungspotenziale für thermische Anwendungen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass sich einzelne Brunnenanlagen nicht gegenseitig negativ beeinflussen dürfen. Zur relativ komplexen Beurteilung dieser Frage sind detaillierte Angaben zu Entnahme- und Injektionsbrunnenstandorten, Grundwasser-Nutzungsmengen und Fließrichtungen im

Rahmen von hydrogeologischen Simulationen erforderlich. Diese lassen sich in der Regel gegebenenfalls erst durch entsprechende Erkundungsmaßnahmen mit Pumpversuchen bestimmen. Ergänzend können die unteren Wasserbehörden Erfahrungswerte aus z.B. bestehenden Brunnenanlagen zur Bewertung der Grundwassersituation in der Kommune und einzelnen Stadtteilen bereitstellen.

Aufgrund dieser Komplexität kann im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Potenzialerhebung nicht vorgenommen werden. Im Einzelfall sind projektspezifisch die oben genannten Eignungskriterien zu prüfen. Speziell die Fragestellung, ob durch eine geplante Grundwassernutzung bestehende Anlagen beeinträchtigt werden, ist hierbei zu prüfen.

Im Kontext der kommunalen Wärmeplanung werden daher lediglich die Gebiete dargestellt, die grundsätzlich für eine Grundwassernutzung nicht ausgeschlossen sind. Ausgeschlossen werden zum Beispiel sensible Grundwassernutzungen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten.

Datengrundlage

Informationen zur Lage grundwasserführenden Schichten sowie deren Mächtigkeiten, bekannten Altlasten und bestehenden Brunnenanlagen sind für eine projektspezifische Einzelfallbeurteilung erforderlich. Übergeordnet sind Schutzgebietseinordnungen (u.a. Wasserschutz, Heilquellen) hilfreich für die Identifikation von Ausschlussgebieten. Neben dem „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG)“ werden diese Daten über die zuständigen Wasserbehörden der Kommune und des Landkreises zur Verfügung gestellt.

Ergebnis

In der nachfolgenden Karte sind alle grundsätzlich geeigneten Gebiete für eine weitere Grundwassernutzung aufgeführt. Aufgrund der oben beschriebenen Komplexität und fehlenden Projekttiefe der kommunalen Wärmeplanung wird kein Deckungspotenzial ausgewiesen. Grundsätzlich ist im Großteil des kommunalen Gebietes eine Nutzung des Grundwassers möglich. Einschränkungen bzw. Verbote bestehen in einzelnen Gebieten auf Grund von Wasserschutzgebieten gemäß der folgenden Kartendarstellung. Allgemein ist im gesamten Gemarkungsgebiet eine sehr geringe Ergiebigkeit des Grundwassers zu verzeichnen, was die technische Nutzungsoptionen stark einschränkt. Lediglich in den Kiesrinnen entlang der Argen ist mit einem höheren Grundwasseraufkommen zu rechnen, was als Uferfiltrat direkt vom Flusswasserstand abhängig ist. Insbesondere in Laimnau ist wegen eines oberflächennahen Arthesers keine Nutzung des Untergrundes möglich.

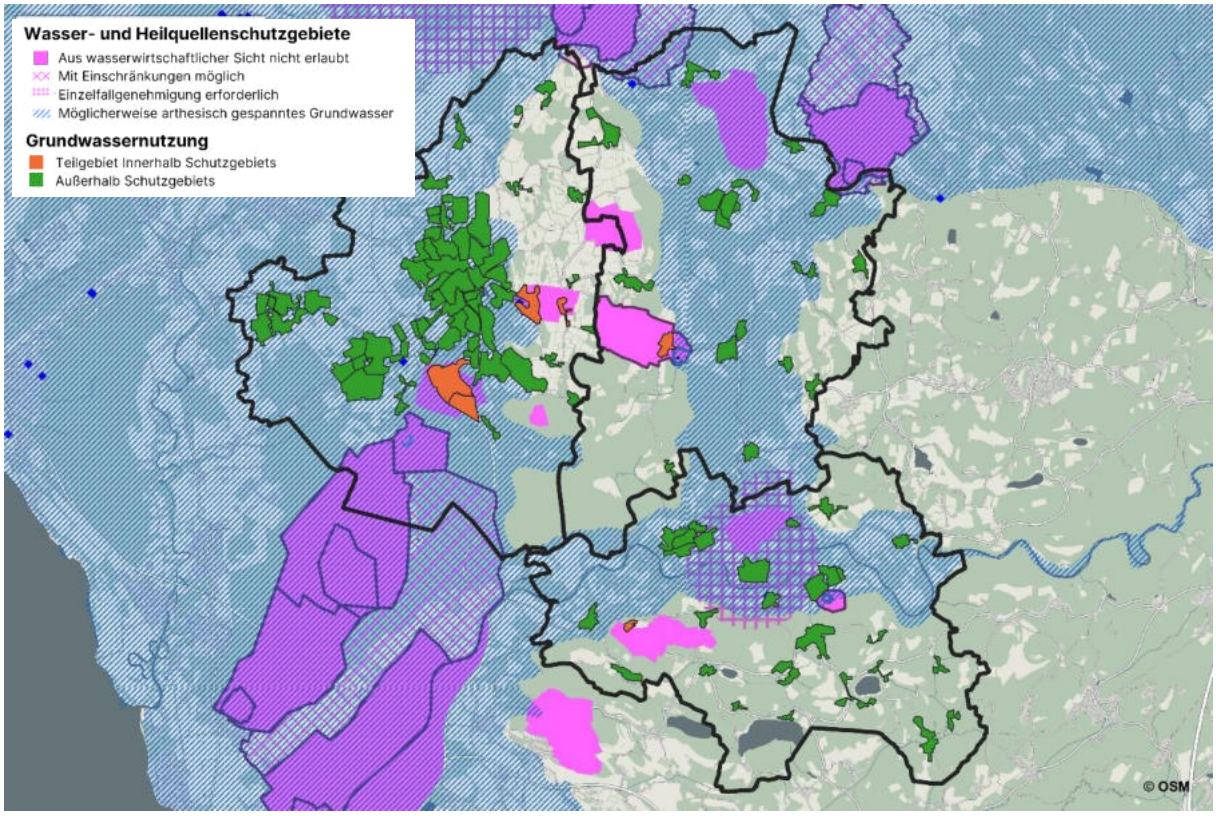


Abbildung 30: Potenzialkarte „Grundwasser“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.9 Seewasser

Das Wärmenutzungspotenzial von Oberflächengewässern wird separat für Fließgewässer und Seen ermittelt. Die Wärmenutzung aus Seewasser kann bei größeren Gewässern einen relevanten Beitrag für eine klimaneutrale Wärmenutzung einzelner Quartiere liefern.

Bei der Wärmenutzung aus Seewasser wird über eine zentrale Vorrichtung im oder am See Wasser entnommen und über Wärmetauscher für die Wärmeversorgung nutzbar gemacht. Das abgekühlte Seewasser wird im Anschluss wieder in das Gewässer eingeleitet. Die erschlossene Seewasserwärme kann mittels Großwärmepumpen für Wärmenetze aufbereitet werden oder für die Regeneration von kalten Wärmenetzen eingesetzt werden. Auf Grund des relativ hohen Erschließungsaufwands und des bei technischer Machbarkeit hohen Potenzials wird die Seewassernutzung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung stets in Kombination mit den aufgeführten zentralen Wärmeinfrastrukturen betrachtet.

Datengrundlage

Für die Bewertung des Seewasserpotenzials sind die Belange des Natur- und Umweltschutzes sowie der weiteren Nutzungen des Gewässers relevant. Die zuständigen Genehmigungsbehörden können erste Einschätzungen zur Seewassernutzung abgeben. Bei positiver Einschätzung werden in der Regel weitere hydrologische Untersuchungen erforderlich, um die technische und genehmigungsrechtlichen Fragestellungen beantworten zu können. Zum Teil existieren für bestimmte Gewässer frei abrufbare Richtlinien, in denen

die Seewassernutzung geregelt ist (z.B. Bodensee-Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB)).

Ergebnis

Auf dem Kommunalgebiet liegt kein Potenzial für die Nutzung von Seewasserwärme vor.

Die größten Seen auf der Gemarkung sind der Degersee und der Muttelsee. Es gibt in mittelbarer Nähe keine Wärmebedarfe, die sich für die Seethermienutzung eignen. Daher wurden diese Potenziale nicht weiter untersucht.

5.3.10 Solarthermie - dezentral

Mittels Solarkollektoren (Solarthermie) wird solare Strahlungsenergie in nutzbare Wärme für die Brauchwassererwärmung, Heizung und Prozesswärme gewandelt. Bei der Konzeptionierung von Gebäuden mit Solarthermieanlagen ist darauf zu achten, dass die Anlagen möglichst nach Süden ausgerichtet sind. Die Neigung der Solarkollektoren liegt je nach Art der Anwendung idealerweise zwischen 30 und 60 Grad. Je steiler der Anstellwinkel, desto höher ist der Ertrag in der Übergangszeit und in den Wintermonaten.

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Solarthermie - dezentral“ werden die für die Solarenergie in Frage kommenden Dachflächen untersucht und quantitativ erfasst. Für die quantitative Ermittlung der geeigneten Dachflächen und des Wärmepotenzials wird auf das GIS-Angebot des Energieatlas Baden-Württemberg zurückgegriffen.

Die Daten beinhalten Angaben der Dachflächen für die Solarenergienutzung unter Berücksichtigung der Flächenausrichtungen, Neigung und Verschattung aus 3D-Befliegungsdaten. Dabei wird angenommen, dass z.B. gut geeignete Flächen einem solarthermischen Ertrag von 420 kWh/(m²·a) entsprechen.

Die Berechnung des resultierenden Wärmedeckungspotenzials je Gebäude im Zieljahr berücksichtigt die zeitliche Verfügbarkeit des Solarthermiepotenzials und die Verteilung des Wärmebedarfs auf Monatsebene auch durch Begrenzung der Anlagendimensionierung auf technisch sinnvolle Deckungsanteile.

Datengrundlage

Das Solarthermiepotenzial auf Dachflächen wird auf Basis der Angaben des Solarkatasters des Energieatlas Baden-Württemberg ermittelt. Der Energieatlas und die hinterlegten GIS-Dateien sind im Internet abrufbar unter https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Solarthermie - dezentral“ zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 18 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch rund 26.400 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden.

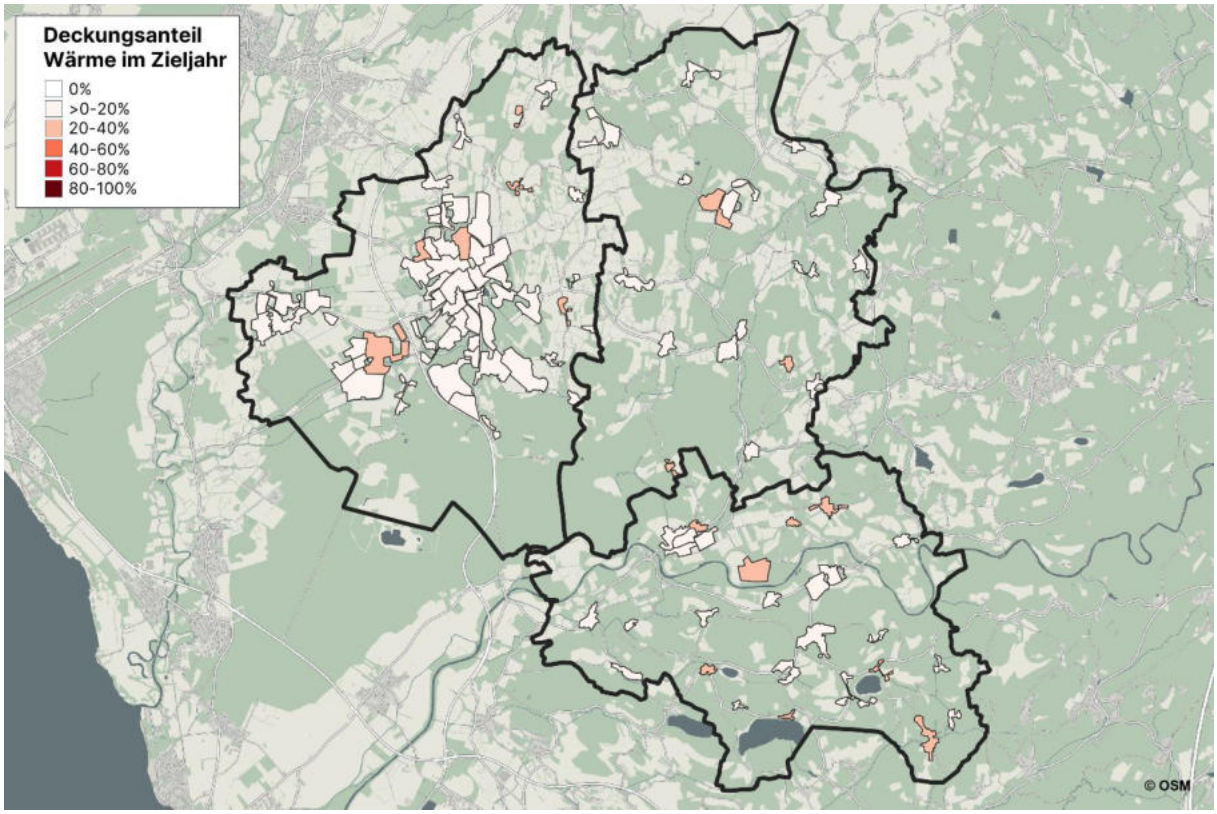


Abbildung 31: Potenzialkarte „Solarthermie - dezentral“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.11 Solarthermie - zentral

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung wird zusätzlich zur Solarenergie auf Dachflächen das Potenzial von Freiflächenanlagen untersucht. Zentrale Solarthermieanlagen können relevante Wärmemengen für Wärmenetze bereitstellen. Neben der Einspeisung in klassische Wärmenetze können Solarthermieanlagen im Kontext der Regeneration von kalten Wärmenetzen oder zum Beispiel von Erdwärmesonden eine besonders hohe Effizienz vorweisen. Die in den Sommermonaten hauptsächlich anfallenden Wärmeerträge können für erhöhte Wärmedeckungsanteile in Großspeichern bzw. saisonalen Wärmespeichern nutzbar gemacht werden. Die gespeicherte Wärme kann entweder direkt genutzt oder über Wärmepumpen auf das erforderliche Temperaturniveau des Wärmeverteilnetzes gebracht werden.

Für die Berechnung des Wärmedeckungspotenzials werden die Wärmebedarfe mit dem Bereitstellungspotenzial der Teilgebiete bilanziell abgeglichen, die sich in räumlicher Nähe zu den geeigneten Freiflächen befinden. Auf Basis von Monatsbilanzen kann so der jeweiligen zeitlichen Charakteristika von Erzeugung und Bedarf Rechnung getragen werden.

Datengrundlage

Die Vorgehensweise zur Ermittlung potenziell geeigneter Flächen für die Kategorie „Solarthermie - zentral“ wird nachfolgend beschrieben. Zu Beginn werden die potenziellen Freiflächen ermittelt, welche grundsätzlich eine Eignung für Solarthermieanlagen vorweisen.

Hierzu wird zunächst eine Positivauswahl aus dem digitalen Liegenschaftskataster getroffen. Die Auswahl erfolgt nach hinterlegten Nutzungen wie Brachland, Grünland, Unland und Ackerland. Ergänzend werden Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (hier auch Ackerland unabhängig der Ertragsfähigkeit) aufgenommen. Anschließend werden Ausschlussflächen definiert und von der Positivauswahl abgezogen. Kriterien für die Definition von Ausschlussflächen sind u.a. Naturschutz und Landschaftsschutz, Bodendenkmäler, Grünzäsuren, Vorranggebiete für Siedlungsbau und Infrastruktur, Biosphärengebiete, Landschaftsschutzgebiete und Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete). Die Grundlagen hierfür stammen aus den Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass sich die Freiflächen in räumlicher Nähe zu Teilgebieten mit Wärmebedarf befinden und eine zusammenhängende Mindestgröße nicht unterschreiten.

In der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen oder die Lage innerhalb weicher Restriktionen (Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und weitere Nutzungsmerkmale analysiert, die gegen eine Nutzung für das Potenzial „Solarthermie - zentral“ sprechen. Zum Beispiel werden bei einer Analyse von Luftfotos Grünlandflächen identifiziert, auf denen sich erhaltenswerte Streuobstwiesen befinden. Diese Information ist in den genannten Planunterlagen nicht enthalten, führt aber aktuell zu einem Ausschlusskriterium bei diesem Anwendungsfall.

Eine detaillierte Auflistung der Flächennutzungskategorien und deren Einordnung als Ausschluss- und Eignungsflächen kann im Anhang in Kapitel 10.2 eingesehen werden.

Die verbliebenen Flächen werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung für die Nutzung als Energieinfrastruktur dokumentiert und priorisiert. In Abbildung 32 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

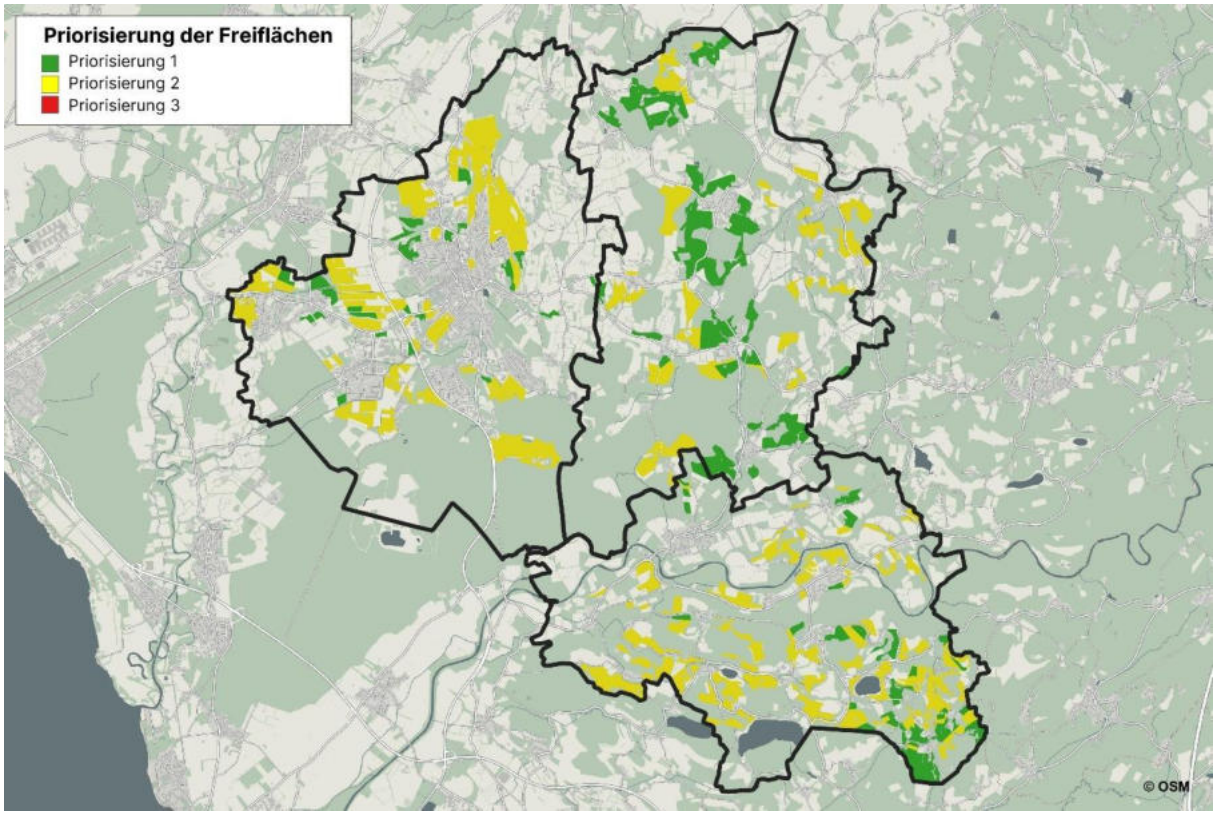


Abbildung 32: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich im Wesentlichen an der nachfolgendenden Auflistung. Die Flächenangaben zu diesen Potenzialflächen und die Einordnung zur gesamten Kommunalfläche sind in Tabelle 10 enthalten.

1. Geeignet: gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, außerhalb von Schutzzonen (keine Einschränkungen zu erwarten), Nutzung mit geringem Aufwand möglich (kaum Bewuchs)
2. Bedingt geeignet: In Schutzzonen (Einschränkungen oder Auflagen zu erwarten), Nutzung mit Aufwand möglich (leichter Bewuchs), Ackernutzung
3. Ungeeignet: Nutzung nicht möglich (starker Bewuchs), aktuelle Flächennutzung bietet kein Potenzial (Neubaugebiet, Kleingärten, Streuobstwiesen, …)

Tabelle 10: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Solarthermie - zentral“

Priorisierung	Fläche	Anteil an Fläche der Kommune
1	341 ha	5 %
2	721 ha	10 %
3	1.449 ha	20 %
Summe	**2.511ha**	**35 %**

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass bei einer Installation auf den geeigneten und bedingt geeigneten Freiflächen mit solarthermischen Modulen ein theoretisches Potenzial von 2.786 GWh/a resultiert. Unter Berücksichtigung des nutzbaren Solarertrags der Anlagen zur Gebäudebeheizung wurden die Freiflächen auf knapp 20 ha reduziert. Unter Berücksichtigung der saisonalen Abhängigkeit des Wärmeertrags und dem Einsatz eines Langzeitwärmespeichers wurde ein Wärmedeckungspotenzial im Zieljahr von 13,4 % analysiert. Insgesamt resultieren aus dem Einzelpotenzial „Solarthermie - zentral“ theoretisch rund 20.200 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune. Dabei sind die Teilgebiete mit einer Wärmenetz-Eignung gemäß Kapitel 4.4.1 und mit einer Lage im Siedlungs-Innenraum priorisiert berücksichtigt.

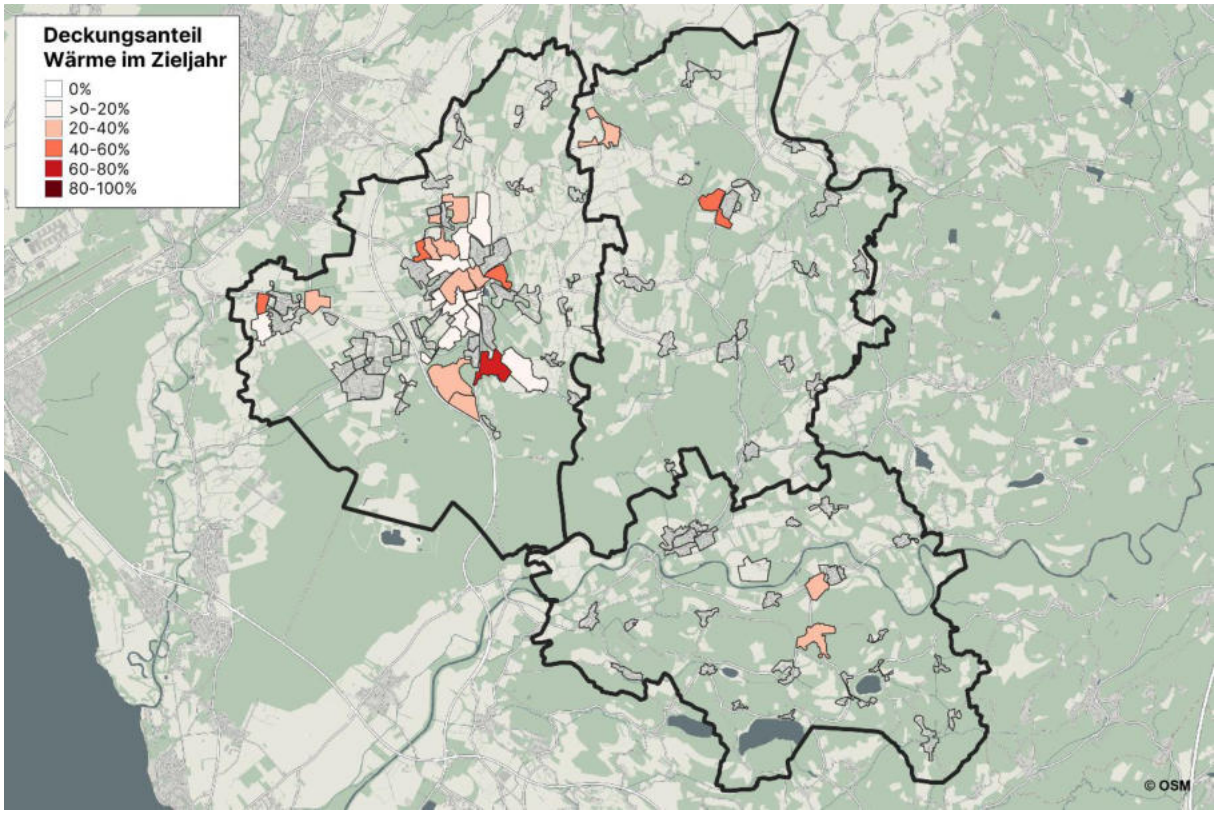


Abbildung 33: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.12 Tiefengeothermie

Tiefengeothermie stellt die Nutzung von Erdwärme in Tiefen von mehr als 400 Metern dar. Wärmereservoire in mehreren tausend Metern Tiefe werden dabei erschlossen. Aufgrund des relativ hohen Temperaturniveaus gegenüber der oberflächennahen Geothermie kann die Wärme sowohl für größere Wärmenetze als auch für die Erzeugung von Strom eingesetzt werden.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg kann ein Nutzungspotenzial der Tiefengeothermie ohne detaillierte Informationen zur thermodynamischen Leistungsfähigkeit des Untergrunds nur grob eingeordnet werden.

Grundsätzlich gilt die Einordnung des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) für Baden-Württemberg. „Für die Nutzung der tiefen Geothermie bieten sich in Baden-Württemberg vor allem der Oberrheingraben und das Molassebecken an. In diesen Gebieten liegen sogenannte positive Temperaturanomalien vor, d. h. in der Tiefe werden deutlich höhere Temperaturen angetroffen als im restlichen Baden-Württemberg. Daneben haben topografische Höhenunterschiede, wie zwischen Schwarzwald und Oberrheingraben, signifikante Auswirkungen auf die Temperaturverteilung im Untergrund. Dort führen aus größerer Tiefe aufsteigende Thermalwässer (z. B. Baden-Baden) zu erhöhten Temperaturen in ihrem weiteren Umfeld. Auch südöstlich von Stuttgart (Bereich Bad Urach–Bad Boll) sind die Untergrundtemperaturen erhöht. Die äußerst vielfältige Geologie von Baden-Württemberg führt zu einer unterschiedlichen räumlichen Verteilung der Wärmeleitfähigkeit und damit der Temperatur im Untergrund des Landes.“ (Landesamt für Geologie, 2023)

Datengrundlage

Die Bewertung des Tiefengeothermie-Potenzials beschränkt sich daher im Rahmen der vorliegenden Analyse auf Informationen des LGRB-Kartenviewers der großflächige Untergrundtemperaturverteilungen in Tiefen von 500 bis 2.500 m beinhaltet (Im Internet unter: https://maps.lgrb-bw.de/?app=lgrbwissen&view=Geothermie_Uebersicht_BW_500_m).
Liegen im räumlichen Kontext der Kommune Temperaturanomalien im Untergrund vor, so wird ein Potenzial als vorhanden eingestuft und eine weitere qualifizierende Erkundung und Bewertung des Nutzungspotenzials empfohlen.

Ergebnis

Der LGRB-Kartenviewer weist für das Kommunalgebiet keine besonderen Temperaturanomalien im Untergrund aus. Je nach Tiefe liegt Tettnang am Rande einzelner kleiner Gebiete mit erhöhten Temperaturen. In der Tiefe von 700-1.000 m sind Thermalwasservorkommen anzutreffen, die Richtung Norden ansteigen. Die Nutzung dieser Vorkommen ist den Thermalbädern in und um Friedrichshafen vorgesehen, da diese Thermalwässer begrenzt vorliegen und bei intensiver Nutzung schneller erschöpft werden. Die Abbildung 34 und Abbildung 35 zeigen die konkreten Untergrundtemperaturen im Vergleich zur überregionalen Verteilung.

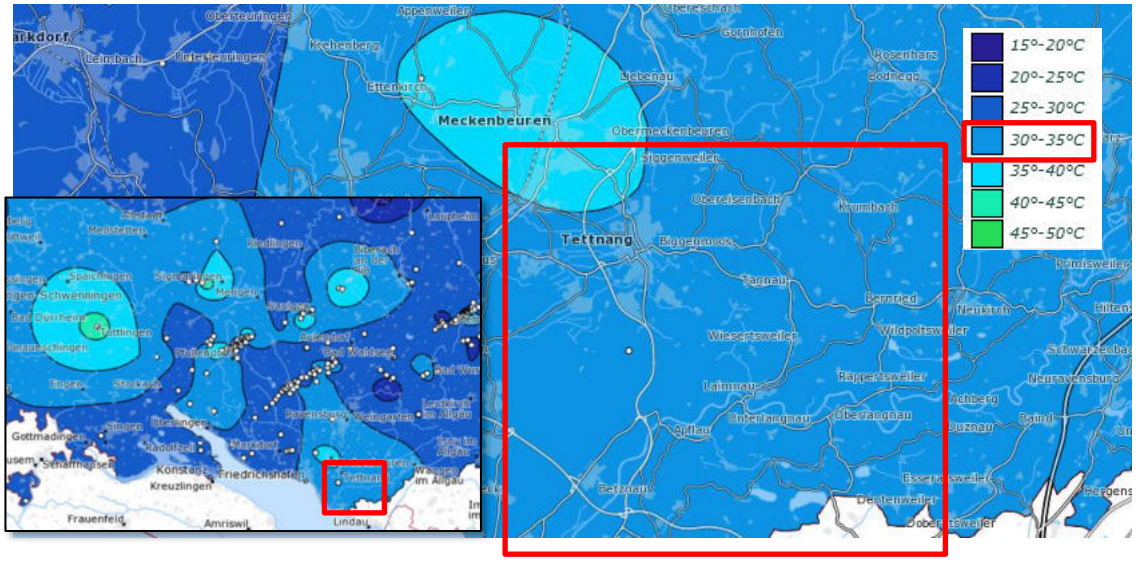


Abbildung 34: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 500 m

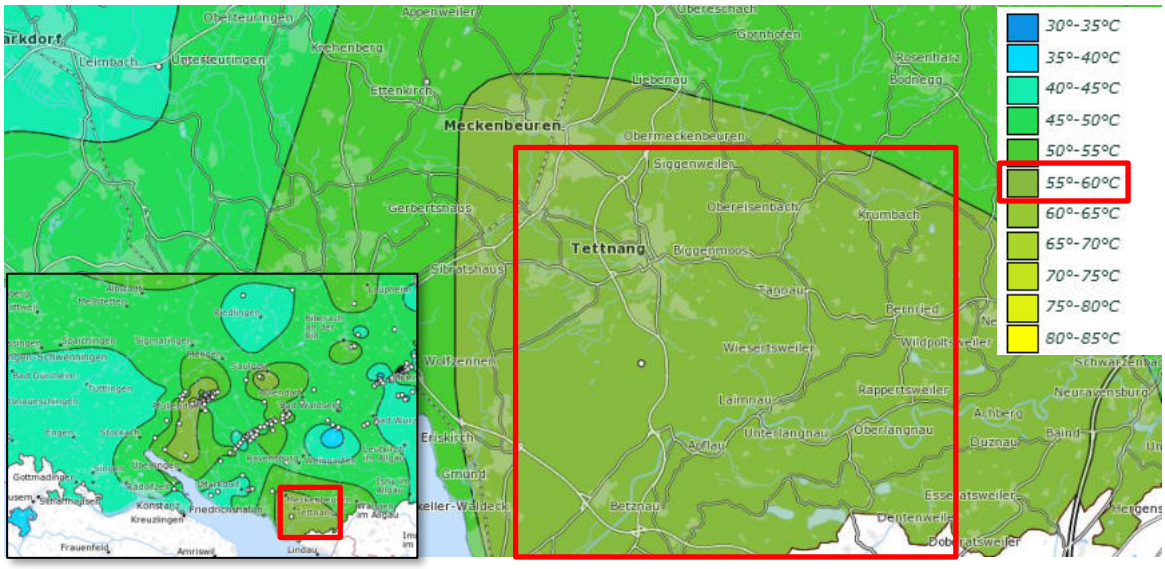


Abbildung 35: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 1.000 m

5.3.13 Ortsunabhängige Nutzungspotenziale für klimaneutrale Wärme

Ergänzend werden auch im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Nutzungspotenziale von Wärmequellen und Energieträgern betrachtet, die in der Regel ortsunabhängig für eine klimaneutrale Wärmeversorgung Verwendung finden können. Darunter fallen im Wesentlichen die Außenluft, Biomasse sowie „Grüne Gase“. Der Umgang mit diesen Optionen wird in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

5.3.13.1 Außenluft

Wärmepumpen mit der Wärmequelle Außenluft erfordern in der Regel den geringsten technischen Aufwand und sind fast an jedem Standort einsetzbar. Die Außenluft-Wärmepumpen können dabei in Luft/Luft- und Luft/Wasser-Systeme unterteilt werden. Bei diesen Systemen wird der Außenluft Wärme entzogen. In einem thermodynamischen Kreisprozess wird die Wärme von einem niedrigen (Außenluft) auf ein höheres (Heizwärme) Temperaturniveau gehoben. Der Anteil der Luft/Wasser-Wärmepumpen an bestehenden Wärmepumpen liegt in Deutschland nach Auswertungen des Bundesverbands Wärmepumpe bei über 50 Prozent. (Fisch, et al., 2018)

Luft/Wasser-Wärmepumpen können Heizwärme bei Außenlufttemperaturen von bis zu – 20 Grad Celsius bereitstellen. Je niedriger die Wärmequellentemperatur, desto niedriger die Effizienz (d. h., die Arbeitszahl sinkt und der Strombedarf steigt). Speziell bei größeren Wärmebedarfen kommen bivalente Systeme zum Einsatz.

Das Wärmepotenzial aus Außenluft ist grundsätzlich als ortsunabhängig einzuordnen, erfordert jedoch geeignete Aufstellflächen auf Gebäuden oder im Außenraum. Bei der Platzierung von Ansaug- und Ausblasöffnungen im Umfeld von Gebäuden müssen zudem Schallemissionen berücksichtigt werden, sodass Mindestabstände zu benachbarten Bauwerken einzuhalten sind. Maßgeblich für die Bewertung der Geräuschentwicklung ist die TA Lärm, die Grenzwerte für Tag- und Nachtperioden nach Gebietskategorien – von Industrie- bis Kurgebieten – definiert. Da diese formale Gebietseinteilung für die Wärmeplanung nicht flächendeckend vorliegt, erfolgt die Zuordnung stattdessen anhand der jeweils dominierenden Nutzungsart der Teilgebiete.

Aus der Bestandsanalyse liegt für jedes Gebäude ein abgeschätzter Leistungsbedarf vor. Daraus wird ein typischer Schallleistungspegel eines Geräts nach aktuellem Stand der Technik abgeleitet. Auf Basis einer vereinfachten Schallausbreitungsrechnung und unter Berücksichtigung von Schallminderungsmaßnahmen (z. B. Teillastbetrieb, Schalldämmhaube, Kaskadenschaltung) ab einem Schallleistungspegel von 75 dB(A) wird der erforderliche Mindestabstand bestimmt, um die nächtlichen Grenzwerte der TA Lärm einzuhalten. Findet sich auf dem Grundstück des betrachteten Gebäudes eine Aufstellfläche, die diesen Abstand auch gegenüber umliegender Gebäude wahrt, wird dem Gebäude ein nutzbares Außenluftpotenzial zugewiesen.

Das Verfahren ermöglicht somit eine gebäudescharfe Einschätzung, ob eine vollständige Wärmeversorgung über Außenluftwärmepumpen unter Einhaltung der TA Lärm realisierbar ist. Es wird dabei von monovalenten Systemen mit Außenaufstellung ausgegangen. Alternativen wie Dachinstallationen oder bivalente Systemkonzepte können das realisierbare Potenzial darüber hinaus weiter erhöhen.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Außenluft – dezentral“ zeigt auf, dass im Zieljahr ein Wärmedeckungsanteil in Höhe von 51 % resultiert. Insgesamt können damit theoretisch rund 76.400 MWh/a für die Wärmebereitstellung in der Kommune angenommen werden.

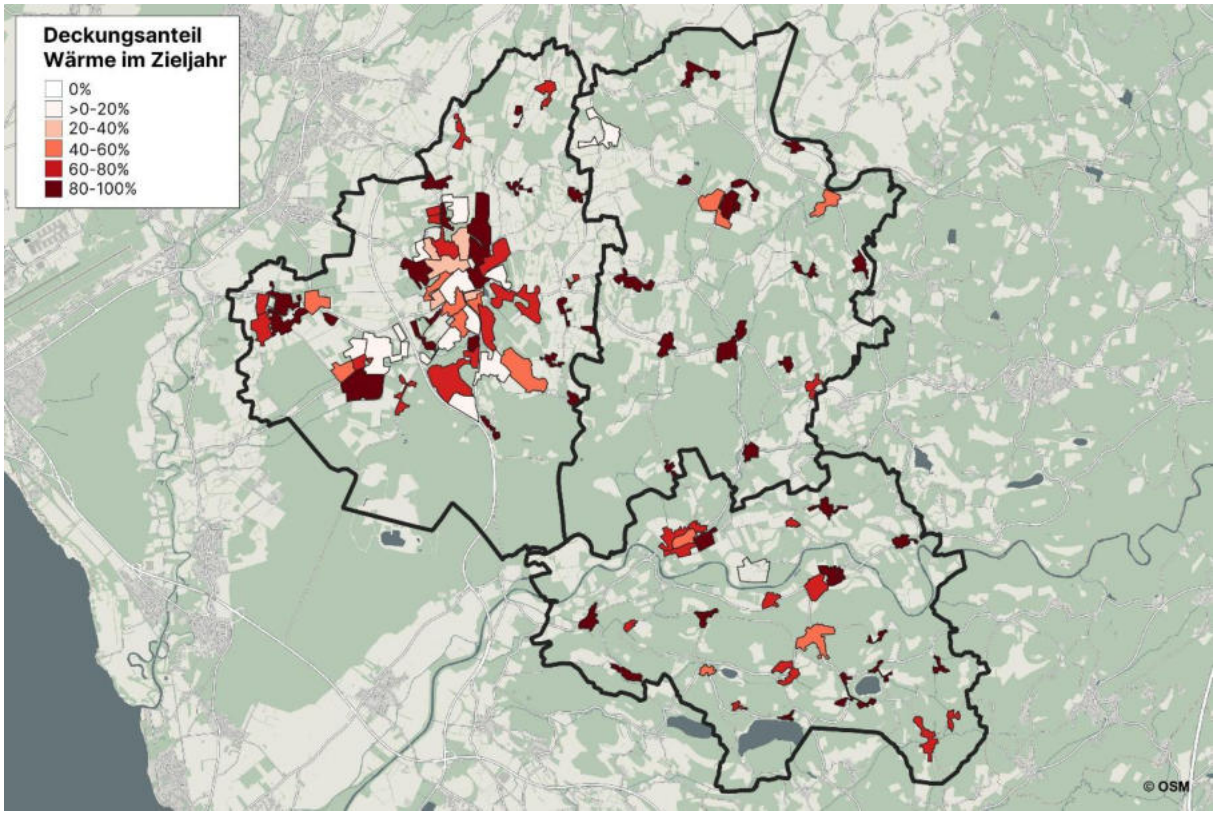


Abbildung 36: Potenzialkarte „Außenluft dezentral“ auf Teilgebiet-Ebene

5.3.13.2 Biomasse

Die Möglichkeiten zur Nutzung von pflanzlicher Biomasse zeigen eine große Bandbreite auf. Biomasse im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes kann für das Erreichen einer klimaneutralen Wärmeversorgung als fester, flüssiger oder gasförmiger Energieträger zum Einsatz kommen.

Im Rahmen der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung werden die Biomassepotenziale aus Landwirtschaft, Forstwirtschaft, sowie Abfall- und Reststoffen quantifiziert. Dabei wird jeweils zwischen den beiden Verwertungspfaden Verbrennung und Vergasung unterschieden. Beim Verwertungspfad der Verbrennung wird der Energiegehalt der Zwischenprodukte in Form von Holzhackschnitzeln, Pellets, etc. angegeben. Bei der Vergasung werden die Ausgangsstoffe in einer Biogasanlage zu Biogas mit unterschiedlichem Methangehalt verwertet. Das Potenzial wird als Energiegehalt bzw. Normvolumen des entstehenden Methans angegeben. Die Vorgehensweisen werden nachfolgend beschrieben.

Biomasse aus der Landwirtschaft

In Abbildung 37 sind die forst- und landwirtschaftlichen Flächen sowie deren räumliche Verteilung aufgezeigt. Auf dem Gemarkungsgebiet der Kommune existieren laut Flurstücks-Definition, 939 ha Ackerland und 2.708 ha Grünland. Diese Flächen entsprechen rund 50 % des gesamten Gemarkungsgebiets. Nach Aussagen des Statistischen Landesamtes werden auf 212 ha Ackerland Energiepflanzen angebaut. Der Anteil von Grünlandflächen, der für die Ernte von Gras zur energetischen Nutzung geeignet ist, wird pauschal mit 10 % angenommen.

Die angebaute Biomasse zur energetischen Verwertung wird vollständig dem Verwertungspfad der Vergasung zugeordnet. Für die analysierten Flächen resultiert dabei ein theoretisches Methanerzeugungspotenzial in Höhe von 9.518 MWh/a bzw. 952.000 m^3_{Methan}/a.

Neben dem Anbau von Energiepflanzen können Abfallprodukte aus der Tierhaltung energetisch verwertet werden. Der in der KWP angesetzte Verwertungspfad erfolgt ebenfalls über eine Vergasung. Die Tierbestände im Kommunalgebiet sind ebenfalls beim Statistischen Landesamt abrufbar und darauf basierend wird die jährlich anfallenden Mist- und Güllemenge berechnet. Unter der Annahme, dass die anfallenden Mengen nur in der Stallhaltung nutzbar gemacht werden können, ergibt sich für jede Tierart ein individueller Mobilisierungsfaktor, der sich aus den landesweiten Haltungsformen ableitet. Für tierische Abfallprodukte ergibt sich daraus ein Methanerzeugungspotenzial in Höhe von 16.423 MWh/a bzw. 1.642.000 m^3_{Methan}/a.

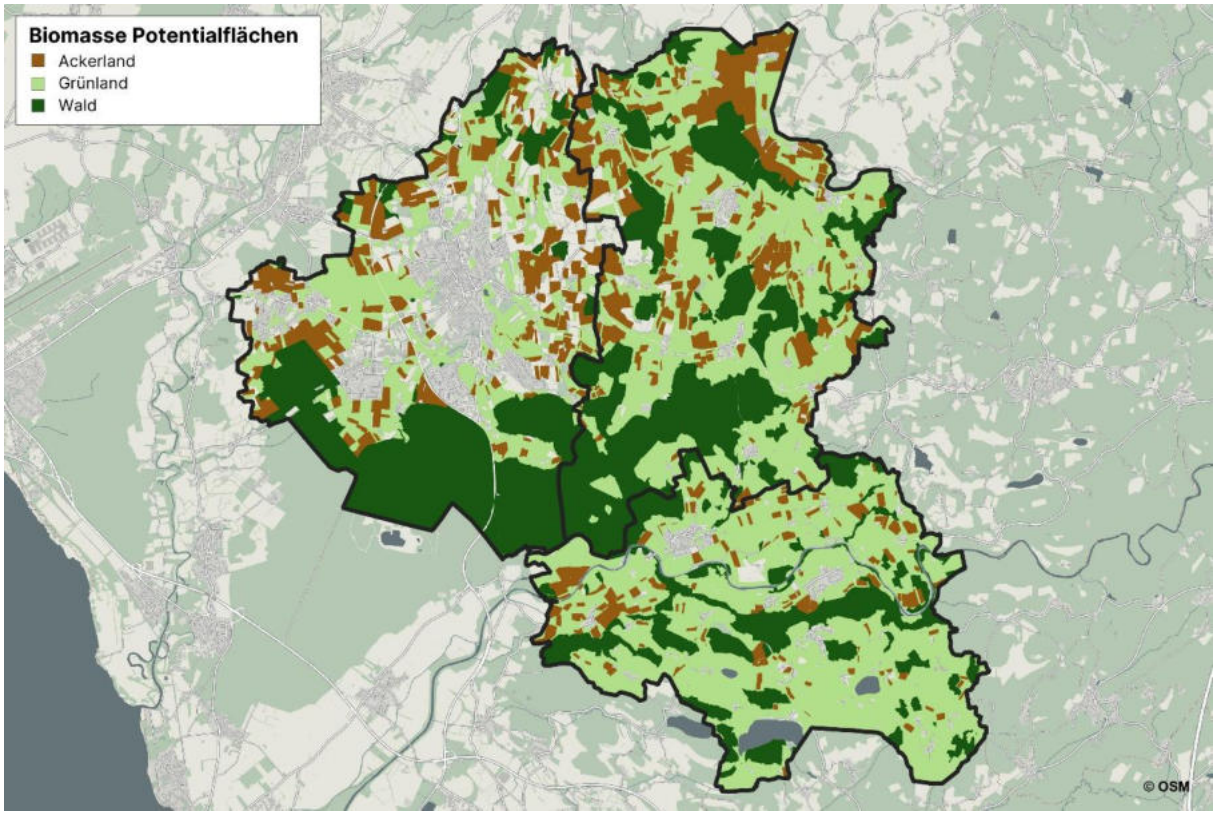


Abbildung 37: Potenzialflächen für Biomasse

Biomasse aus der Forstwirtschaft

Auf dem Kommunalgebiet existieren Waldflächen von rund 1.918 ha. Im Rahmen der Wärmeplanung wird lediglich Waldrestholz für die Ermittlung des Energiepotenzials berücksichtigt. Unter der Annahme, dass 16 % des geschlagenen Holzes unter diese Kategorie fällt, ergibt sich bei einem Einschlag von 8 FM/ha*a ein Flächenertrag an Waldrestholz von 0,9 t/ha. In Tettnang wird davon ausgegangen, dass 100 % der Waldflächen

forstwirtschaftlich genutzt werden. Daraus resultiert ein Energiepotenzial des Holzes in Höhe von 7.630 MWh/a, was dem Verwertungspfad der Verbrennung zugeordnet wird.

Biomasse aus Abfallströmen

Unter den Biomassepotenzialen aus Abfallströmen werden im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung die Holzabfälle aus holzverarbeitenden Betrieben, Biomüll von Privathaushalten, Grünschnitt und Produkten von Kläranlagen verstanden.

Im Gemarkungsgebiet wurden zwei holzverarbeitende Betriebe mit Restholzabfällen identifiziert. Deren Holzabfälle werden bereits vollständig einer energetisch oder stofflichen (Papierproduktion, Einstreu) Verwertung zugeführt. Für die Bestimmung des theoretischen Potenzials wird eine vollständige energetischen Nutzung angenommen, die sich auf insgesamt ca. 375 MWh/a beläuft. Aus privaten Haushalten fallen jährlich 72 kg/EW*a Biomüll, sowie 74 kg/EW*a Grünschnitt an. Klärschlamm und Klärgas fallen zukünftig nicht mehr auf der Gemarkung Tettnang an und bieten daher kein Potenzial.

Insgesamt wird das Biomassepotenzial aus Abfallströmen damit auf 2.249 MWh/a in Form fester Brennstoffe an, sowie ein Methanerzeugungspotential in Höhe von 1.077 MWh/a bzw. 107.600 m^3_{Methan}/a.

Gesamtergebnis

Das Ergebnis der Potenzialanalyse der Biomassepotenziale wird in Abbildung 38 dargestellt. Das Wärmenutzungspotenzial aus Festbrennstoffen beträgt rund 10.000 MWh/a. Bezogen auf den Biomasseeinsatz im Basisjahr von 32.400 MWh entspricht dies einem Anteil von 30 %. Zusätzlich können 27.000 MWh/a durch eine Biomassevergärung auf dem Gemarkungsgebiet in gasförmiger Form erzeugt werden. Für die Vergasung ist eine Biogasanlage nötig. Das entstehende Biogas kann entweder in einem BHKW zu Strom und Wärme verwertet oder nach einer Gasaufbereitung in das Gasnetz eingespeist und dort als grünes Methan genutzt werden.

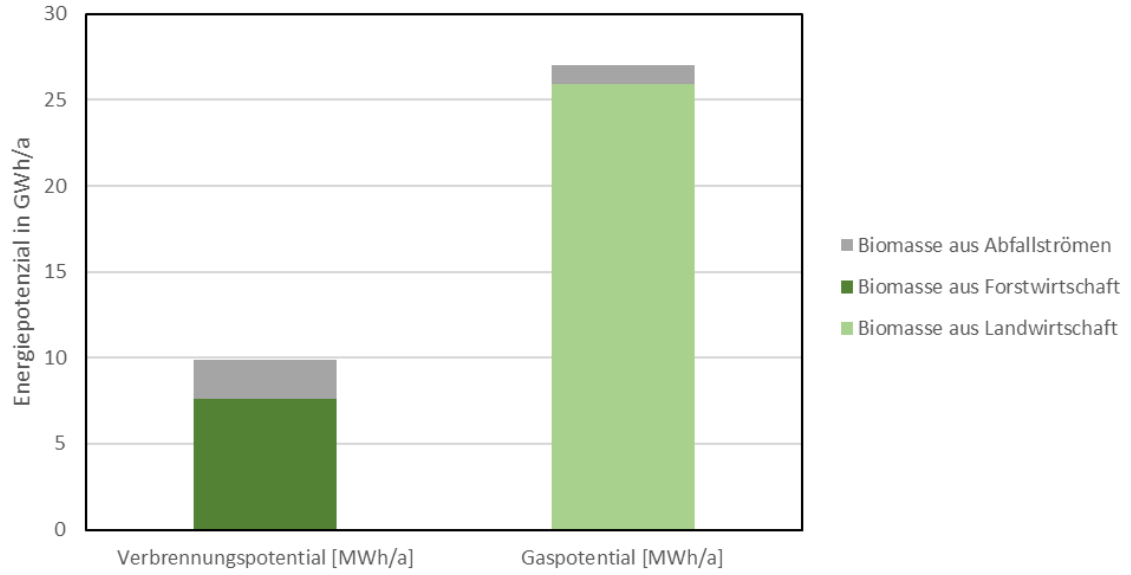


Abbildung 38: Biomassepotenziale für die Verwertungspfade Verbrennung und Vergasung

5.3.13.3 Grüne Gase

Der Energieträger „Grüne Gase“ steht vereinfacht für klimaneutrale, gasförmige Energieträger, die in der Regel in Verbrennungsprozessen in Heizungsanlagen und bei Prozessanlagen zur Wärmebereitstellung zum Einsatz kommen können. Darunter fallen die Kategorien Biogas, gasförmige Biomasse-Brennstoffe, grünes Methan im Sinne von Biomethan, grüner Wasserstoff oder auch generell synthetisch erzeugte Gase, für die auf Grundlage des Herkunftsnachweisregistergesetzes ein Herkunftsnachweis für Wärme aus erneuerbaren Energiequellen ausgestellt wurde.

„Grüne Gase“ können sowohl lokal auf dem Kommunalgebiet erzeugt oder perspektivisch über die vorgelagerte Gasinfrastruktur bezogen werden. Durch die Annahme, dass zukünftig grüne Gase überregional zur Verfügung stehen, kann dieser Energieträger grundsätzlich auch als nicht-lokale Ressource eingestuft werden.

Damit können grüne Gase per Definition ortsunabhängig für eine klimaneutrale Wärmeversorgung Verwendung finden. Für eine positive Berücksichtigung im Rahmen der Potenzialbetrachtung und Nutzungsbewertung für den Zielszenarioprozess gilt lediglich die Einschränkung, dass eine bestehende Gasinfrastruktur im jeweiligen Teilgebiet bereits vorliegen muss.

Gemäß dem technischen Annex der Kommunalrichtlinie[6] (Nationale Klimaschutzinitiative vom 18. Oktober 2022) sind grüne Gase effizient und ressourcenschonend nur dort in der Wärmeversorgung einzuplanen und einzusetzen, wo vertretbare Alternativen fehlen. Gemäß dieser Logik finden im Zielszenario die grünen Gase unter folgenden Randbedingungen Berücksichtigung:

- Keine Verfügbarkeit ausreichender lokaler Potenziale erneuerbarer Energien und Abwärmepotenziale im Teilgebiet
- Anforderungen von Teilgebieten mit Hochtemperaturwärmeanwendungen oder Gasverbrennungsprozessen in der Industrie
- Spitzenlastbereitstellung bei größeren Verbrauchern und Heizzentralen erforderlich
- Gasnetzinfrastruktur liegt vor

Sind die obig aufgeführten Kriterien erfüllt, wird im weiteren Zielszenarioprozess abgewägt, ob eine Nutzung von grünen Gasen auf Ebene der Teilgebiete als Nutzungsoption in Frage kommt.

[6]Im Internet unter: https://www.klimaschutz.de/de/foerderung/foerderprogramme/kommunalrichtlinie (02.03.2023)

5.3.14 Potenzial für Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung

Der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kommt bei der Energiewende eine besondere Rolle zu: „[…] Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen sind im Vergleich zu Anlagen der ungekoppelten Erzeugung effizienter, weil sie neben Strom auch Wärme produzieren. Die bei der Herstellung von Strom entstehende Wärme wird als Wärmeenergie für öffentliche und private Verbraucher genutzt. Der eingesetzte Brennstoff wird damit effizienter und sparsamer verwendet. […]“[7]

Geeignete Einsatzbereiche von kleinen und mittleren KWK-Anlagen liegen besonders bei Anwendungsfällen mit ganzjährig hohem Wärmebedarf und in denen eine hohe Stromeigennutzung möglich ist. Klassischerweise handelt es sich um Verbraucher aus den Bereichen Kliniken, Bäder, Gastronomie und Hotels sowie geeignete Verbraucher aus den Bereichen Gewerbe, Industrie als auch Gebäude- und Wärmenetze.

Die KWK-Technologie befindet sich dabei an der Schnittstelle zwischen Strom- und Wärmemarkt. Beide Sektoren sind im Kontext der Energiewende in den nächsten Jahrzehnten immer stärker zusammen zu denken.

KWK-Anlagen werden in Zukunft vermehrt stromnetzdienlich betrieben. Da der in der Vergangenheit übliche wärmegeführte Betrieb von KWK-Anlagen aufgrund der zunehmenden fluktuierenden Stromerzeugung mit Wind und PV nicht in der Breite sinnvoll ist, werden voraussichtlich die KWK-Anlagen von vornherein flexibel, das heißt ausgerichtet auf den Bedarf und die variablen Strompreise im Stromnetz, betrieben.

Das Potenzial für Kraft-Wärme-Kopplung wird im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung nicht räumlich hochaufgelöst quantifiziert. Die Einsatzmöglichkeiten und Aussagen zur Sinnhaftigkeit variieren im konkreten Projektumfeld stark und können mit der strategischen Wärmeplanung nicht vertieft werden.

Daher kann lediglich ein theoretisches Potenzial für Wärme aus der KWK mit einem vereinfachten Ansatz ermittelt werden. Im Zieljahr beträgt der Wärmebedarf (Erzeugernutzenergieabgabe) für die Sektoren „Gesundheit und Bäderbetriebe, Verarbeitendes Gewerbe/Industrie und GHD“ 31,6 GWh/a und für die Wohn- und Mischnutzung 102,6 GWh/a. Unter der Annahme, dass von diesen Objekten rund 50 % ein Potenzial für eine KWK-Nutzung haben resultiert ein Wärmepotenzial aus KWK von bis zu 33,5 GWh/a zur Bedarfsdeckung im Zieljahr (Pauschale Annahme: 50 % der Verbraucher geeignet; 50 % dieser Wärmemenge in den Versorgungsobjekten durch KWK).

[7] Im Internet unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/moderne-kraftwerkstechnologien.html (12.06.2024)

5.4 Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung

Für die Ziele einer klimaneutralen Wärmeversorgung nimmt der Stromsektor in Zukunft eine zunehmend wichtigere Rolle ein. Zahlreiche Studien belegen den erforderlichen Ausbau von Wärmepumpen für eine flächendeckende, klimaneutrale Wärmeversorgung in zentralen und dezentralen Systemen. Wärme aus Wärmepumpen hat einen besonders hohen Klimaschutzbeitrag, wenn der dafür eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien stammt. Ebenso erfordert der Ersatz gasförmiger Brennstoffe durch „… Wasserstoff und daraus gewonnene gasförmige und flüssige synthetische Energieträger …“ (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020) signifikante Mengen erneuerbaren Stroms. Die Aufgabe im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung besteht darin, die erneuerbaren Stromerzeugungspotenziale zu bewerten, um auf dieser Basis die zukünftigen Ausbaupfade ableiten zu können.

Potenziale zur Nutzung von Photovoltaik, Wasserkraft und Windkraft sind daher Betrachtungsgegenstand der kommunalen Wärmeplanung. Diese sind in den nachfolgenden Abschnitten näher beschrieben.

5.4.1 Photovoltaik – dezentral

Die Photovoltaik-Nutzung auf einzelnen Gebäuden bietet eine sehr effiziente und einfache Möglichkeit zur Kopplung der Sektoren Wärme und Strom. Photovoltaik (PV) steht für die Erzeugung von Solarstrom durch Photovoltaik-Module. Klassischerweise werden hierzu PV-Module auf Dächern montiert. Der erzeugte Strom kann direkt im Gebäude genutzt oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Bei einer Direktnutzung des Stroms kann damit auch eine Wärmepumpe mitversorgt und damit aus erneuerbarem Strom klimaneutrale Wärme erzeugt werden. Aufgrund der tageszeitlichen und saisonalen Erzeugungscharakteristik von PV kann speziell in den Zeiten mit hohem Wärmebedarf im Winter in der Regel nur ein kleiner Teil des Wärmepumpenstroms über die eigene PV-Erzeugung bereitgestellt werden.

Im Rahmen der Potenzialanalyse „Photovoltaik – dezentral“ werden die für die Photovoltaik-Module in Frage kommenden Dachflächen untersucht und quantitativ erfasst. Für die quantitative Ermittlung der geeigneten Dachflächen und des Strompotenzials wird auf das GIS-Angebot des Energieatlas Baden-Württemberg zurückgegriffen.

Die vorliegenden Daten unterscheiden Dachflächen zunächst in einzelne Teilflächen, basierend auf der Auswertung von 3D-Befliegungsdaten. Dadurch kann – abhängig von Ausrichtung, Neigung und Verschattung der jeweiligen Teilfläche – das Potenzial der installierbaren PV-Leistung sowie des zu erwartenden Stromertrags abgeschätzt werden. Auf Grundlage dieser Bewertung werden die Teilflächen den Kategorien *sehr gut*, *gut* und *bedingt geeignet* zugeordnet. Diese aufbereiteten Informationen dienen im Rahmen der KWP zur Bestimmung des PV-Erzeugungspotenzials und werden anschließend auf Gebäudeebene aggregiert.

Datengrundlage

Das PV-Potenzial auf Dachflächen wird auf Basis der Angaben des Solarkatasters des Energieatlas Baden-Württemberg ermittelt. Der Energieatlas und die hinterlegten GIS-Dateien sind im Internet abrufbar unter https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial „Photovoltaik – dezentral“ zeigt auf, dass in Summe eine Leistung von 102 MW_p an Photovoltaik-Modulen auf den Dachflächen installiert werden können. Unter Berücksichtigung der Eignungsklasse der Dachflächen resultiert ein jährlicher Stromertrag von rund 115.400 MWh/a. Im Basisjahr sind in Tettnang bereits 25.300 kW_p installiert.

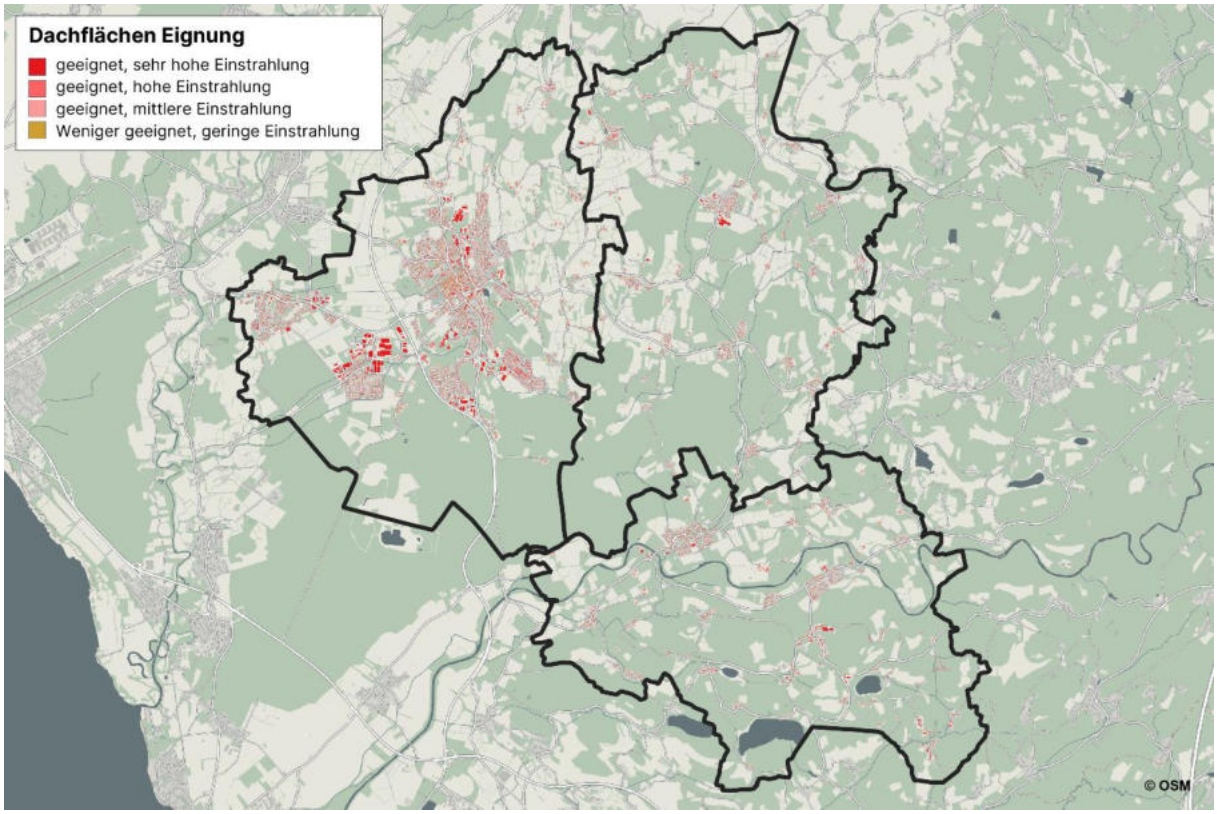


Abbildung 39: Potenzialkarte „Photovoltaik – dezentral“ auf Gebäudeebene

5.4.2 Photovoltaik – zentral

Neben der Photovoltaik-Nutzung auf Dachflächen, wird auch das Ertragspotenzial für PV auf Freiflächen untersucht. PV-Anlagen auf Freiflächen erreichen hohe Erzeugungsleistungen, deren Erträge üblicherweise direkt ins Stromnetz eingespeist werden. In räumlicher Nähe zu Heizzentralen für Wärmenetze kann eine PV-Freifläche auch zur direkten Versorgung einer zentralen Wärmepumpe genutzt werden.

Neben einer klassischen, ertragsoptimierten Aufständerung sind auch abweichende Variationen möglich, um kombinierte Flächennutzungen zu begünstigen. So kann auf Nutzungskonflikte speziell auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche eingegangen werden. Je nach Kultur (z.B. Beeren, Obst, Gemüse) können verschiedene Synergien erzeugt werden. Neben der überdachenden Bauweise sind auch vertikal aufgestellte, bifaziale PV-Wände eine Möglichkeit, Flächennutzungen zu vereinen.

Datengrundlage

Die Vorgehensweise zur Ermittlung potenziell geeigneter Flächen für die Kategorie „Photovoltaik – zentral“ entspricht weitestgehend derer, für „Solarthermie - zentral“. Zu Beginn werden die potenziellen Freiflächen ermittelt, welche grundsätzlich eine Eignung für Solaranlagen vorweisen. Hierzu wird zunächst eine Positivauswahl aus dem digitalen Liegenschaftskataster getroffen. Die Auswahl erfolgt nach hinterlegten Nutzungen wie Brachland, Grünland, Unland und Ackerland (hier nur schwach ertragfähige landwirtschaftliche Flächen). Ergänzend werden Konversionsflächen und Seitenrandstreifen (hier auch Ackerland unabhängig der Ertragsfähigkeit) aufgenommen. Anschließend werden Ausschlussflächen definiert und von der Positivauswahl abgezogen. Kriterien für die Definition von Ausschlussflächen sind u.a. Naturschutz und Landschaftsschutz, Bodendenkmäler, Grünzäsuren, Vorranggebiete für Siedlungsbau und Infrastruktur, Biosphärengebiete, Landschaftsschutzgebiete und Natura 2000 Gebiete (FFH-Gebiete). Die Grundlagen hierfür stammen aus den Flächennutzungsplänen, der Regionalplanung und kommunalen Bauleitplanungen. Zusätzlich wird als Bedingung gesetzt, dass die Freiflächen eine zusammenhängende Mindestgröße nicht unterschreiten.

In der anschließenden Priorisierung und Auswahl von Eignungsflächen werden bereits ackerbaulich genutzte Flächen oder die Lage innerhalb weicher Restriktionen (Naturschutzgebiete, die ggf. eine eingeschränkte Nutzung erlauben) niedriger priorisiert. Die resultierenden Flächen werden manuell geprüft und weitere Nutzungsmerkmale analysiert, die gegen eine Nutzung für das Potenzial „Photovoltaik – zentral“ sprechen. Zum Beispiel werden bei einer Analyse von Luftfotos Grünlandflächen identifiziert, auf denen sich erhaltenswerte Streuobstwiesen befinden. Diese Information ist in den genannten Planunterlagen nicht enthalten, führt aber aktuell zu einem Ausschlusskriterium bei diesem Anwendungsfall.

Eine detaillierte Auflistung der Flächennutzungskategorien und deren Einordnung als Ausschluss- und Eignungsflächen kann im Anhang in Kapitel 10.2 eingesehen werden.

Die verbliebenen Flächen werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung für die Nutzung als Energieinfrastruktur dokumentiert und priorisiert. In Abbildung 40 sind die als geeignet identifizierten Freiflächen dargestellt.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial (Summe aller Flächen der Priorität 1) zeigt auf, dass ein Stromerzeugungspotenzial in Höhe von 430.000 MWh/a resultiert. Bezogen auf den Strombedarf im Basisjahr entspricht diese Menge rund 500 %.

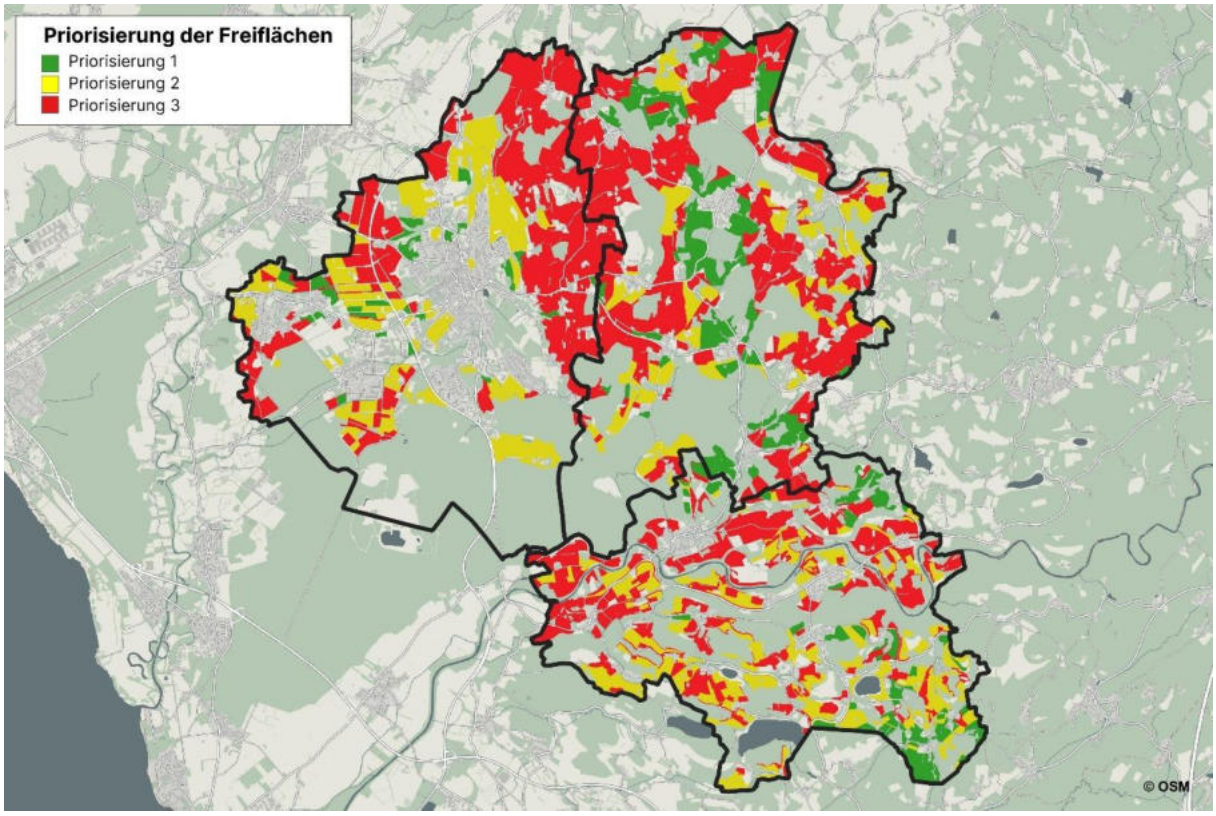


Abbildung 40: Potenzialkarte Freiflächen „Photovoltaik – zentral“

Die Ansätze für die Priorisierung der Freiflächen orientieren sich im Wesentlichen an der nachfolgendenden Auflistung. Die Flächenangaben zu diesen Potenzialflächen und die Einordnung zur gesamten Kommunalfläche sind in Tabelle 11 enthalten.

1. Gute Lage; Industrienähe, Randstreifen, Ackernutzung, kommunal ausgewiesen
2. Konversionsflächen und Seitenrandstreifen ohne kommunale Ausweisung
3. Konversionsflächen und Seitenrandstreifen ohne kommunale Ausweisung als Restriktionsfläche

Tabelle 11: Priorisierungsergebnis des Freiflächenpotenzials „Photovoltaik – zentral“

Priorisierung	Summe	Anteil an Fläche der Kommune
1	396 ha	6 %
2	847 ha	12 %
3	1.687 ha	24 %
Summe	**2.930 ha**	**42 %**

5.4.3 Windkraft

Die Bedeutung von Windkraft bei der Stromerzeugung hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Heute stellt die Windkraft mit rund 73 GW installierter Leistung (Januar 2025), zusammen mit der Photovoltaik, den größten Teil der installierten Kraftwerkskapazität erneuerbarer Energien in Deutschland. Windenergie liefert bereits heute etwa 31,5 Prozent des erzeugten Stroms.[8]

Im Gegensatz zu den Photovoltaikanlagen erzeugen Windkraftanlagen auch während der Heizperiode nennenswerte Strommengen. Speziell im Hinblick auf die sektorenübergreifende Energiewende ist der flächendeckende Ausbau der Windkraft von besonderer Bedeutung.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung in Baden-Württemberg kann das Nutzungspotenzial der Windkraft, ohne auf weitere detaillierte Informationen zu den örtlichen Gegebenheiten einzugehen, grob evaluiert werden.

Datengrundlage

Maßgebend zur Einordnung potenziell geeigneter Freiflächen dienen die Daten- und Kartendienste der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Hier werden zum einen die Bestandswindenergieanlagen mit mehr als 50 Meter Gesamthöhe dargestellt. Zum anderen werden Informationen aus dem Windatlas Baden-Württemberg in Form von Windpotenzialflächen in Bezug auf die Windhöffigkeit geeigneter Flächen wiedergegeben. Der Windatlas wurde im Mai 2019 durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft veröffentlicht und dient als umfassende Datengrundlage, um die Planungen von Windkraftanlagen mit einer verbesserten Informationsgrundlage zu unterstützen. Die LUBW unterscheidet weiter zwischen geeigneten Flächen mit und ohne Flächenrestriktionen. Die identifizierten Flächen werden im Rahmen der Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung ausgewiesen. Eine genaue Ermittlung des lokalen Windpotenzials und des daraus abgeleiteten Stromerzeugungspotenzials kann nur im Rahmen einer konkreten Projektprüfung bzw. -planung erfolgen.

Ergebnis

Die Analyse für das Potenzial zeigt auf, dass keine Freiflächen auf Tettnanger Gemarkung für die Windkraft als geeignet eingestuft sind. In Abbildung 41 sind die Flächen in der Umgebung dargestellt.

[8] Im Internet unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Erzeugung/_inhalt.html (03.06.2025)

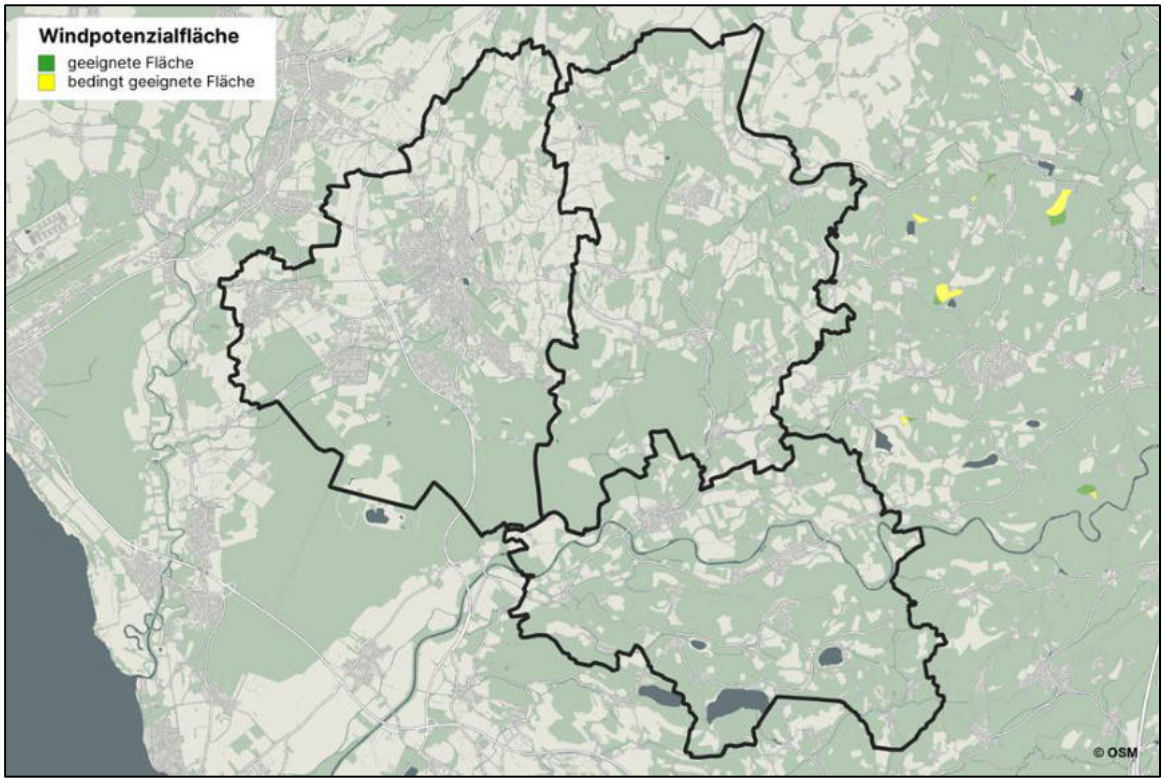


Abbildung 41: „Windkraft“- Potenzial aus Energieatlas BW

5.4.4 Wasserkraft

Wasserkraft gehört mit einem Anteil von 4,7 % an der Bruttostromerzeugung im Jahr 2024 zusammen mit der Windenergie, der Photovoltaik, und Biogasanlagen zu den wesentlichen erneuerbaren Energiequellen im Bereich Strom in Deutschland.[9]

Die Erzeugung von Strom mittels Wasserkraft ist in Deutschland breit etabliert. An Fließgewässern oder aus höhergelegene Wasserreservoirs wird die Strömungsenergie von fließendem Wasser genutzt, um Turbinen anzutreiben und Strom zu generieren. Die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft ist sehr effizient und kann in der Regel ganzjährig erfolgen.

Datengrundlage

Die Bestimmung des technischen Potenzials basiert auf den Daten des Energieatlas Baden-Württemberg. Der Kartendienst beinhaltet das mögliche Aus- und Neubaupotenzial an bereits genutzten Wasserkraftstandorten mit einer Leistung zwischen 8 kW und 1 MW sowie das Wasserkraftpotenzial an bislang noch nicht für die Erzeugung von Strom aus Wasserkraft genutzten Querverbauungen (Regelungs- und Sohlenbauwerke).[10]

[9] Im Internet unter: https://www.energieatlas-bw.de/wasser/hintergrundinformationen (02.03.2023)

[10] Im Internet unter: https://www.energieatlas-bw.de/wasser/ermitteltes-wasserkraftpotenzial (02.03.2023)

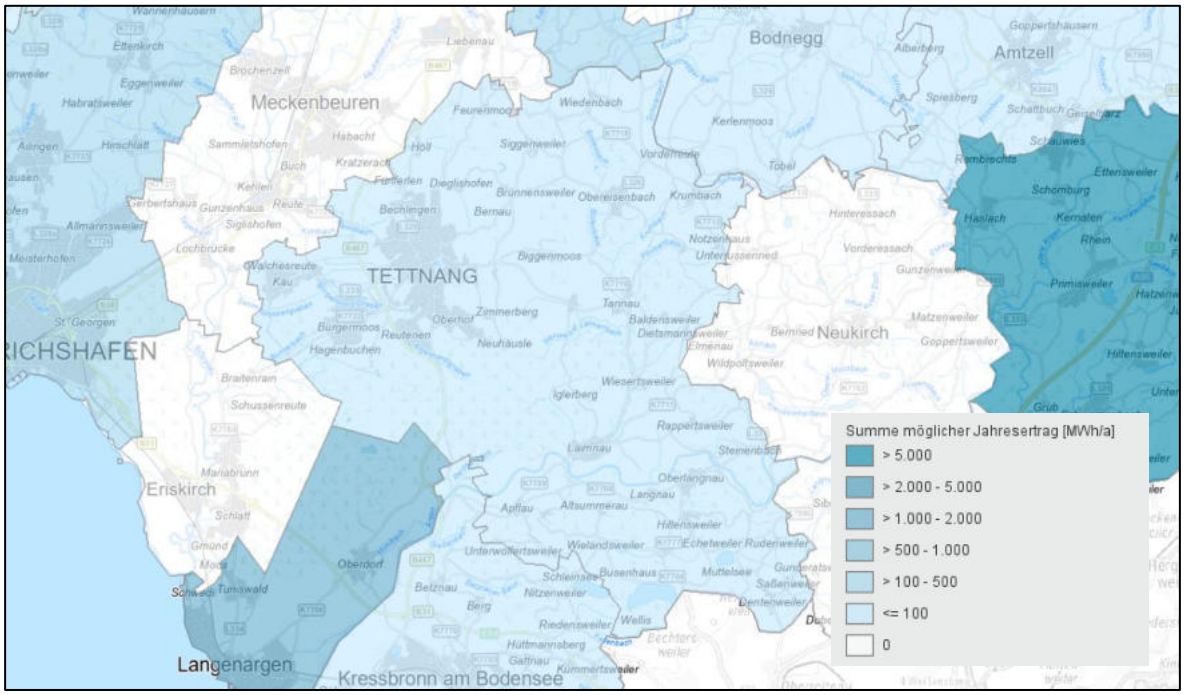


Abbildung 42: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW

Ergebnis

Auf dem Kommunalgebiet ist das ermittelte Potenzial an Wasserkraftanlagen bereits ausgeschöpft. Mit drei bestehenden Anlagen wird eine installierte Leistung von insgesamt 84 kW erreicht, woraus ein jährlicher Ertrag von ca 86 MWh/a resultiert. Aus dem Energieatlas Baden-Württemberg geht hervor, dass kein zusätzliches Stromerzeugungspotenzial resultiert.

5.5 Übersicht der Potenzialanalyse-Ergebnisse

In den vorangegangenen Kapiteln sind die Einzelpotenziale für die Bereitstellung klimaneutraler Wärme und erneuerbarer Stromerzeugung erläutert. Für das gesamte Kommunalgebiet liegt damit eine mengenmäßige und räumliche Aussage zu den möglichen Wärmedeckungsbeiträgen der Einzelpotenziale vor.

Hauptergebnisse

Der jährliche Wärmebedarf reduziert sich gemäß dem Leitzszenario gegenüber dem Basisjahr um 25 % auf 151 GWh/a im Zieljahr. Dies ist auf Einsparungen durch Sanierung und Effizienzsteigerung und zusätzlichem Bedarf aus Neubauaktivitäten zurückzuführen.

Die Wärmedeckungspotenziale liegen besonders im Bereich der dezentralen Geothermie- sowie Außenluftwärmepumpen. Dezentralen Solarthermie kann flächendeckend relevante Beiträge zur Wärmeversorgung leisten, wobei hier die Flächenkonkurrenz zur

Dachflächennutzung für Photovoltaik besteht. Weitere größere zentrale Potenziale sind im Bereich der Freiflächennutzung durch Geothermie oder Solarthermie zu nennen.

Die Übersicht in Abbildung 43 stellt die Potenziale im Bereich Wärme nochmals übersichtlich im Vergleich gegenüber. In Tabelle 12 sind die Ergebnisse ergänzend zusammengefasst.

Tabelle 12: Übersicht Wärmepotenziale im Zieljahr

	Wärmepotenzial* in GWh/a	Potenzieller Deckungsanteil in %
Abwärme – Industrie und Gewerbe	3	2%
Abwasser – Kanal	1	1%
Abwasser – Kläranlage	0	0%
Biomasse	36	24 %
Flusswasser	1	1%
Geothermie – Kollektoren	30	20%
Geothermie – Sonden dezentral	96	64%
Geothermie – Sonden zentral	33	22%
Grundwasser		Einzelfallprüfung
Seewasser	0	0%
Außenluft - dezentral	76	51%
Solarthermie – dezentral	26	18%
Solarthermie – zentral	20	13%
Tiefengeothermie	0	0%

* Erzeugernutzenergieabgabe

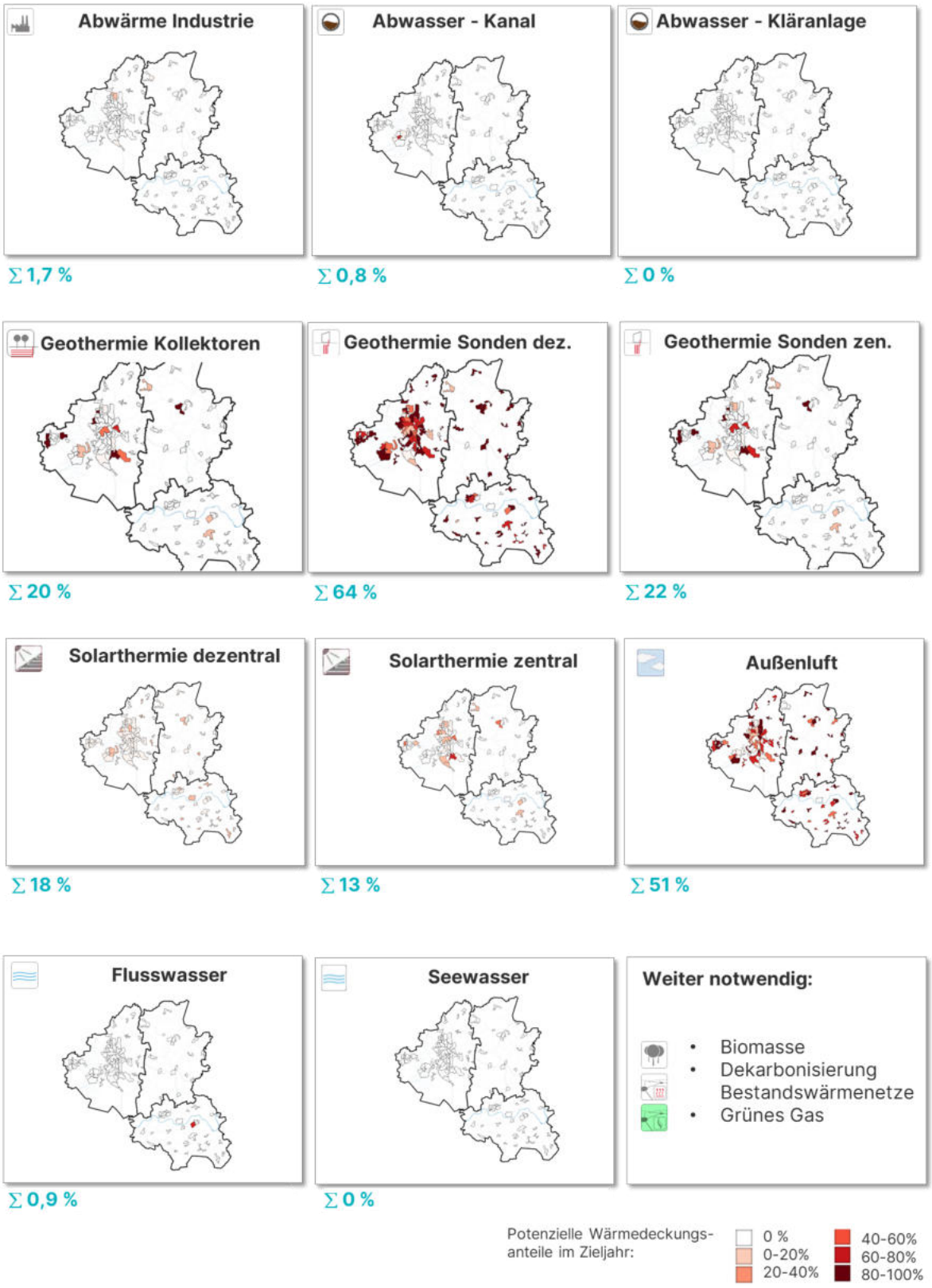


Abbildung 43: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

6 Zielszenario

6.1 Ziele und Vorgehensweise

Für die kommunale Wärmeplanung gibt das Wärmeplanungsgesetz das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2045 vor. Im Schritt der Zielszenario-Erstellung wird auf Basis der Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse ausgearbeitet, mit welchen Energieträgern und Versorgungssystemen eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis zum Zieljahr 2040 erreicht werden kann.

Auf Teilgebietebene wird zunächst separat die Eignung für die Versorgung durch Wärmenetze, die Versorgung durch Wasserstoffnetze oder für die dezentrale Wärmeversorgung bewertet. Eine besondere Eignung liegt laut Wärmeplanungsgesetz vor, bei

- geringen Wärmegestehungskosten,
- geringen Realisierungsrisiken,
- hohem Maß an Versorgungssicherheit und
- geringen kumulierten Treibhausgasemissionen.

Die Einordnung der Eignung erfolgt in die vier Stufen

- sehr wahrscheinlich geeignet,
- wahrscheinlich geeignet,
- wahrscheinlich ungeeignet,
- sehr wahrscheinlich ungeeignet

sowie in Ergänzung durch eine gewichtete Bepunktung von 0 bis 3. Die Methodik und verwendeten Kriterien variieren in Abhängigkeit von den betrachteten Versorgungssystemen und ist in den nachfolgenden Kapiteln detailliert beschrieben. Die Vorgehensweise orientiert sich grundsätzlich an den methodischen Empfehlungen des Leitfaden Wärmeplanung des Bundes aus dem Jahr 2024 (ifeu et al., 2024).

Nach der Durchführung der ersten Eignungsbewertung wird in einem sogenannten „Best-Opt-Verfahren“ ein erstes Zielszenario bestimmt, in dem je Teilgebiet die Wärmeversorgungssysteme mit der höchst bepunkteten Eignung aufgeführt sind.

Im Anschluss an dieses erste Zielszenario werden in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung und den wesentlichen Akteuren, wie Netzbetreibern, Optimierungsansätze bewertet und weitere Zielszenarien entwickelt. Die detaillierte Beschreibung ist in den Folgekapiteln enthalten.

Als Ergebnis, dieses zum Teil iterativen Optimierungs- und Abwägungsprozesses, resultiert das „maßgebliche Zielszenario“. Dieses bildet das für die Beschlussfassung relevante Zielszenario mit Angaben zu den Stützjahren 2030, 2035 und 2040 gemäß den Vorgaben von § 17 bis 19 des Wärmeplanungsgesetzes.

6.2 Eignungsbewertung für die Versorgung durch Wärmenetze

Mit der Eignungsbewertung nach § 18 Wärmeplanungsgesetz soll eine Entscheidungsgrundlage geschaffen werden, auf deren Basis die Einteilung des kommunalen Gebiets in zielkonforme Wärmeversorgungsgebiete erfolgen kann. Die Erkenntnisse aller vorangegangenen Bearbeitungsphasen werden in diesem Schritt berücksichtigt. Neben den Ergebnissen der Eignungsprüfung nach § 14 Wärmeplanungsgesetz und der Bestandsanalyse fließen wesentliche neue Erkenntnisse aus der Potenzialanalyse und der Akteursbeteiligung in die Entwicklung eines konsistenten Zielbildes mit ein.

Für die Einstufung der Eignung eines Teilgebietes für die Versorgung durch Wärmenetze werden folgende Kriteriengruppen bestehend aus mehreren Unterkriterien herangezogen.

I. Wärmegestehungskosten
   a. Wärmenetz Status Quo → *Bewertung existierender Wärmenetze*
   b. Wärmebedarfsdichte → *Wärmebedarf im Teilgebiet, Wärmeliniendichte*
   c. Siedlungsstruktur → *Bebauungsdichte, Anteil einfamilienhausähnlicher Bebauung*
   d. Ankerkunden → *Öffentliche Liegenschaften, Großverbraucher*
   e. Hochtemperaturbedarf → *Prozesswärme*
   f. Voraussichtliche Wärmegestehungskosten → *im Vergleich zu anderen Versorgungssystemen*
II. Deckungspotenzial erneuerbarer Energie und Abwärme
III. Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit
IV. Kumulierte Treibhausgasemissionen

Für jedes Unterkriterium wird nach einem objektiven Verfahren aus Ergebnissen der Bestandsanalyse und der Potenzialanalyse eine Bewertung hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch Wärmenetze vorgenommen. In einem zweistufigen Wichtungsverfahren ergeben sich daraus die Bewertungen nach Kriteriengruppen und schließlich das Gesamtergebnis des Teilgebiets. Abbildung 44 zeigt die verwendeten Gewichtungs-Ansätze und Abbildung 45 die angewendeten Einordnungen für die Eignungsstufen.



Kriteriengruppen	Gewichtung
Wärmenetz Status Quo	20%
Wärmebedarfsdichte	15%
Siedlungsstruktur	0%
Ankerkunden	5%
Hochtemperaturbedarf	5%
voraussichtliche Wärmegestehungskosten	10%
Erneuerbare Energie / Abwärme	30%
Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit	5%
kumulierte Treibhausgasemissionen	10%

Abbildung 44: Gewichtung der Kriterien im Zuge der Eignungsbewertung für Wärmenetze

In Abbildung 45 und Abbildung 46 sind die Ergebnisse tabellarisch und kartografisch dargestellt. Das Ergebnis der Eignungsbewertung für die Versorgung durch Wärmenetze zeigt für rund 12 % der Teilgebiete eine „wahrscheinlich geeignete“ Einstufung auf. 88 % sind auf Basis dieser Bewertung als „wahrscheinlich ungeeignet“ kategorisiert. Durch die Bepunktung in Abbildung 46 kann neben den vier Eignungsstufen auch eine differenzierte Analyse der Eignungen vorgenommen werden. Bei der Betrachtung der Bewertungsergebnisse wird ersichtlich, dass die geeigneteren Teilgebiete vor allem im Innenbereich der Kommune liegen und in Bereichen mit erhöhtem Wärmebedarf z.B. durch Gewerbe und Industrieansiedlungen.

Eignungs-bewertung	Gesamt-ergebnis *gewichtet*	Grafische Bewertung	Anzahl	Prozentuale Verteilung
sehr wahrscheinlich ungeeignet	0 – 0,75	☆ ☆ ☆	0	0%
wahrscheinlich ungeeignet	0,75 – 1,5	★ ☆ ☆	93	88%
wahrscheinlich geeignet	1,5 – 2,25	★ ★ ☆	13	12%
sehr wahrscheinlich geeignet	2,25 – 3,0	★ ★ ★	0	0%

Abbildung 45: Stufen der Eignungsbewertung für eine Versorgung durch Wärmenetze

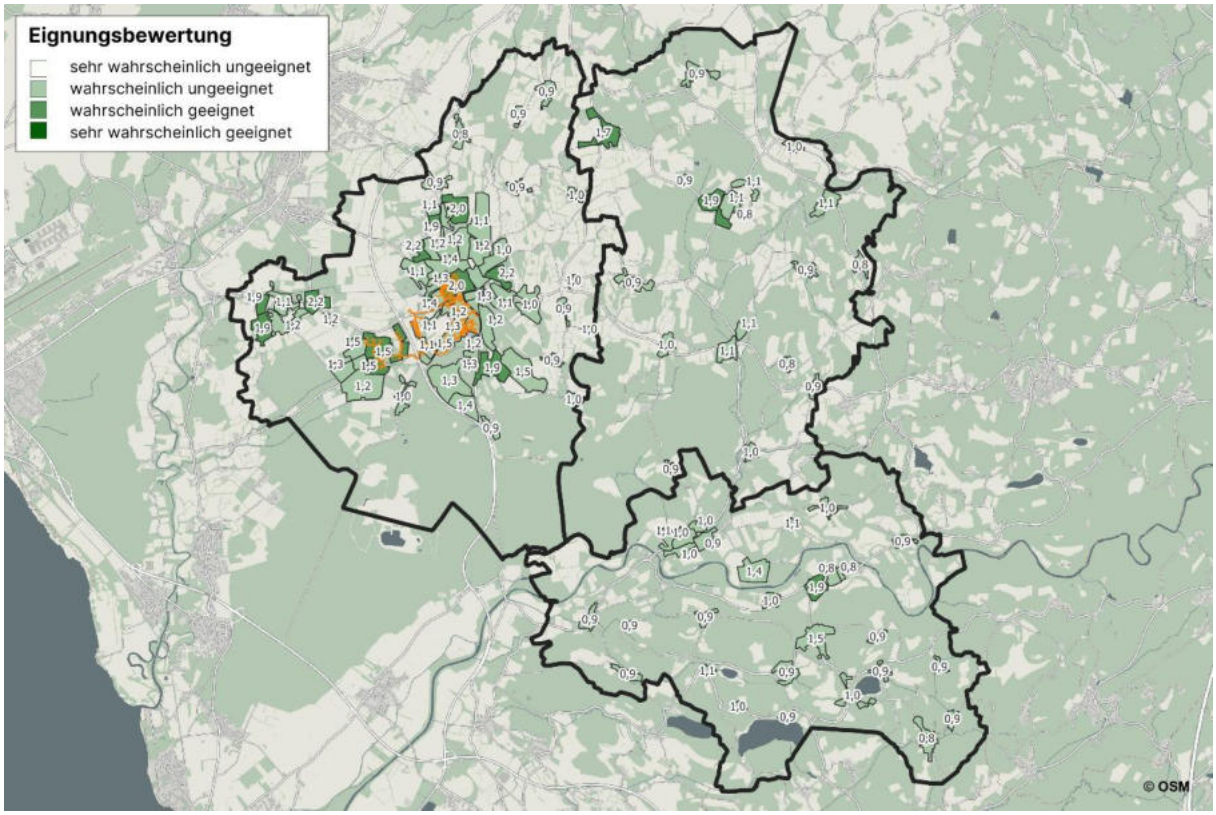


Abbildung 46: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wärmenetze

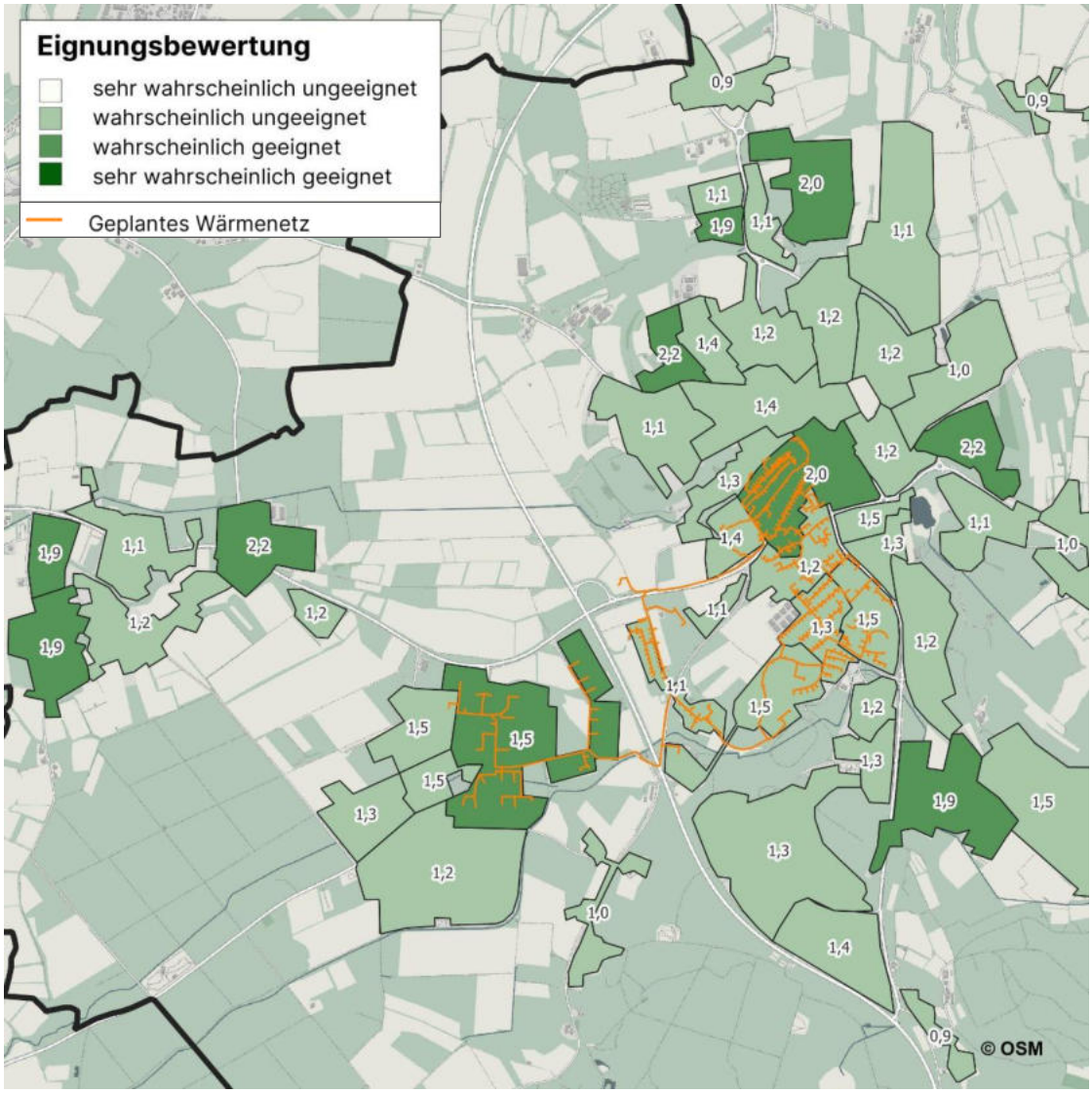


Abbildung 47: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wärmenetze im Ortsteil Tettnang

6.3 Eignungsbewertung für die Versorgung durch Wasserstoffnetze

Mit der Eignungsbewertung nach § 18 Wärmeplanungsgesetz soll eine Entscheidungsgrundlage geschaffen werden, auf deren Basis die Einteilung des kommunalen Gebiets in zielkonforme Wärmeversorgungsgebiete erfolgen kann. Die Erkenntnisse aller vorangegangenen Bearbeitungsphasen werden in diesem Schritt berücksichtigt. Neben den Ergebnissen der Eignungsprüfung nach § 14 Wärmeplanungsgesetz und der Bestandsanalyse fließen wesentliche neue Erkenntnisse aus der Potenzialanalyse und der Akteursbeteiligung in die Entwicklung eines konsistenten Zielbildes mit ein.

Für die Einstufung der Eignung eines Teilgebietes für die Versorgung durch Wasserstoffnetze werden folgende Kriteriengruppen bestehend aus mehreren Unterkriterien herangezogen.

I. Wärmegestehungskosten
   a. Gasnetz Status Quo → *Bewertung existierender Gasnetze*
   b. Gasbedarf → *Gasbedarf im Teilgebiet*
   c. H2-Verteilnetz geplant → *Pläne zum Aufbaue einer Wasserstoffinfrastruktur*
   d. Voraussichtliche Wärmegestehungskosten → *im Vergleich zu anderen Versorgungssystemen*
II. Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit
III. Kumulierte Treibhausgasemissionen

Für jedes Unterkriterium wird nach einem objektiven Verfahren aus Ergebnissen der Bestandsanalyse und der Potenzialanalyse eine Bewertung hinsichtlich der Eignung für die Versorgung durch Wasserstoffnetze vorgenommen. In einem zweistufigen Wichtungsverfahren ergeben sich daraus die Bewertungen nach Kriteriengruppen und schließlich das Gesamtergebnis des Teilgebiets. Abbildung 48 zeigt die verwendeten Gewichtungs-Ansätze und Abbildung 49 die angewendeten Einordnungen für die Eignungsstufen.



Kriteriengruppen	Gewichtung
Gasnetz Status Quo	15%
Gasbedarf	10%
H_2-Verteilnetz geplant	50%
voraussichtliche Wärmegestehungskosten	10%
Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit	5%
kumulierte Treibhausgasemissionen	10%

Abbildung 48: Gewichtung der Kriterien im Zuge der Eignungsbewertung für Wasserstoffnetze

In Abbildung 49 und Abbildung 50Abbildung 46 sind die Ergebnisse tabellarisch und kartografisch dargestellt. Das Ergebnis der Eignungsbewertung für die Versorgung durch Wasserstoffnetze zeigt für rund 3 % der Teilgebiete eine „wahrscheinlich geeignete“ Einstufung auf. 97 % sind auf Basis dieser Bewertung als ungeeignet kategorisiert. Durch die Bepunktung kann neben den vier Eignungsstufen auch eine differenzierte Analyse der Eignungen vorgenommen werden. Bei der Betrachtung der Bewertungsergebnisse wird ersichtlich, dass die Eignung der Teilgebiete mit der räumlichen Nähe zum Anschlusspunkt an das geplante Wasserstoffkernnetz in Lindau zunimmt. Da die betreffenden Teilgebiete strukturell keine besonderen Gasbedarfe aufweisen und bisher noch nicht an das Erdgasnetz

angeschlossen sind, kann auch in diesen Teilgebieten realistisch nicht von einer leitungsgebunden Wasserstoffversorgung ausgegangen werden.

Eignungs-bewertung	Gesamt-ergebnis *gewichtet*	Grafische Bewertung	Anzahl	Prozentuale Verteilung
sehr wahrscheinlich ungeeignet	0 – 0,75	☆ ☆ ☆	32	30%
wahrscheinlich ungeeignet	0,75 – 1,5	★ ☆ ☆	71	67%
wahrscheinlich geeignet	1,5 – 2,25	★ ★ ☆	3	3%
sehr wahrscheinlich geeignet	2,25 – 3,0	★ ★ ★	0	0%

Abbildung 49: Stufen der Eignungsbewertung für eine Versorgung durch Wasserstoffnetze

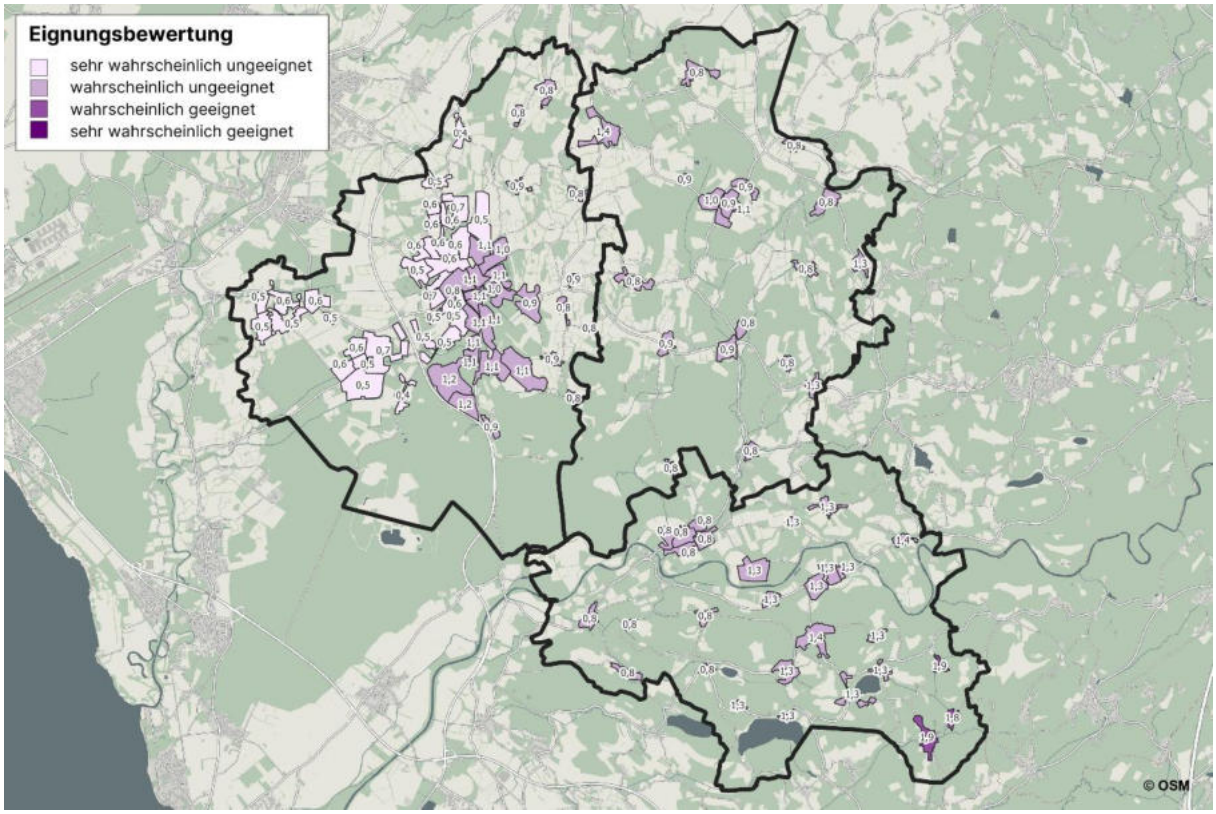


Abbildung 50: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wasserstoffnetze

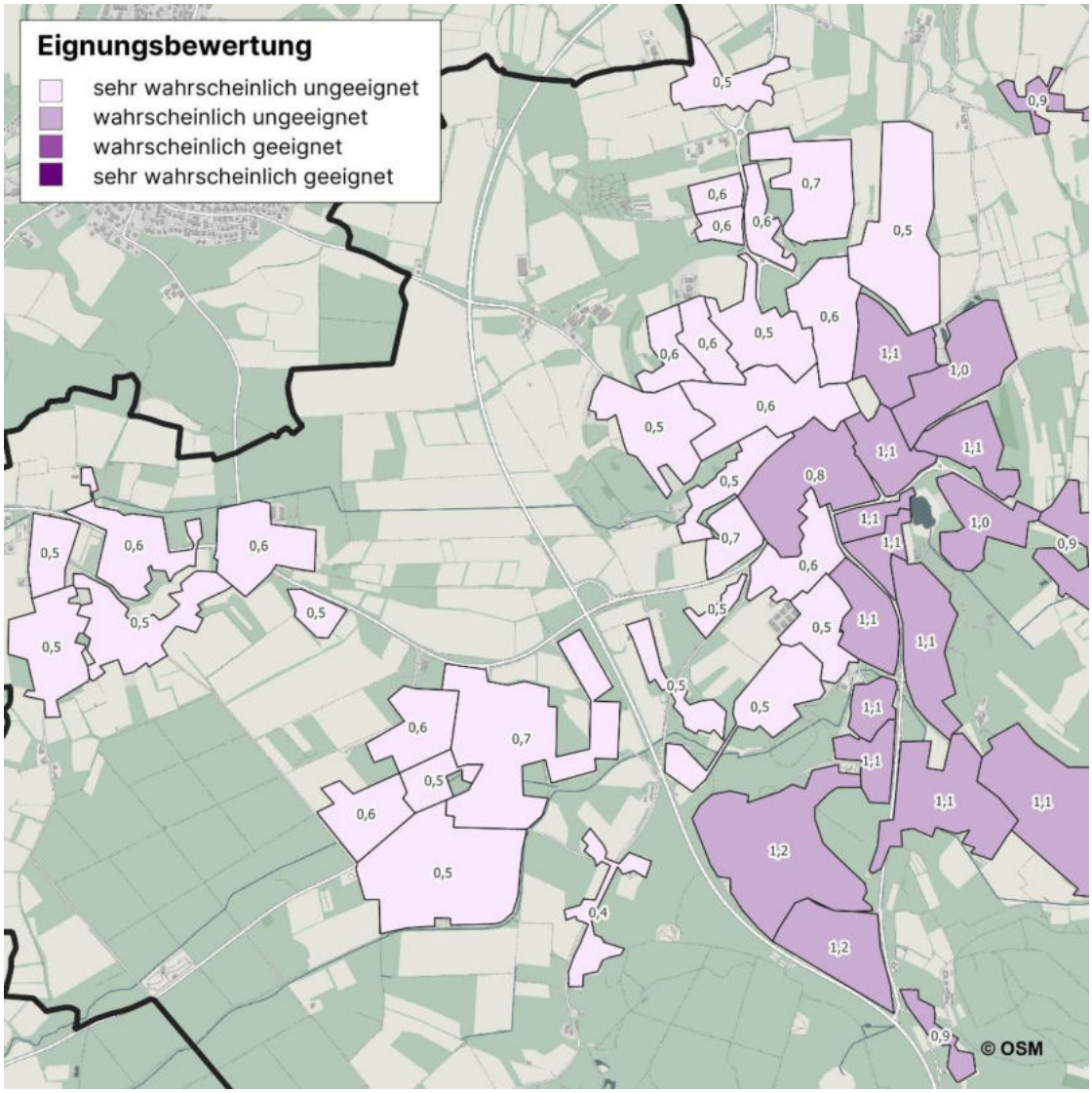


Abbildung 51: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wasserstoffnetze im Ortsteil Tettnang

6.4 Eignungsbewertung für die dezentrale Wärmeversorgung

Mit der Eignungsbewertung nach § 18 Wärmeplanungsgesetz soll eine Entscheidungsgrundlage geschaffen werden, auf deren Basis die Einteilung des kommunalen Gebiets in zielkonforme Wärmeversorgungsgebiete erfolgen kann. Die Erkenntnisse aller vorangegangenen Bearbeitungsphasen werden in diesem Schritt berücksichtigt. Neben den Ergebnissen der Eignungsprüfung nach § 14 Wärmeplanungsgesetz und der Bestandsanalyse fließen wesentliche neue Erkenntnisse aus der Potenzialanalyse und der Akteursbeteiligung in die Entwicklung eines konsistenten Zielbildes mit ein.

Für die Einstufung der Eignung eines Teilgebietes für die dezentrale Wärmeversorgung werden folgende Kriteriengruppen bestehend aus mehreren Unterkriterien herangezogen.

I. Voraussichtliche Wärmegestehungskosten → *im Vergleich zu anderen Versorgungssystemen*
II. Deckungspotenzial erneuerbarer Energie und Abwärme
III. Realisierungsrisiko und Versorgungssicherheit
IV. Kumulierte Treibhausgasemissionen

Für jedes Unterkriterium wird nach einem objektiven Verfahren aus Ergebnissen der Bestandsanalyse und der Potenzialanalyse eine Bewertung hinsichtlich der Eignung für die dezentrale Wärmeversorgung vorgenommen. In einem zweistufigen Wichtungsverfahren ergeben sich daraus die Bewertungen nach Kriteriengruppen und schließlich das Gesamtergebnis des Teilgebiets. Abbildung 52 zeigt die verwendeten Gewichtungs-Ansätze und Abbildung 53 die angewendeten Einordnungen für die Eignungsstufen.

Kriteriengruppen	Gewichtung
voraussichtliche Wärmegestehungskosten	20%
Erneuerbare Energie / Abwärme	65%
Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit	5%
kumulierte Treibhausgasemissionen	10%

Abbildung 52: Gewichtung der Kriterien im Zuge der Eignungsbewertung für dezentrale Wärmeversorgung

In Abbildung 53 und Abbildung 54 sind die Ergebnisse tabellarisch und kartografisch dargestellt. Das Ergebnis der Eignungsbewertung für die dezentrale Wärmeversorgung zeigt für alle Teilgebiete eine Eignung dieser Versorgungsstruktur. Dabei werden 74 % der Teilgebiete als „sehr wahrscheinlich geeignet“ eingestuft. Durch die Bepunktung in Abbildung 54 kann neben den vier Eignungsstufen auch eine differenzierte Analyse der Eignungen vorgenommen werden. Bei der Analyse der Bewertungsergebnisse wird deutlich, dass sich die besser geeigneten Teilgebiete vor allem im Außenbereich der Kommune befinden, insbesondere in Bereichen, in denen große Grundstücksflächen für die energetische Versorgung zur Verfügung stehen.

Eignungs-Bewertung	Gesamt-ergebnis *gewichtet*	Grafische Bewertung	Anzahl	Prozentuale Verteilung
sehr wahrscheinlich ungeeignet	0 – 0,75	☆ ☆ ☆	0	0%
wahrscheinlich ungeeignet	0,75 – 1,5	★ ☆ ☆	0	0%
wahrscheinlich geeignet	1,5 – 2,25	★ ★ ☆	29	27%
sehr wahrscheinlich geeignet	2,25 – 3,0	★ ★ ★	78	74%

Abbildung 53: Stufen der Eignungsbewertung für eine dezentrale Wärmeversorgung

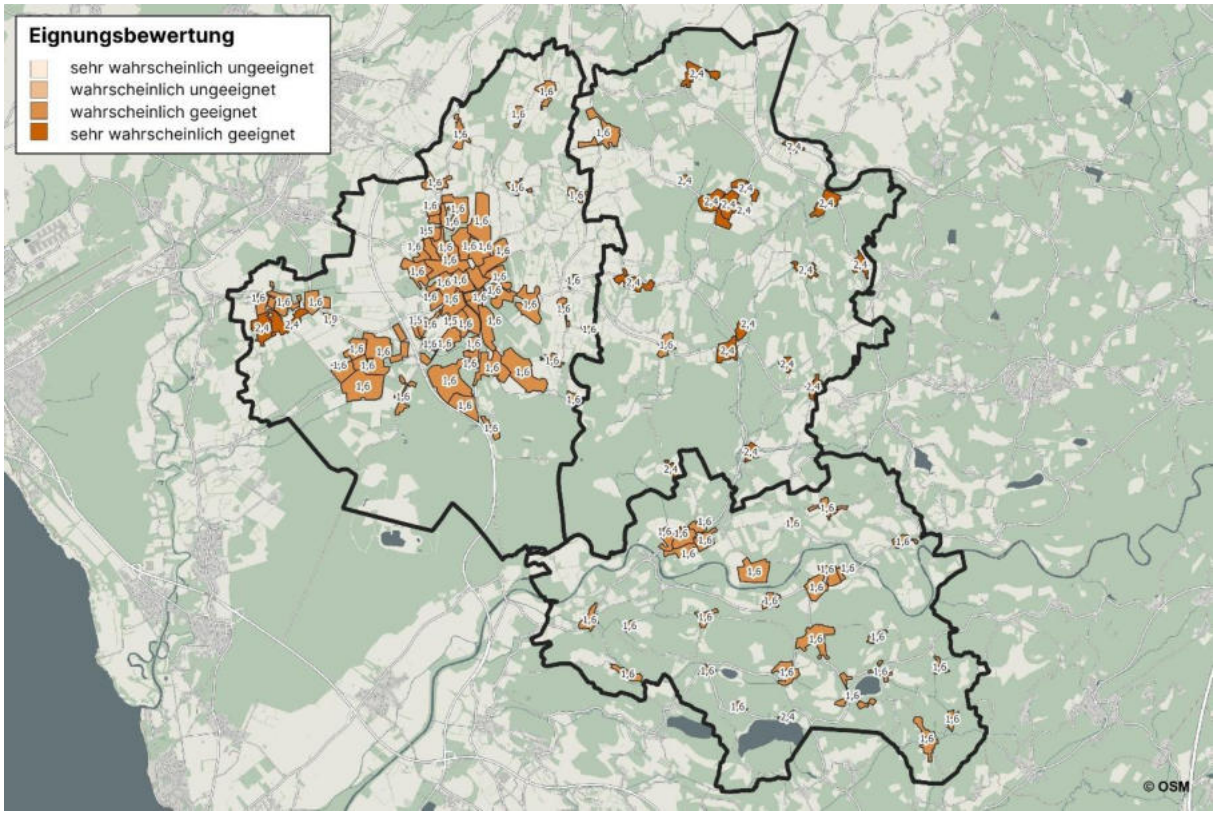


Abbildung 54: Eignungsbewertung der Teilgebiete für die dezentrale Wärmeversorgung

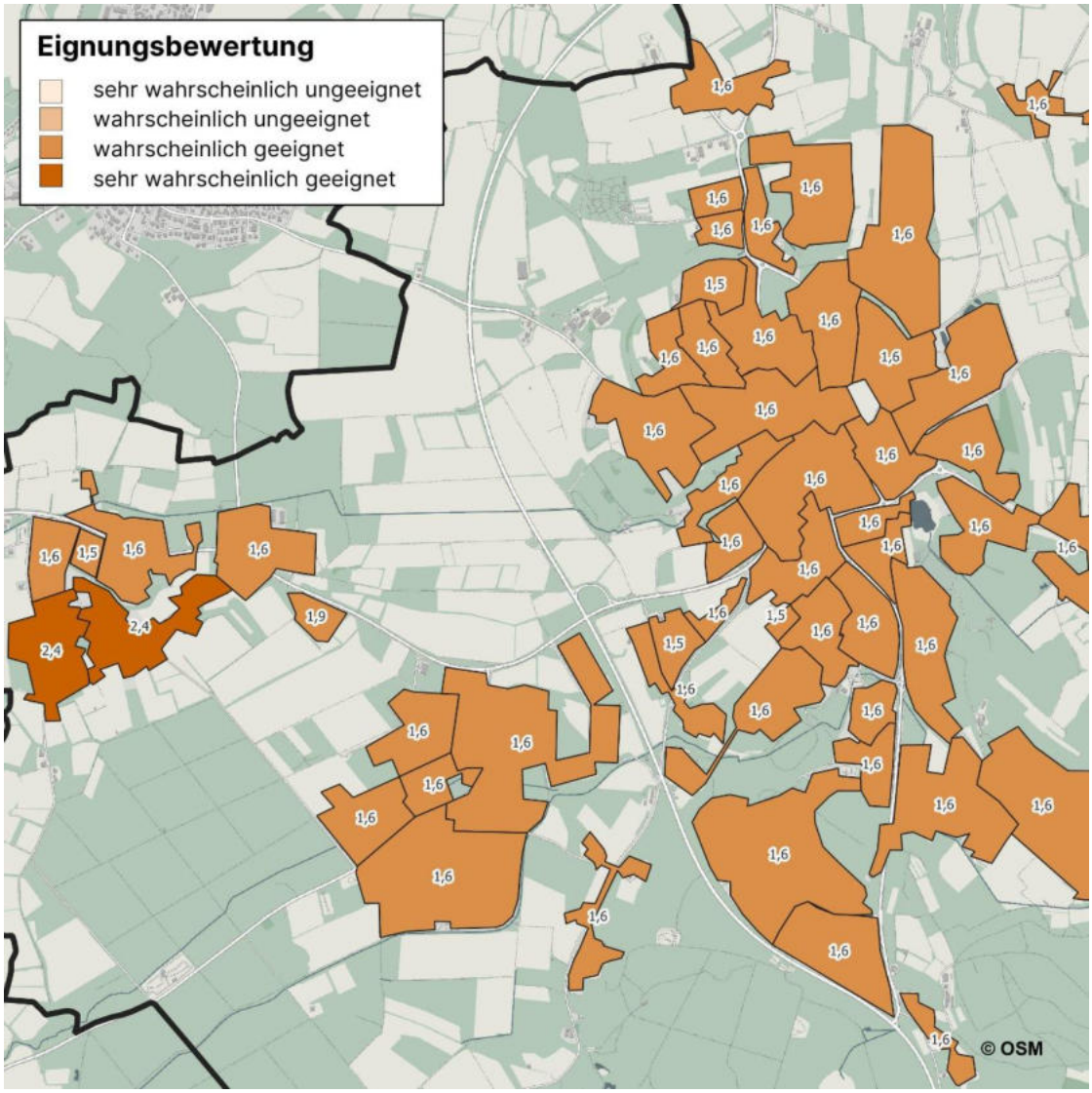


Abbildung 55: Eignungsbewertung der Teilgebiete für die dezentrale Wärmeversorgung im Ortsteil Tettnang

6.5 Entwicklung und Vergleich der zielkonformen Szenarien

Im Rahmen der Wärmeplanung werden verschiedene Zielszenarien entwickelt, die sich hinsichtlich der Versorgungssysteme und Energieträgerzusammensetzung unterscheiden. Im ersten Schritte werden die Ergebnisse der Eignungsbewertung (siehe vorherige Kapitel) im sogenannten „Best-Opt-Verfahren“ dazu genutzt, um ein erstes Zielszenario zu bestimmen. Dieses Zielszenario 1.0 wird gebildet, indem je Teilgebiet die Wärmeversorgungssysteme mit der höchst bepunkteten Eignung ausgewählt werden.

In einem Folgeprozess werden die gewählten Versorgungssysteme und deren Eignungen näher betrachtet. Teilgebiete mit einer eindeutigen Zuordnung werden identifiziert. Diese wird als „eindeutig“ eingestuft, wenn der Abstand zur zweitbesten Bepunktung im Teilgebiet größer 0,5 Punkte beträgt. Ebenso werden die Teilgebiete vertieft, in denen die Eignungsbewertung

ähnliche Bepunktungen zum Ergebnis haben. Für die Fälle, in denen die Bewertung zwischen der höchsten und zweithöchsten Bepunktung kleiner 0,3 beträgt, werden die Vorschläge für die Versorgung der Teilgebiete nochmals individuell analysiert und bei Bedarf Anpassungen vorgenommen. Als Ergebnis von diesem Prozessschritt resultiert das Zielszenario 1.1.

Im Anschluss erhalten Akteure der Kommunalverwaltung und weitere Akteure die Möglichkeit zur Rückmeldung zu dem erarbeiteten Zielszenario. Die Rückmeldungen berücksichtigen dabei in der Regel personelle und finanzielle Kapazitäten, laufende städtebauliche und projektbezogene Planungen, Projekte in Vorbereitung oder Umsetzung sowie allgemeine Korrekturhinweise. Diese können sich auf die Zuordnung von Versorgungssystemen als auch auf die Zusammenstellung der Energieträger im Zielszenario auswirken. Jeweils nach der Einarbeitung der Rückmeldungen werden weitere Zielszenarien (z.B. 2.0, 3.0, …) gebildet und reflektiert.

Innerhalb dieses Optimierungs- und Abwägungsprozesses entwickelt sich das erste Zielszenario unter Berücksichtigung der lokalen Wissensträger und Aspekt zu einer plausibilisierten und akzeptierten Zielszenario-Variante. Diese Variante wird im Anschluss von der Kommunalverwaltung veröffentlicht, so dass den wesentlichen Akteuren und der Öffentlichkeit die Möglichkeit gegeben wird, eine Rückmeldung zu geben.

Als Ergebnis, dieses zum Teil iterativen Optimierungs- und Abwägungsprozesses, resultiert das „maßgebliche Zielszenario“.

Allgemeiner Hinweis: Bei der Definition der Versorgungssysteme ist dabei zu berücksichtigen, dass speziell bei der Empfehlung zu dezentralen Wärmepumpen auch alternative Wärmequellen denkbar und umsetzbar sind. Für die Erreichung der Klimaneutralität sind diese in der Regel als gleichwertig anzusetzen. So sind bei einer Empfehlung für dezentrale Erdwärme-Wärmepumpen auch grundsätzlich Wärmepumpen mit z.B. Umweltwärmequelle Außenluft, Grundwasser oder Eisspeicher-Systemen für die Zielerreichung geeignet. Darüber hinaus sind laut Wärmeplanungsgesetz auch bei dezentralen Versorgungen nachfolgende Erfüllungsoptionen geeignet:

- *gasförmige, feste und flüssige Biomasse*
- *grünes Methan*
- *Solarthermie*

6.6 Maßgebliches Zielszenario

Als Ergebnis des Zielszenarien-Prozesses resultiert eine Gegenüberstellung der wesentlichen Zielszenarien. In Abbildung 56 ist die Energieträgerzusammensetzung für die Wärmeversorgung im Basisjahr mit aufgeführt.

Die Energieträgerzusammenstellung in den Zielszenarien ist geprägt durch die Nutzung von Wärmepumpen mit den Umweltwärmequellen Außenluft und Geothermie. Zusätzlich spielen Biomasse-Anwendungen, vor allem in den bestehenden Heizsystemen aber auch in der neuen Heizzentrale des Wärmenetzes und eine wichtige Rolle. Grüne Gase kommen in einzelnen Industrieanwendungen mit Hochtemperaturbedarfen zum Einsatz.

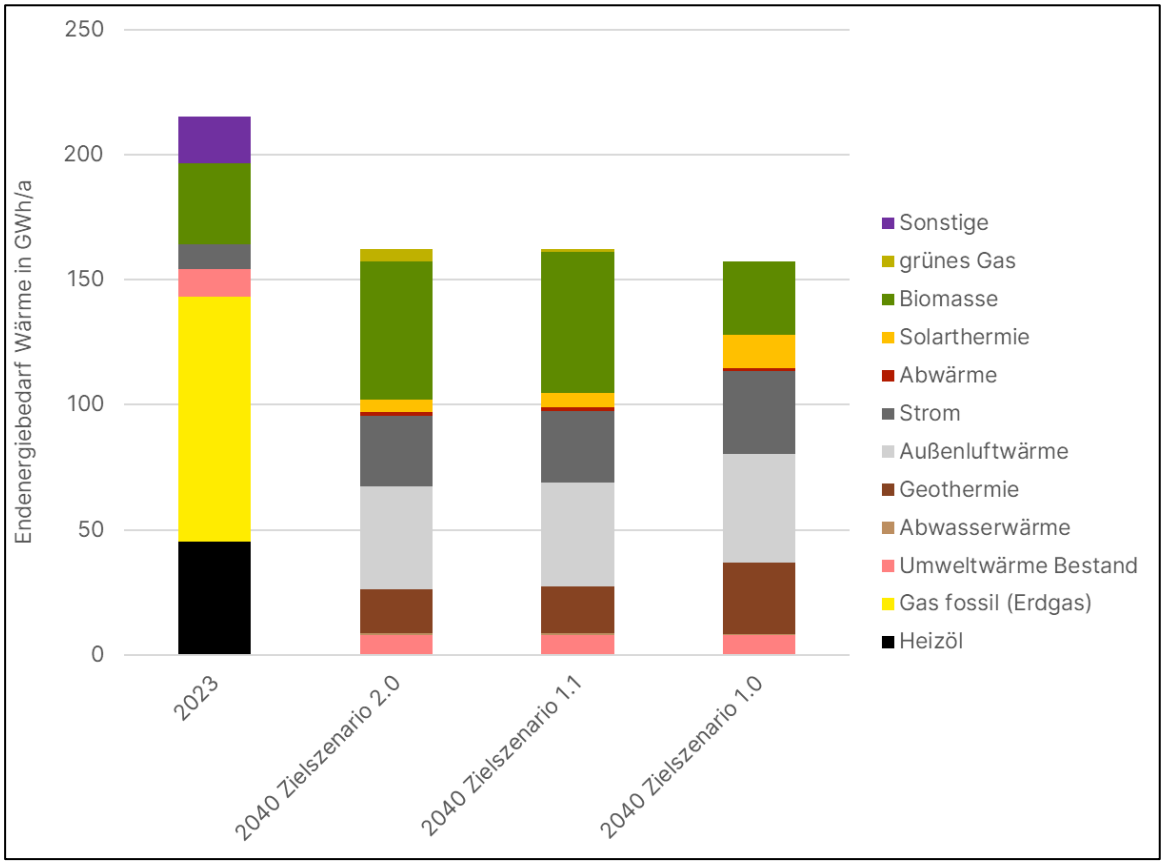


Abbildung 56: Anteile der Endenergieträger an den Zielszenarien

In Abbildung 57 sind die Anteile der Versorgungssysteme in den entwickelten Zielszenarien enthalten. Neben den absoluten Anteilen bezogen auf den gesamten Energiebedarf Wärme ist ergänzend die Anzahl der versorgten Teilgebiete mit aufgeführt.

Es ist deutlich zu sehen, dass alle Vergleichsszenarien überwiegend dezentrale Versorgungsoptionen beinhalten. Szenario 1.1 und 2.0 beinhalten das in Aufbau befindliche Wärmenetzgebiet auch im Zielszenario der Wärmeplanung mit entsprechend zentral versorgten Strukturen. Szenario 2.0 unterscheidet sich von Szenario 1.1. im Wesentlichen dadurch, dass die Versorgung einzelner Industrieprozesse mit Hochtemperaturbedarf durch Grüne Gase berücksichtigt wurde.

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

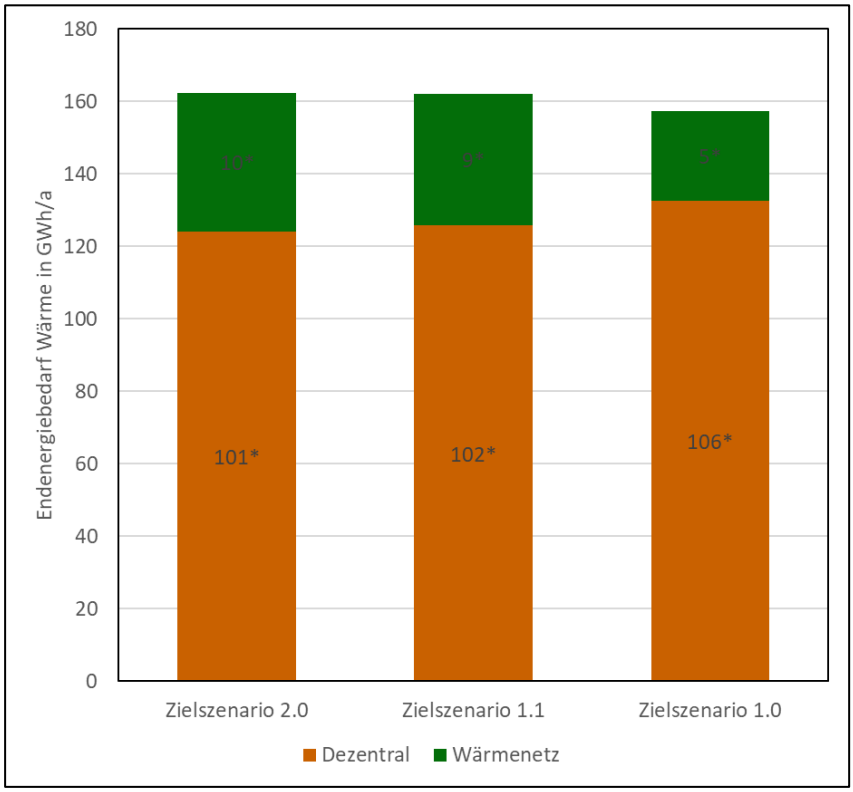


Abbildung 57: Anteile der Versorgungssysteme innerhalb der Zielszenarien

Die wesentlichen Kennzahlen des Status Quo im Basisjahr und der Vergleichsszenarien sind in Tabelle 13 und Tabelle 14 gegenübergestellt.

Tabelle 13: Übersicht der Energieträger im Status Quo und in den Zielszenarien

	Status Quo (2023)	ZS2.0 [MWh]	ZS1.1 [MWh]	ZS1.0 [MWh]
Sonstige Umweltwärme	10.134	7.995	7.995	7.995
Abwasser		774	813	313
Abwärme		1.602	1.602	926
Geothermie		17.566	18.452	28.685
Außenluft		41.043	41.546	43.410
Strom	9.904	28.174	28.746	33.270
Solarthermie		4.921	5.742	13.578
Biomasse	32.443	55.119	56.285	29.165
grünes Gas	0	5.119	951	0
Erdgas	98.061	0	0	0
Heizöl	45.179	0	0	0
Sonstige	18.947	0	0	0
Summe	**215.376**	**162.311**	**162.132**	**157.342**

Tabelle 14: Übersicht der Versorgungsoptionen im Status Quo und in den Zielszenarien

	Status Quo (2023)	ZS2.0	ZS1.1	ZS1.0
Dezentrale Versorgung*	107 Teilgebiete (100 %) 215.376 GWh (100 %)	101 Teilgebiete (91%) 124 GWh (76%)	102 Teilgebiete (92%) 126 GWh (78%)	106 Teilgebiete (95%) 133 GWh (84%)
Wärmenetz	0 Teilgebiete	10 Teilgebiete (9%) 38 GWh (24%)	9 Teilgebiete (8%) 36 GWh (22%)	5 Teilgebiete (5%) 25 GWh (16%)
Wasserstoffnetz	0 Teilgebiete	0 Teilgebiete (0%) 0 GWh (0%)	0 Teilgebiete (0%) 0 GWh (0%)	0 Teilgebiete (0%) 0 GWh (0%)
Gasbedarf	52 Teilgebiete (49%) 98 GWh (46%)	3 Teilgebiete (3%) 5 GWh (3%)	1 Teilgebiete (1%) 1 GWh (1%)	0 Teilgebiete (0%) 0 GWh (0%)
Wärmenetzlänge	0 km	24 km 36 Mio. €	21 km 32 Mio. €	16 km 25 Mio. €
Treibhausgas-emissionen	4.816 Tt CO_2	2 Tt CO (-96 %)	1,9 Tt CO (-96 %)	1,4 Tt CO (-97 %)

*einschließlich virtuelles Teilgebiet 0

6.7 Maßgebliches Zielszenario 2040

Aus den oben beschriebenen Zielszenarien wird das maßgebliche Zielszenario bestimmt, welches als grundlegendes Szenario im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung weiter genutzt wird. In einem Abwägungsprozess in Zusammenarbeit mit der Kommunalverwaltung und Energieunternehmen werden Rahmenbedingungen, Umsetzungswahrscheinlichkeiten und erforderlicher Kapazitäten in die Entscheidungsfindung mit einbezogen. Unter Beachtung der fachlichen Vorarbeiten aus der kommunalen Wärmeplanung und der Einschätzung der involvierten Projektbeteiligten ist Zielszenario 2.0 als maßgebliches Zielszenario definiert worden.

Das maßgebliche Zielszenario in Abbildung 58 zeigt die Energieträger, die im Zieljahr 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung ermöglichen. In nachfolgendem Diagramm ist die Entwicklung der Energieträger zur Wärmebedarfsdeckung zu sehen.

Hinweis: Einzelgebäude, die sich außerhalb von Teilgebietsumrissen befinden, haben keinen direkten räumlichen Bezug zu anderen Siedlungselementen und werden aus datenschutzgründen im Wärmeplan nicht separat dargestellt. Im Kontext des Zielszenarios der

kommunalen Wärmeplanung ist für diese Gebäude eine dezentrale Wärmeversorgung anzunehmen.

Für die geplanten Neubaugebiete außerhalb des Erschließungsbereichs durch das neue Wärmenetz wird eine dezentrale Versorgung für das Zielszenario angesetzt.

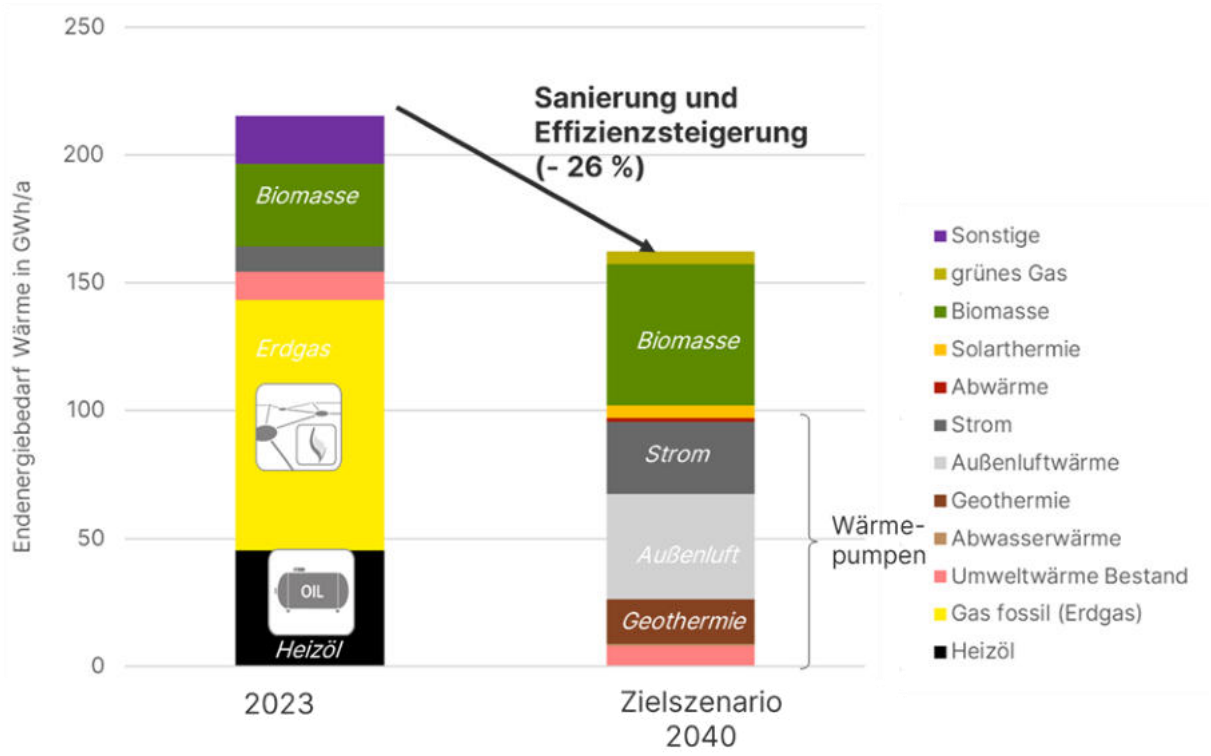


Abbildung 58: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr

Abbildung 58 verdeutlicht, dass sich der Endenergiebedarf von ca. 215 GWh um ca. 26 % durch Gebäudesanierung und Effizienzsteigerung reduziert. Die resultierenden 162 GWh werden zu 60 % durch Wärmepumpen erzeugt. Dabei ist die wesentliche Umwelt-Wärmequelle die Außenluft. Diese ist grundsätzlich überall möglich und nicht an lokale Rahmenbedingungen gebunden, solange die Schallemissionsgrenzen nicht überschritten werden und Aufstellorte für die Kühler vorhanden sind. Weitere wesentliche Umweltwärmequelle ist die Geothermie. Für die Geothermie sind sowohl dezentrale Sonden berücksichtigt als die zentrale Nutzung einer Freifläche als Wärmequelle für das Wärmenetz.

Abwärme nimmt im gezeigten Zielszenario ca. 1 % ein. Sie dient in dem Szenario der betriebsinternen Wärmerückgewinnung.

Biomasse und Grünes Gas bilden zusammen 37 % der Versorgung des Zielszenarios ab. Diese bilden die Spitzenlastabdeckung in Wärmenetzen und Versorgung größerer Einzelbedarfe sowie Hochtemperaturanwendungen. Der Anteil des grünen Gases könnte grundsätzlich auch anteilig durch Biomasse ersetzt werden und umgekehrt.

In Abbildung 59 sind die Teilgebiete dargestellt sowie die zum Einsatz kommenden Energieträger in Form von Kuchendiagrammen überlagert.

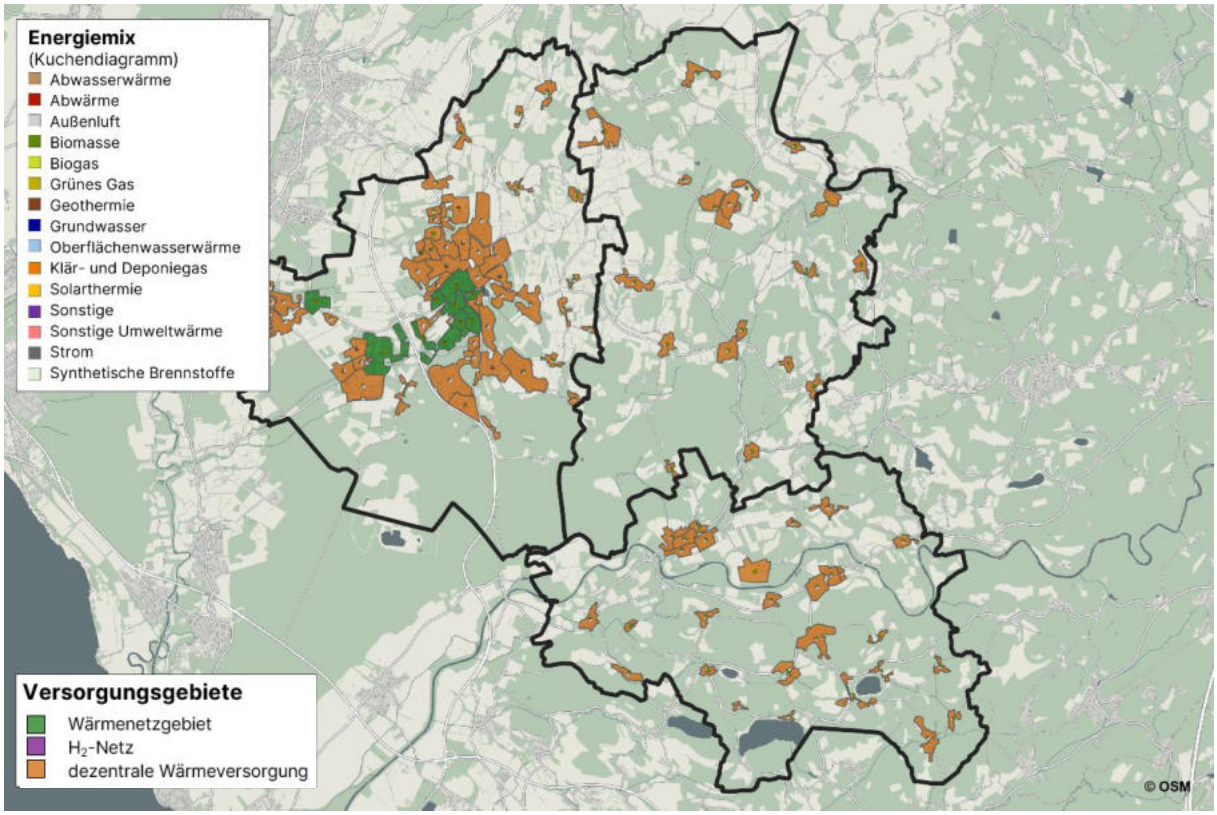


Abbildung 59: Zielszenario 2040 Energieversorgung der Teilegebiete

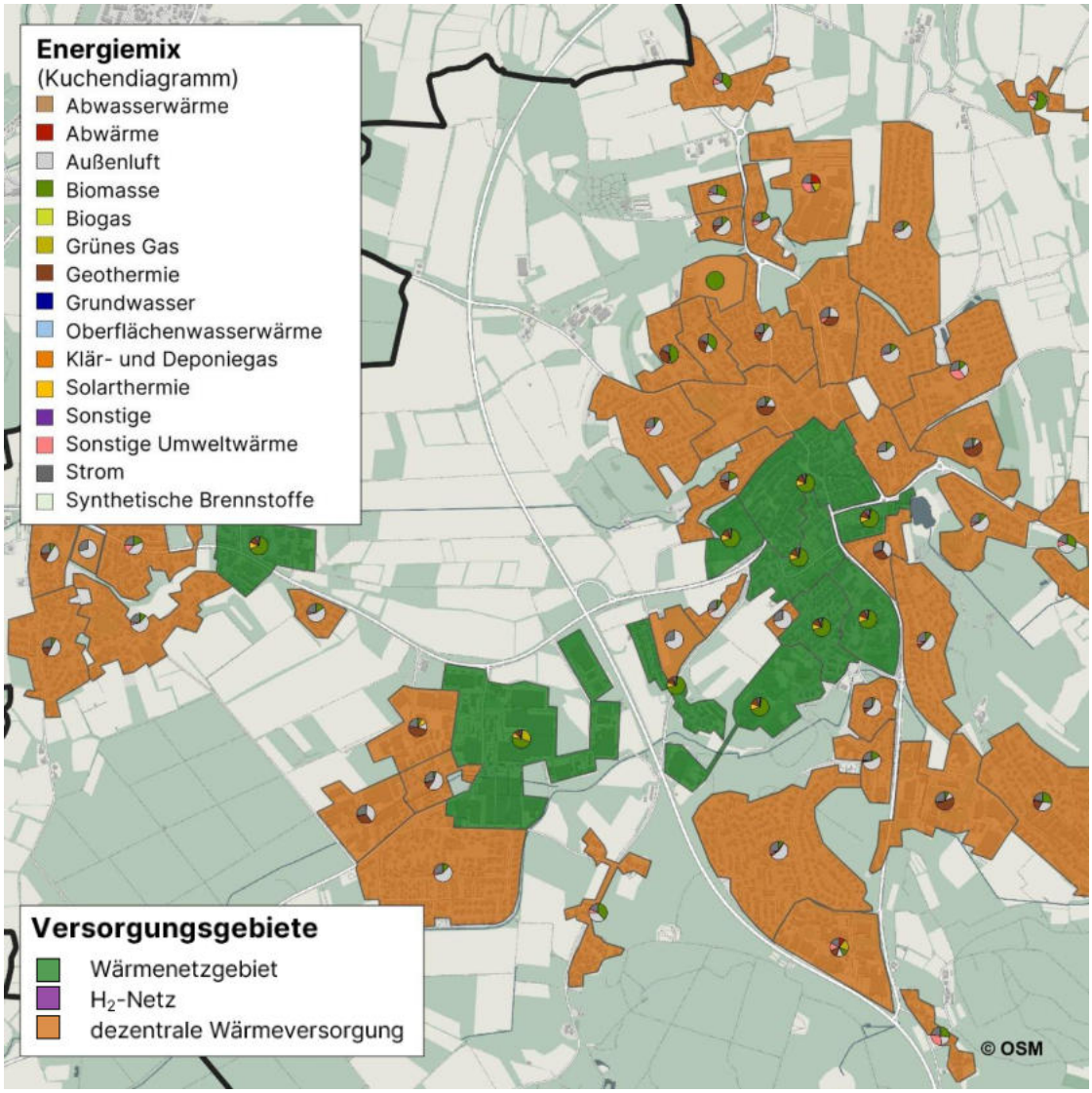


Abbildung 60: Zielszenario 2040 Energieversorgung der Teilegebiete im Ortsteil Tettnang

Entsprechend zu den Energieträgern werden auch die Versorgungssysteme ausgewiesen, die geeignet sind. Diese werden in der Abbildung durch die Farbgebung der Teilgebiete zugeordnet. Dabei wird unterschieden zwischen dezentralen Versorgungssystemen, die die Wärme direkt im/am abnehmenden Gebäude erzeugen und zentralen Versorgungssystemen wie Wärmenetze und Wasserstoffnetzen.

Die grundsätzlichen Teilgebiete mit zentraler Versorgung im Jahr 2040 laut maßgeblichem Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung sind mit der Stadtverwaltung und der Betreibergemeinschaft Wärmeversorgungsgesellschaft Tettnang mbH abgestimmt. Bereits im Vorfeld zur Wärmeplanung erfolgten Wärmenetzplanungen, die fortlaufend an neue Randbedingungen angepasst werden. Abhängig der erreichbaren Anschlussgrade im Erschließungsgebiet sollen die jeweiligen Teilgebiete in den folgenden Jahren bis 2030 erschlossen werden.

Im maßgeblichen Zielszenario werden 10 Teilgebiete über ein zentrale Wärmenetze versorgt. 101 Teilgebiete werden dezentral versorgt, die Wärmeerzeugung erfolgt hier in den Gebäuden. Die Wärmemenge, die über Wärmenetze im Jahr 2040 bereitgestellt werden soll, liegt bei ca. 38 GWh. Zugrunde liegt hier eine Anschlussquote von nahezu 100 % in den entsprechenden Teilgebieten.

6.8 Zielszenario 2030

Im Zielszenario für das Stützjahr 2030 wird im Vergleich zu 2040 ersichtlich, dass die Sanierung der Gebäude und die Effizienzsteigerung in gewerblichen Prozessen noch nicht so stark fortgeschritten und die Umstellung der Energieträger noch nicht in allen Gebieten erfolgt ist.

Der Fortschritt der Transformation in Richtung Zielszenario wird je nach Versorgungssystem unterschiedlich betrachtet. In dezentral versorgten Teilgebieten wird davon ausgegangen, dass die Umstellung der Energieträger mit der energetischen Sanierung der Gebäude korreliert. Teilgebiete mit einem hohen Anteil bis 2030 sanierter Gebäude werden mit einem entsprechend höheren Anteil bei der Umstellung der Energieträger angesetzt.

In zentral versorgten Teilgebieten werden anhand der derzeitigen Zeitplanungen und priorisierten Maßnahmen aus Kapitel 7.5 Versorgungsumstellungen angesetzt. Für die Errichtung des neuen Wärmenetzes besteht ein Zeitplan, das Versorgungsgebiet bis 2029 zu erschließen. Daher ist für das gesamte Netzgebiet bereits im Zwischenstand 2030 die Wärmenetzversorgung unterstellt. Alle anderen zukünftig zentral versorgten Teilgebiete werden zunächst für das Zwischenziel 2030 im Endenergiemix als unverändert betrachtet. Die Reduktion des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungsmaßnahmen bleibt davon unberührt.

Zusätzlich ist der abgeschätzte Energiebedarf für die Neubaugebiete bereits ab 2030 berücksichtigt.

In nachfolgender Abbildung wird die Energieträgerverteilung 2030 dargestellt.

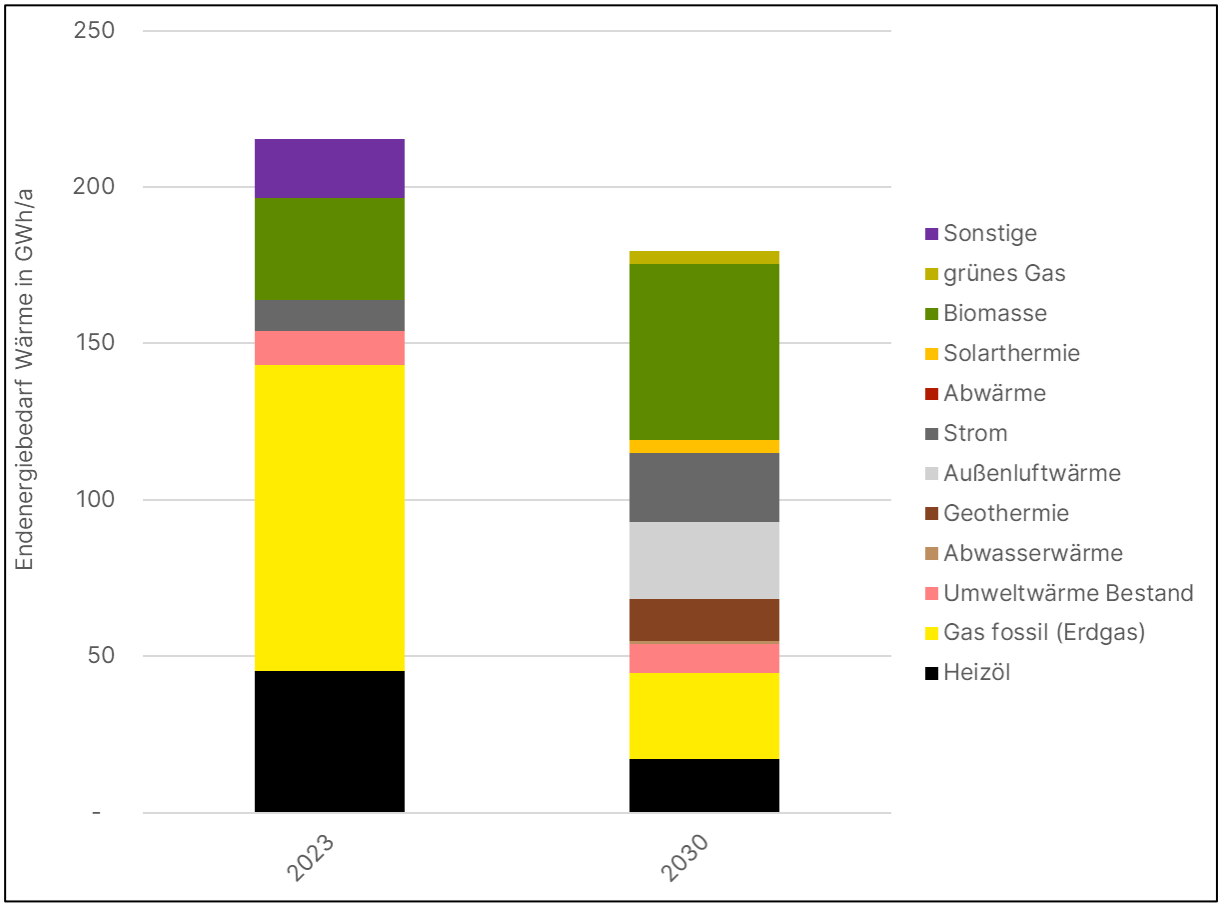


Abbildung 61: Zielszenario 2030

Der Endenergiebedarf ist ca. 17 % geringer als im Jahr 2023. Etwa 75 % dessen wird bereits über erneuerbare Energien bereitgestellt, wovon etwa die Hälfte durch Wärmepumpen und knapp eine weitere Hälfte durch Biomasse gedeckt wird. Im Jahr 2030 wird gemäß dem maßgeblichen Zielszenario in 8 Teilgebieten bereits eine zentrale Versorgung angesetzt.

6.9 Klimapfad bis 2040

Ergänzend bis zum Zieljahr 2040 sind in der nachfolgenden Abbildung die relevanten Stützjahre ab 2030 im Vergleich der Szenarien abgebildet. Der Vergleich ermöglicht eine übersichtliche Darstellung der Entwicklung der Energiebedarfe und der Energieträgerzusammenstellung, die im maßgeblichen Zielszenarien hinterlegt sind.

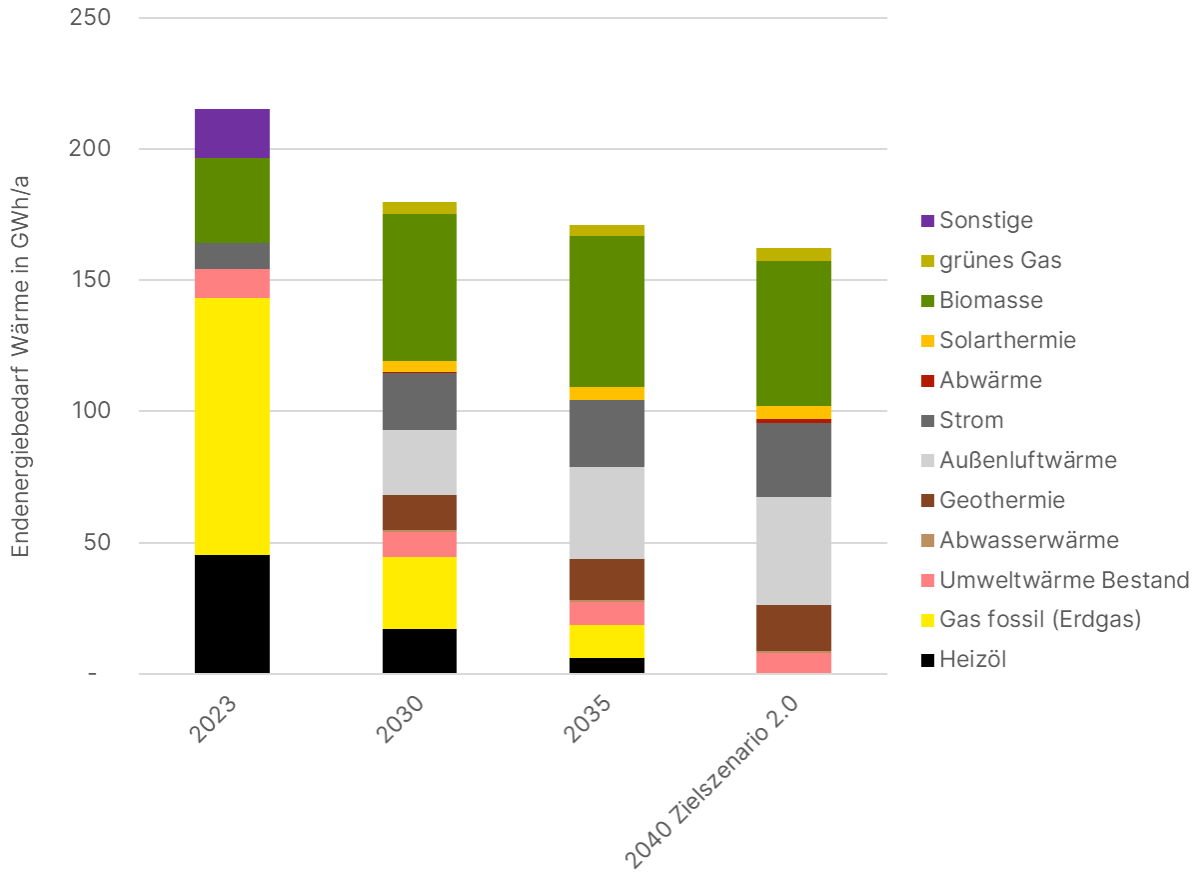


Abbildung 62: Zielszenarienvergleich der Stützjahre

6.10 Kostenschätzung für maßgebliches Zielszenario 2040

Die Kostenschätzung für das maßgebliche Zielszenario im Jahr 2040 beschränkt sich auf die Kosten für die Sanierung von Gebäuden und der damit verbundenen Verbesserung des Wärmeschutzes sowie auf die Kosten für den Ausbau von Wärmenetzen. Kosten für zentrale Wärmeerzeuger von Wärmenetzen sind in der vorliegenden Gesamtkostenschätzung aufgrund des hierfür nur schwer prognostizierbaren Kostenrahmens nicht enthalten.

Zur Erreichung der Reduktionsziele im Wärmebedarf sind gemäß des gewählten Sanierungsszenarios in Tettnang bis 2040 rund 1.753 Gebäude zu sanieren (2% Sanierungsquote). Diese Gebäude weisen zusammen eine Brutto-Geschossfläche von 574.034 m^2_{BGF} auf. Unter Annahme eines Kostenansatzes für eine vollumfängliche energetische Sanierung von 360 €/m^2_{BGF} (Thorsten, Walberg, Gniechwitz, & Paare, 2022) ergeben sich rund 207 Mio. € Investitionsaufwand für Dämmung und Sanierung in der Gesamtkommune. Mit dem Ansatz einer linearen Kostenaufteilung resultieren bis zum Zieljahr 2040 im Mittel 12 Mio. €/Jahr (abzüglich Fördermittel), die für die Sanierung des Gebäudebestandes durch die jeweiligen Eigentümer aufzubringen sind.

Im Zielszenario 2040 sind 10 Teilgebiete mit Wärmenetzen aufgeführt. Für deren Erschließung wird der Ausbau von rund 24.000 m Wärmenetz angenommen. Bei einem Kostenansatz von

1.500 €/m Wärmeleitung (inklusive Tiefbaukosten und Wiederherstellung der Oberfläche) 36 Mio. € Gesamtkosten. Unter Annahme einer linearen Aufteilung bis 2040, resultiert ein mittlerer Netzausbaubedarf von 1,41,4 km/Jahr, der mit Investitionen in Höhe von 2,1 Mio. €/Jahr verbunden wäre.

7 Wärmewendestrategie & Maßnahmenkatalog

7.1 Ziele und Vorgehensweise

Aufbauend auf dem Entwurf des maßgeblichen Zielszenarios werden eine übergeordnete Handlungsstrategie und konkrete Maßnahmen ausgearbeitet, die für die kommunale Verwaltung als Leitfaden für die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in den nächsten Jahren dienen. Die Entwicklung dieser Maßnahmen beinhaltet von der Kommunalverwaltung selbst umzusetzende Maßnahmen als auch Maßnahmen Dritter. Maßstäbe für die Maßnahmenentwicklung sind das maßgebliche Zielszenario, laufende Planungs- und Umsetzungsprojekte als auch Kapazitäten der Zielgruppen. Als zentrales Ergebnis werden konkret die fünf verpflichtenden Maßnahmen entwickelt, deren Umsetzung laut Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg in den nächsten fünf Jahren begonnen werden soll. Die priorisierten Maßnahmen sind in Kapitel 7.5 ausformuliert.

Ergänzend werden in den nachfolgenden Kapiteln noch übergeordnete begleitende Maßnahmen beschrieben, die für einen erfolgreichen Transformationsprozess nach der erstmaligen Erstellung der kommunalen Wärmeplanung strukturell anzugehen sind. Diese sind in der sogenannten „Meta-Ebene“ angeordnet. Darüber hinaus werden im Zuge der kommunalen Wärmeplanung die potenziellen Wärmenetzgebiete, Prüfgebiete als auch kommunale Fokusgebiete definiert, die aufgrund der Bestandssituation priorisiert zu betrachten sind.

Die Mindestanforderungen nach § 27 Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg beinhalten fünf Maßnahmen im Maßnahmenkatalog. Die Ausweitung des Maßnahmenkatalogs auf alle Teilgebiete innerhalb der kommunalen Gemarkung wird als sinnvoll erachtet. Dies ist sinnvoll, um eine vollumfängliche Bewertungsgrundlage für die Fortschreibung der kommunalen Wärmewende-Strategie zu schaffen und Abhängigkeiten und Potenziale über die fünf Maßnahmengebiete hinaus auch zukünftig dokumentiert und im Blick zu haben. In Kapitel 7.4 sind die Inhalte und Beispiele der Teilgebiet-Steckbriefe beschrieben.

7.2 Maßnahmen auf Meta-Ebene

Um das Thema kommunale Wärmeplanung in der Kommune ausreichend berücksichtigen und etablieren zu können, bedarf es entsprechender Personalressourcen und Haushaltsmittel. Zudem sollten klimaschutzrelevante Themen in der Kommune weiter zur Diskussion gebracht und notwendige Projekte mit externen und internen Partnern angeschoben werden.

Nachfolgend sind die Maßnahmenbereiche aufgeführt, die sich ergänzend zu den priorisierten Maßnahmen bei EGS-plan auf der Meta-Ebene ansiedeln. Darunter verstehen wir im Wesentlichen rahmenbildende, prozessuale Maßnahmen zur Verstetigung des Transformationsprozesses bei der Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in der Kommunalverwaltung. Diese Prozesse sind auf einen längeren Zeitraum bis zur Vollendung der Wärmewende ausgerichtet. Zum Teil liegt dabei der Erfolg der späteren Umsetzung explizit nicht im direkten Wirk- und Entscheidungsbereich der Kommune.

Diese sind unter anderem folgende Ansätze:

a) Schaffung von verwaltungsinternen Strukturen für die Fortschreibung der KWP

- Ziel: Etablierung der KWP als fortlaufende Aufgabe der Kommunalverwaltung
- Maßnahmen:
    - Schaffung, Qualifizierung und Etablierung von Personalkapazitäten in der Verwaltung (Klärung von Aufgaben, Zuständigkeiten und Befugnissen)
    - Organisation und Koordination der Fortschreibung der KWP
        - Aktualisierung von Daten
        - Berichtswesen – Monitoring und Reporting
        - Evaluation von Maßnahmen und Strategien
    - Einrichtung eines regelmäßigen verwaltungsinternen „Wärmewende-Meetings“ mit den beteiligten Fachabteilungen (Fachabteilungsübergreifende Planungsabstimmungen im Kontext der KWP)
    - Koordination eines jährlichen KWP-Workshops unter Beteiligung von Fachexperten aus dem Bereich Energie und Stadtplanung (u.a. die Bereiche Stadtplanung und -entwicklung, Umwelt- und Klimaschutz, Energie, Wohnungsbau, Gebäude- und Energiemanagement, Kämmerei sowie weitere Abteilungen und Bereiche der Kommune)

b) Wärmeplanung als Teil der kommunalen Planungsaufgaben der Verwaltung

- Ziel: Einzug der lokalen Wärmewendestrategie in die Fachplanungen der Kommune
- Maßnahmen:
    - Prüfung laufender und neuer städtischer Projekte im Kontext der Energieversorgung auf die Kompatibilität mit den Zielsetzungen der KWP
    - Formulierung von Textbausteinen als Vorlage für Bauleitplanung und Bebauungspläne mit Ausrichtung auf die Rahmensetzung für Ziel der klimaneutralen Wärmeversorgung
    - Ausweisung von Wärmenetz-Vorrang/Ausbau-Gebieten
    - Prüfung von kommunalrechtlichen Ansätzen wie Verbrennungsverbote und Anschluss- und Benutzungspflichten in Wärmenetz-Gebieten
    - „Fernwärmesatzung“, § 11 GemO BW
    - Satzungsrechtliches Verbrennungsverbot geregelt über z.B. B-Plan
    - Aufnahme der Anforderungen der KWP als verbindliche Elemente in städtebaulichen Kaufverträgen und Konzeptvergabeverfahren
    - Prüfung der Konzessionsverträge auf Zielkonflikte der KWP sowie Berücksichtigung von Klimaaspekten und KWP-Ergebnissen im Auswahlverfahren und bei der Neuausschreibung
    - Standortplanung: Ansiedlung von Gewerbe mit Abwärme-Potenzialen in Fernwärmegebieten und Verbrauchern mit Gasbedarf in Gasversorgungsgebieten
    - Transfer der kommunalen Wärmeplanungsergebnisse in die Regionalplanung (Flächensicherung, Potenzialerschließung und Ausweisung von Vorranggebieten)

c) Kommunikationskonzept zur kommunalen Wärmeplanung

- Ziel: Fortlaufende Information und Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger sowie weiteren kommunalen Stakeholdern zur Akzeptanzsteigerung bei der Umsetzung der KWP
- Maßnahmen:
    - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie für die relevanten Akteursgruppen
    - Durchführung von Infokampagnen und -veranstaltungen zu Ergebnissen sowie anstehenden Prozessen und Maßnahmen
    - Aufbau Wissenspool und Infozentren

d) Beschleunigung der Gebäudesanierung

- Ziel: Schaffung von Anreizen für Gebäudesanierungsmaßnahmen im privaten Bereich
- Maßnahmen:
    - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Gebäudesanierung bzgl. Förderprogrammen und gesetzlichen Vorgaben
    - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
    - Qualifizierungskonzept für lokales Handwerk und Energieberater
    - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen
    - Wahrnehmung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand durch forcierte Sanierung der eigenen Liegenschaften
    - Identifikation von Schwerpunktgebieten, Initiierung kollektiver Sanierungsmaßnahmen bei ähnlichen Gebäudetypologien → Aufgabe für kommunalen Sanierungsmanager
    - Kontrolle der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben nach z.B. GEG, PV-Pflicht-BW durch die zuständige Behörde

e) Beschleunigung der Nutzung erneuerbarer Energien

- Ziel: Schaffung von Anreizen für die Nutzung erneuerbarer Energien an Gebäuden und auf Freiflächen
- Maßnahmen:
    - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Nutzung von erneuerbaren Energien im Bereich Strom und Wärme
    - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
    - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen für den Austausch fossiler Wärmeerzeugungsanlagen durch emissionsfreie Wärmeerzeuger
    - Organisation von Marktplätzen für Freiflächen für Energieinfrastrukturen; z.B. Freiflächen-PV, Agri-PV für das Vernetzen von Flächenbesitzern und Flächensuchenden

f) Beschleunigung der Energieeinsparung durch Effizienzmaßnahmen in der Anlagentechnik

- Ziel: Schaffung von Anreizen für Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Nicht-Wohnungsbereich und im Bereich Prozesswärme
- Maßnahmen:
    - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Hebung von Effizienzpotenzialen
    - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
    - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen für Effizienzmaßnahmen in relevanten Industrien in der Kommune mit konkreten fachlichen Schwerpunkten
    - Organisation und Vernetzung von Akteuren innerhalb eines kommunalen Abwärme-Katasters

g) Suffizienzstrategien für die Wärmewende im Wohnbereich

- Ziel: Entwicklung von Strategien zur Suffizienzsteigerung im Bereich Wohnen = Wärmeeinsparung durch z.B. Optimiertes Nutzerverhalten oder Erhöhung der Wohnflächendichte pro Kopf
- Maßnahmen:
    - Ausarbeitung von Konzepten für die Umsetzung von mehr Suffizienz im Wohnbestand
    - Organisation, Förderung und Kommunikation von Konzepten mit Nutzerinformationssystemen (Ziel: Sensibilisierung und zeitnahe Information der Bewohner über Wärmeverbrauch)
    - Organisation, Förderung und Kommunikation von Konzepten zur Reduzierung der pro Kopf zur Verfügung stehenden – und damit auch zu beheizenden – Wohnfläche durch Wohnungsbelegungs- und -vermittlungsstrategien oder veränderte Flächennutzungskonzepte

7.3 Priorisierte kommunale Gebiete für die Wärmetransformation

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung werden vielfältige Datengrundlagen und Ergebnisdarstellungen analysiert. Ein für den Transformationsprozess wichtiges Element ist die Ausweisung räumlich abgegrenzter Bereiche, die mittelfristig im Zuge des Transformationsprozesses priorisiert zu berücksichtigen sind. Die Betrachtung dieser Gebiete erfolgt über zwei Wertungsmethoden, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Mit der Analyse werden diese „*Wärmenetzgebiete und Prüfgebiete*“ und die kommunalen *„Fokusgebiete“* identifiziert und für den weiteren Prozess sichtbar gemacht. Zusätzlich sind in dem vorliegenden Kapitel abschließend die Teilgebiete aufgeführt, die auch perspektivisch mit grünen Gasen über die vorhandene Infrastruktur im Zielszenario versorgt werden.

7.3.1 Wärmenetzgebiete und Prüfgebiete

Zentrale Wärmeversorgungsinfrastrukturen können eine wichtige Rolle in einem klimaneutralen Versorgungssystem einnehmen. Wichtige Systemdienstleistungen können auf der Ebenen von Wärmenetzen und zentralen Wärmeerzeugungen für ein zukunftsfähiges Energiesystem besser zur Verfügung gestellt werden. Unter anderem sind diese laut (Peters, Steidle, & Böhnisch, 2020):

- Flexibilität und Vielfalt bei der Nutzung zentral erschließbarer erneuerbarer Energien
- Bedarfsgerechter, stromnetzgeführter Betrieb von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Groß-Wärmepumpen in Heizzentralen
- Erhöhung der Effizienz im Energiesystem durch die Möglichkeit zentrale Abwärmequellen zu nutzen
- Flexibilitätsgewinne durch Einbindung großer thermischer Speicher

Wärmenetze können dabei unterschieden werden in Wärmenetze mit einem Temperaturniveau, die nutzbare Wärme liefern und kalten Wärmenetzen, die als Wärmequelle für dezentrale Wärmepumpen in Gebäuden dienen.

Für die Ausweisung der Wärmenetzgebiete und Prüfgebiete werden unter anderem folgende Aspekte berücksichtigt, die in Kapitel 4.4.1 detaillierter beschrieben sind:

- Vorhandensein bestehender Wärmenetze
- Wärmedichte bzw. Wärmeliniendichte im Teilgebiet
- Siedlungsstruktur
- Vorhandensein von Ankerkunden

Ergänzend zu dieser Bewertung wird nun in dem vorliegenden Schritt die konkrete Verfügbarkeit von Energieträgern und Umweltwärmequellen für eine zentrale Wärmebereitstellung mitberücksichtigt. Diese Information stammt aus der Phase der Potenzialanalyse, in der die Deckungspotenziale von zentral nutzbaren erneuerbaren und emissionsfreien Energieträgern berechnet wurden

In Abbildung 63 sind die potenziellen Wärmenetzgebiete und Prüfgebiete dargestellt, die im maßgeblichen Zielszenario enthalten sind.

Auf Basis dieser Ausarbeitung können, wie in Kapitel 7.2 beschrieben,

- Wärmenetzverdichtungsgebiete,
- Wärmenetzausbaugebiete,
- Wärmenetzneubaugebiete oder
- Prüfgebiete

definiert werden.

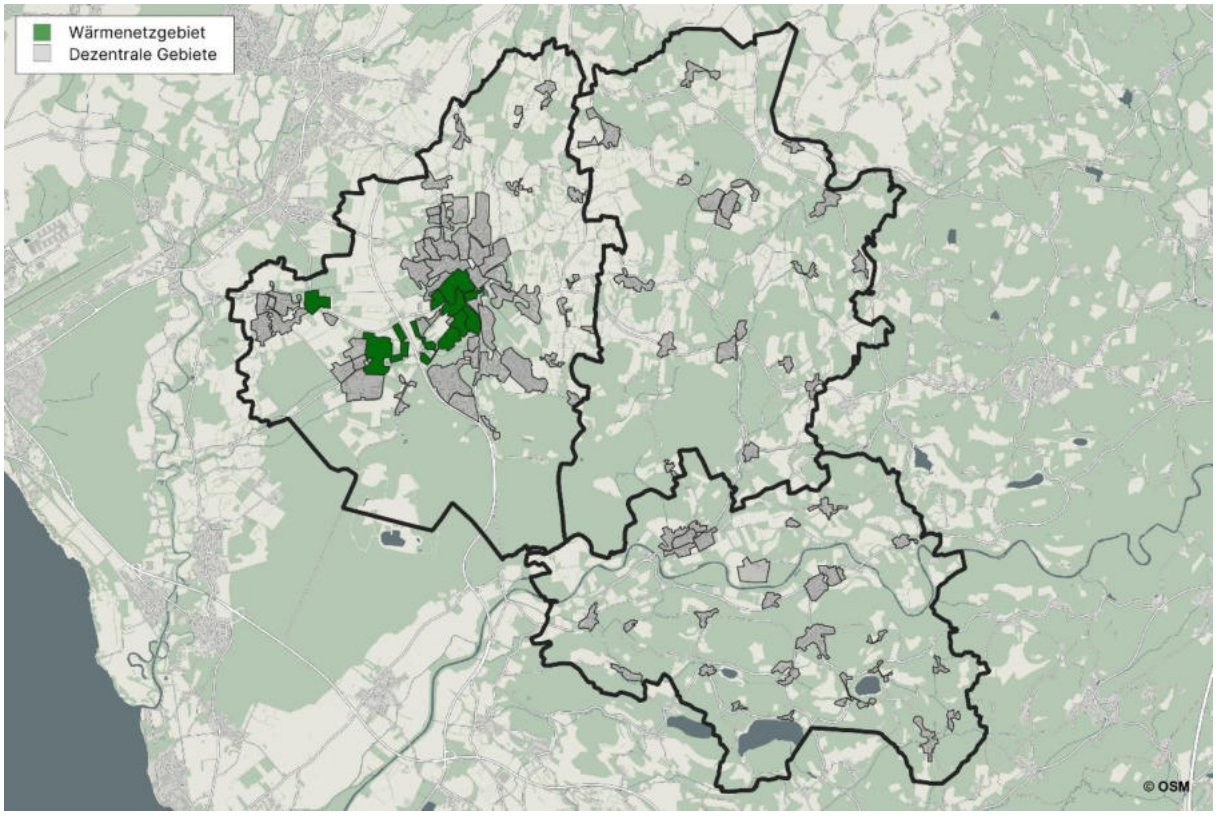


Abbildung 63: Teilgebietekarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielszenario

7.3.1.1 Relevante Wärmenetzgebiete im Zielszenario

Im maßgeblichen Zielszenario werden zwei Wärmenetzgebiete definiert.

Das **Wärmenetzgebiet Tettnang** definiert die zentrale Versorgungsoption der Kernstadt, die durch eine hohe Bebauungsdichte kaum Alternativen zur dezentralen erneuerbaren Wärmeversorgung aufweist. Weitere Schwerpunkte des Netzgebietes bilden kommunale Liegenschaften und das Gewerbegebiet Bürgermoos. Das Prüfgebiet umfasst die Teilgebiete 8, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 31 und 33. Als Option einer späteren Ausweitung des Netzes ist zusätzlich der Anschluss der Diakonie Pfingstweid (Teilgebiet 3) in Kau im Zielszenario abgebildet. Die Diakonie wird bereits über ein Gebäudenetz versorgt und könnte als zusätzlicher Ankerkunde dienen, wäre aber mit erheblichem Aufwand durch verhältnismäßig lange Anschlussleitung verbunden. Ebenso kann das Teilgebiet 3 aus einer Ausweitung des

bestehenden Gebäudenetzes aus dessen Wärmezentrale durch ein eigenständiges Netz versorgt werden. Der Wärmebedarf der genannten Teilgebiete beträgt insgesamt rund 30.000 MWh/a und entspricht rund 20 % des Wärmebedarfs der gesamten Kommune im Zieljahr. Das Netz wird zunächst über eine Hackschnitzelfeuerung aus Biomasse versorgt. Darüber hinaus befindet sich eine potenzielle Freifläche in unmittelbarer Nähe der Heizzentrale. Diese kann perspektivisch durch Geothermiesonden, überbaut mit einer solarthermischen Freifläche ebenfalls zur Wärmeversorgung des Netzes beitragen. Ein Abwassersammler im Gewerbegebiet Bürgermoos bietet weiteres Wärmepotenzial. Die nötige Wärmenetzlänge ergibt sich aus der kumulierten Straßenlänge in den beteiligten Teilgebieten zu 22.900 m.

Wärmenetz Tettnang

Stadtteil	Tettnang
Netztypologie	Wärmenetz
Wärmenetzlänge	
Bestand	0 m
Zielszenario	22.900 m
Wärmebedarf Zieljahr	30 GWh/a
Energieträger	Biomasse (64 %) Abwasser Kanal (4 %) Geothermie (20 %) Solarthermie (12 %)



7.3.2 Kommunale Fokusgebiete

In Ergänzung zu den Wärmenetzgebieten werden kommunale Fokusgebiete definiert, die aufgrund der aktuellen Situation einem besonderen Handlungsdruck im Zuge des anstehenden Transformationsprozesses im Bereich Wärme unterliegen.

Um diese Fokusgebiete zu identifizieren, werden für den Transformationsprozess relevante Aspekte näher betrachtet. Im Rahmen einer manuellen Analyse werden alle Teilgebiete im Kommunalgebiet hinsichtlich der nachfolgenden Kriterien aufbereitet und bewertet.

- **Alter der Heizungen in den Teilgebieten**
  Bei Heizungen steht in der Regel nach 20 Jahren eine Erneuerung an. Bei einem hohen Anteil älterer Heizungsanlagen im Teilgebiet besteht daher ein erhöhter Handlungsdruck bezüglich einer Entscheidung für ein neues Heizungssystem.
- **Anteil Ölheizungen in den Teilgebieten**
  Fossile Energieträger sind für eine klimaneutrale Wärmeversorgung nicht geeignet. Speziell Ölheizungen sind daher konsequent und prioritär umzustellen auf klimaneutrale Wärmesysteme. Ein hoher Anteil von Ölheizungen wird daher als Kriterium erachtet, um einen definitiven Bedarf zur Umstellung der Wärmeerzeugungsanlage bestimmen zu können.
- **Absolute und flächenspezifische THG-Einsparpotenziale**
  Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung ist die Minimierung von Treibhausgasemissionen. Ausgehend von den Ergebnissen der Bestandsanalyse und des Zielszenarios werden die Teilgebiete mit relativ hohen Emissionen sowie Energieeinsparpotenzialen (siehe auch Kapitel 5.2.3) identifiziert und als priorisierende Teilgebiete für die Transformation der Wärmeversorgung ausgewiesen.

In Abbildung 64 sind die oben aufgeführten Kriterien in räumlicher Darstellung auf die Teilgebiete in der Kommune angewendet. Durch Überlagerung der Informationen aus den einzelnen Karten können die kommunalen Fokusgebiete mit besonderer Relevanz und Handlungsbedarf im Kontext des anstehenden Transformationsprozesses identifiziert werden. Die resultierenden kommunalen Fokusgebiete sind in Abbildung 65 dargestellt.

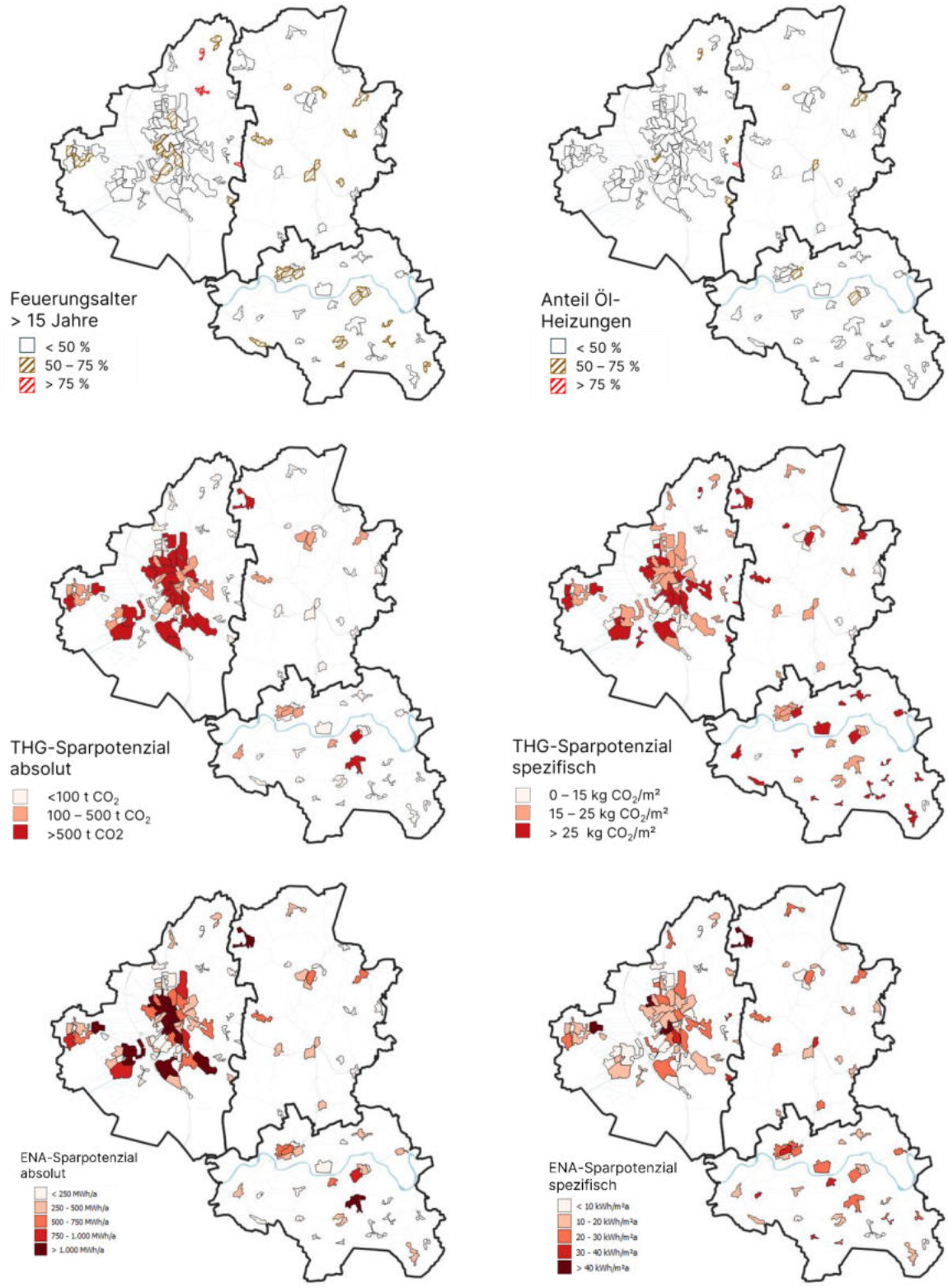


Abbildung 64: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

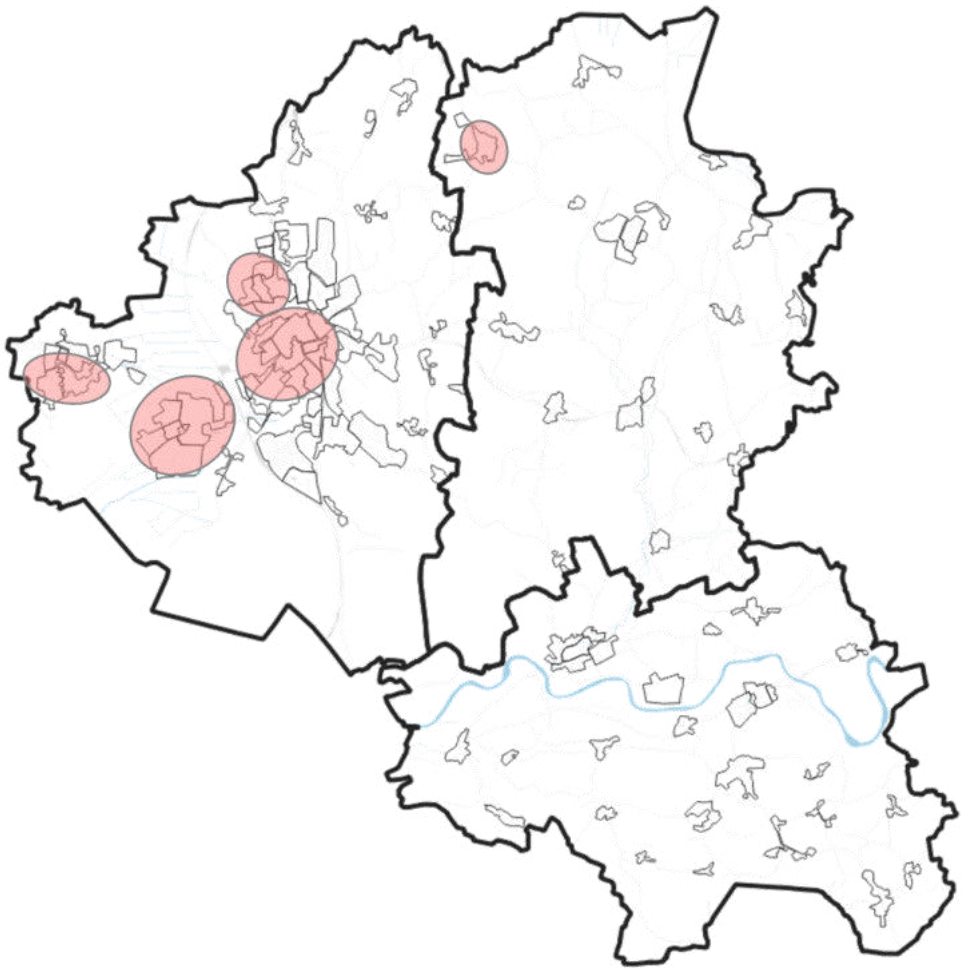


Abbildung 65: Kommunale Fokusgebiete

Für die in Abbildung 65 herausgearbeiteten Fokusgebiete sind geeignete Verfahren und Maßnahmen zu entwickeln, die aufzeigen sollen, wie eine Unterstützung beim anstehenden Transformationsprozess erfolgen kann. Neben der Berücksichtigung der Fokusgebiete bei den priorisierten Maßnahmen in Kapitel 7.5 ergibt sich auch die Möglichkeit, hierfür Folgeprojekte wie Stadtsanierungskonzepte (KfW-Programm 432; u.a. Möglichkeit zur Ausweisung als Sanierungsgebiete im Rahmen einer gesonderten städtebaulichen Entscheidung) oder auch Machbarkeitsstudien im Rahmen der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) abzuleiten.

7.3.3 Gebiete mit perspektivischem Gasbedarf

Bei der kommunalen Wärmeplanung stellt sich regelmäßig die Frage, in welcher Form die Gasnetzinfrastruktur im Zieljahr genutzt werden soll. Von Aussagen zur Stilllegung oder dem Rückbau von Gasnetzen wird hierbei abgesehen, da die mittelfristige Entwicklung der vorgelagerten Energieinfrastruktur in Deutschland aktuell einer starken, nicht klar prognostizierbaren Dynamik unterliegt. Diesem Aufgabenbereich widmen sich die

Gasnetzbetreiber im Rahmen von Gasnetzgebietstransformationsplänen, wobei sinnvollerweise die Erkenntnisse aus der kommunalen Wärmeplanung mit integriert werden.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung liegt der Schwerpunkt daher auf der Ausweisung der Teilgebiete, die im Zielszenario mit grünen Gasen anteilig die Wärme bereitstellen. Dabei können auch Heizzentralen in Wärmenetzen mit enthalten sein, die an zentraler Stelle Wärme für die Teilgebiet-übergreifende Versorgung bereitstellen. Die Methodik zur Bestimmung dieser Teilgebiete ist in Kapitel 5.3.13.3 beschrieben. Die resultierenden Teilgebiete sind in Abbildung 66 dargestellt.

Bei den Teilgebieten mit Gasbedarf ist zu berücksichtigen, dass hier sowohl Teilgebiete mit dezentralen Heizungsanlagen auf Gebäudeebene als auch Teilgebiete mit Wärmenetzen enthalten sind. Bei den Teilgebieten mit Wärmenetzen findet die Nutzung der grünen Gase nicht im Versorgungsgebiet, sondern am Ort der Wärmebereitstellung an den potenziellen Heizzentralen-Standorten statt.

Insgesamt werden im Zielszenario noch 5.100 MWh/a (Endenergie) für die Wärmeversorgung durch grüne Gase aufgewendet. Dies entspricht einem Anteil am gesamten Endenergiebedarf Wärme von rund 3 %. Im Vergleich zum Gasverbrauch im Basisjahr reduziert sich die Menge an Gasen zur Wärmebereitstellung um 93.900 MWh/a, was einem Rückgang um 95 % entspricht.

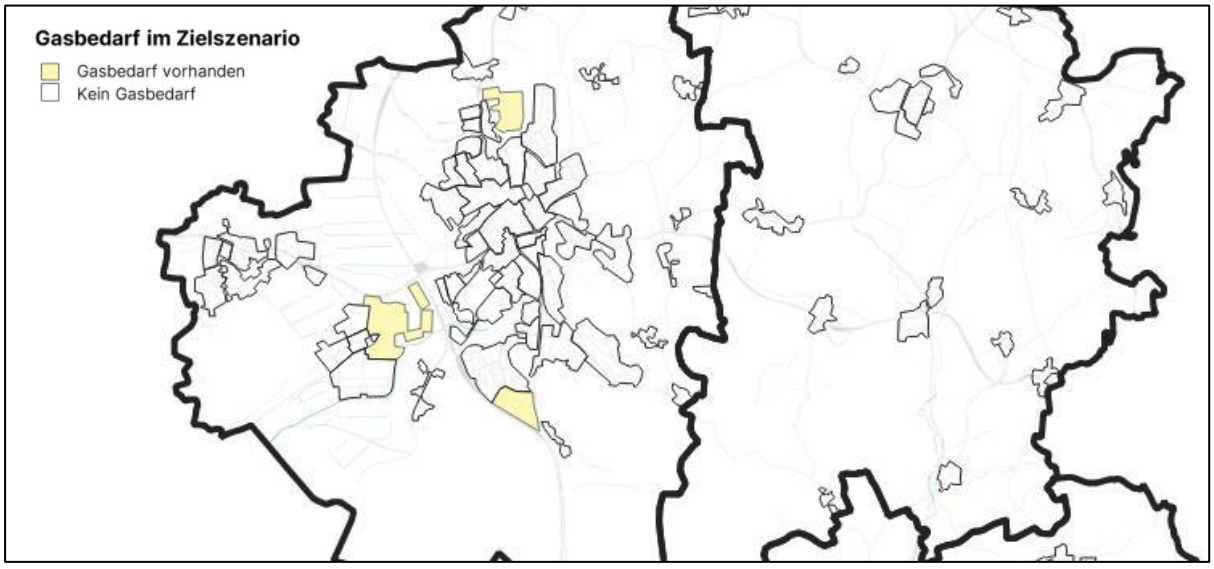


Abbildung 66: Teilgebiete mit relevantem Gasbedarf im Zielszenario

7.4 Teilgebiet-Steckbriefe

Für die abschließende Dokumentation der kommunalen Wärmeplanung wird für jedes Teilgebiet ein Steckbrief erstellt. Die Teilgebiet-Steckbriefe sind in der Anlage zum Abschlussbericht zusammengeführt und beinhalten die grundlegenden Informationen aus der kommunalen Wärmeplanung auf Teilgebiet-Ebene.

Die Struktur und der Inhalt der Teilgebiet-Steckbriefe orientieren sich dabei an den Arbeitsphasen der KWP. Im oberen Teil sind Informationen aus der Eignungsprüfung und Bestandsanalyse aufgelistet, die wesentlichen Kennzahlen, Nutzungsinformationen und einen Kartenausschnitt enthalten. Ergänzt um die Energie- und Treibhausgasbilanz sind alle wesentlichen Daten zur Beschreibung der Ausgangssituation prägnant enthalten.

Der Abschnitt “Potenziale“ zeigt die angenommene Entwicklung des Wärmebedarfs im Teilgebiet auf und informiert über die ermittelten Potenziale zur Bedarfsdeckung im Zieljahr, die vor Ort im Teilgebiet vorliegen.

Die abschließende Rubrik „Zielszenario“ bildet die Ergebnisse zum empfohlenen Versorgungssystem und Energieträgereinsatz ab. Für die dargestellte Versorgungsoptionen besteht laut Wärmeplanungsgesetz kein Anspruch Dritter auf Einteilung zu einem bestimmten voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiet. Aus der Einteilung in ein voraussichtliches Wärmeversorgungsgebiet entsteht keine Pflicht, eine bestimmte Wärmeversorgungsart tatsächlich zu nutzen oder bereitzustellen.

Bei der Nennung der Versorgungsoptionen ist dabei zu berücksichtigen, dass für die Erreichung der Klimaneutralität im Bereich Wärme speziell bei der Empfehlung von dezentralen Wärmepumpen auch alternative Wärmequellen als nahezu gleichwertig einzustufen sind. So können bei einer Empfehlung für dezentrale Erdwärme-Wärmepumpen auch grundsätzlich Wärmepumpen mit z.B. Umweltwärmequelle Außenluft, Grundwasser oder Eisspeicher-Systemen zum Einsatz kommen. Darüber hinaus sind laut Wärmeplanungsgesetz auch bei dezentralen Versorgungen nachfolgende Erfüllungsoptionen geeignet:

- gasförmige, feste und flüssige Biomasse
- grünes Methan
- Solarthermie

Die Teilgebiet-Steckbriefe dienen nach der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung als wichtige Dokumentation, um für Anfragen aus Verwaltungsbereichen und der Öffentlichkeit zielgerichtet Informationen bereitstellen zu können. So lassen sich andere kommunale Themen mit den Inhalten und Ergebnissen der kommunalen Wärmeplanung effizient und einfach abgleichen und ggf. kommunale Fragestellungen darauf basierend anpassen.

Auf nachfolgender Abbildung wird exemplarisch ein Teilgebiet-Steckbrief dargestellt.

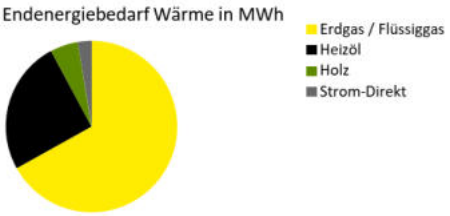
Teilgebiet-Steckbrief 5 Musterstadt

Bestand

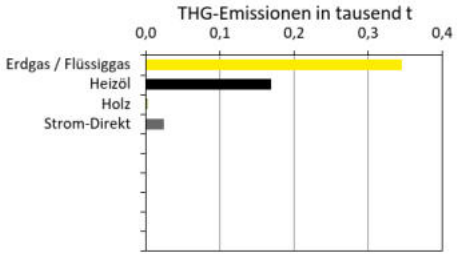
Teilgebiet:	5
Ortsteil:	Musterstadt
Hauptnutzung Gebäude:	Wohnnutzung
Teilgebietsfläche:	4,4 ha
Gebäude/Denkmalschutz:	109/2
überbaute Grundfläche (GF):	13.541 m²
Bebauungsdichte:	0,3 m²GF/m²Teilgebietsfläche
Wärmedichte 2023/2045:	457 / 344 MWh/(ha*a)
Gasnetz vorhanden:	ja
Wärmenetz vorhanden:	nein



Energie- und THG-Bilanz Referenzjahr

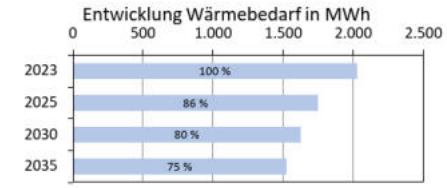


Summe: **2.147 MWh** **1,6% von Kommune**



Summe: **538 t $CO_{2Äq.}$** **1,8% von Kommune**

Potenziale (zur Wärmebedarfsdeckung 2045)



Anteil sanierter Gebäude in 2045: 29%



* Biomasse (fest, flüssig, gasförmig), grüne Gase/Methan ebenfalls möglich

Zielszenario 2045

Ausgehend von Ist-Situation und Potenzialanalyse ergibt sich folgende Versorgungsoption im Zielszenario:

	Zielszenario	Eignungsbewertung nach §18 WPG
Versorgungssystem	Dezentral	**Wärmenetzeignung** Bepunktung: 2,0 wahrscheinlich geeignet
Energiequelle/-träger	Außenluftwärme (58 %), Strom-WP (27 %), Geothermie Sonden dezentral (9 %), Holz (6 %) Anteil Außenluft-WP kann auch höher werden; Weiterer Anteil aus Biomasse und Gas möglich	**H_2-Netz Eignung** Bepunktung: 0,7 sehr wahrscheinlich ungeeignet
THG-Emissionen**	20 t THG-Einsparung: 96%	**Dezentrale Versorgung** Bepunktung: 2,4 sehr wahrscheinlich geeignet
Akteure	Gebäudeeigentümer (mit Energieberater/Heizungsbauer)	0-0,75: sehr warhscheinlich ungeeignet 1,5-2,25: wahrscheinlich geeignet 0,75-1,5: wahrscheinlich ungeeignet 2,25-3: sehr wahrscheinlich geeignet
Investitionskosten	Sanierung Gebäude: 2.300 T€ sanierte BGF: 6.428 m² Wärmenetzausbau: 0 T€ Trassenlänge (Neubau): 0 m	
Anmerkung	Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird hier in Zukunft kein Wärmenetz gebaut! Anforderungen des GEG sind auf Ebene der Gebäude zu lösen: Energieberater / Heizungsbauer für Beratung Mögliche Energieträger: u.a. Wärmepumpe, Biomasse (fest, flüssig, gas), Grünes Gas/Methan, Solarthermie	
Hinweis		

** ggü. Referenzjahr, mit Emissionsfaktoren in 2045 Hinweis: Grundwasser als Wärmequelle möglich

Abkürzungen: GF - bebaute Fläche; BGF - Bruttogeschossfläche; THG - Treibhausgase; WP - Wärmepumpe

Abbildung 67: Beispiel Teilgebiet-Steckbrief

7.5 Priorisierte Maßnahmen des Wärmeplans

Im § 27 des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg ist die Verpflichtung zur Benennung von fünf Maßnahmen festgeschrieben: „Es sind mindestens fünf Maßnahmen zu benennen, mit deren Umsetzung innerhalb der auf die Veröffentlichung folgenden fünf Jahre begonnen werden soll."

Die priorisierten Maßnahmen sind aus der Analyse des Zielszenarios und in Abstimmung mit der Kommunalverwaltung sowie den lokalen Akteuren entwickelt worden.

Es wurden auf Basis des Status Quo sowie des Zielszenarios Vorschläge für Maßnahmen gemacht, die für die Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung relevant und notwendig sind.

Für eine bessere Einordnung und Bewertbarkeit der Maßnahmenvorschläge werden diese zunächst geordnet und in Strategiefeldern eingeteilt.

Strategiefeld inkl. Maßnahme	Verbrauchen	Versorgen	Regulieren	Motivieren
Potenzialerschließung, Flächensicherung und Ausbau erneuerbarer Energien				
Flächensicherung für Energieinfrastrukturen			x	
Erschließung Potenzial Erdwärmesonden				x
Erschließung Potenzial Außenluft				x
Sicherung des Potenzials aus Biomasse				x
Wärmenetzausbau und –transformation				
Weiterentwicklung und Ausweitung Wärmenetz Tettnang				x
Transformationsplan: Dekarbonisierung Wärmenetz Pfingsweid				x
Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung in Industrie und Gebäuden				
Ausweitung der Beratung Sanierung und Effizienzsteigerung				x
Workshop Energieversorgung für produzierendes Gewerbe				x
Strom-/Wasserstoffnetzausbau:				
Stromnetzcheck				x
Roadmap grünes Gas				x

Abbildung 68: Maßnahmenübersicht nach Strategiefeldern

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

Diese Maßnahmen wurden dann mithilfe von folgenden Kriterien qualitativ bewertet:

- Kosten für Durchführung
- THG-Einsparung (CO_2-Äq.)
- Synergien mit anderen Planungen der Kommunalverwaltung
- Beitrag für 100% klimaneutrale Versorgung
- Akteursbereitschaft zur Mitwirkung
- Reifegrad bis zur Umsetzung
- Mehrwert über Wärmesektor hinaus
- Projekterfolg steuerbar durch Kommunalverwaltung

Im Anschluss wurden die Maßnahmen mit dem Projektteam der Stadtverwaltung durchgesprochen und gemeinsam die Entscheidung für fünf Maßnahmen getroffen.

In den nachfolgenden Abschnitten sind die priorisierten fünf Maßnahmen in Steckbriefen beschrieben. Die Steckbriefe weisen dabei eine einheitliche Struktur auf und beinhalten folgende Elemente:

- Beschreibung Ist-Situation
- Einordnung in Zielszenario der KWP
- Konkrete Auflistung der Leistungsbausteine
- THG-Einsparpotenzial
- Angaben zu den Akteuren
- Grober Zeitplan
- Kostenübersicht

7.5.1 Stromnetzcheck – Analyse zur Erfüllung zukünftiger Stromnetz-Anforderungen

Kategorie: Strom-/Wasserstoffnetzausbau

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Das Stromnetz ist heute hauptsächlich durch den Strombezug für Produktionsprozesse bei Großverbrauchern und Gewerbe sowie den Nutzerstrom in Haushalten belastet. Zusätzlich speisen dezentrale Stromerzeugungsanlagen wie Photovoltaikanlagen und KWK-Anlagen in das kommunale Netz ein. Heutige Netzkomponenten wie die Stromleitungen, Umspannwerke und Netzkoppelstellen sind für diesen Betriebsfall ausgelegt. In Tettnang sind folgende Parameter im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung erfasst:

- Aktueller Netzbezug (gesamt): 85 GWh in 2023
- Stromerzeugung aus PV: ca. 22 GWh in 2023
- Stromeinspeisung aus Kraft-Wärme-Kopplung: ca. 3 GWh in 2023
- Stromeinspeisung aus Wasserkraft: 0,1 GWh in 2023

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung und damit ist ein starker Ausbau von Wärmepumpen zu erwarten.

Das Ergebnis der kommunalen Wärmeplanung zeigt, dass der Ersatz der bestehenden fossilen Wärmeerzeugungsanlagen überwiegend durch Wärmepumpen erfolgen kann. Daraus ergibt sich, dass der Stromverbrauch in den kommenden Jahren deutlich ansteigen wird.

Ein Stromnetzcheck soll konkret prüfen, ob das lokale Stromnetz für die steigenden Anforderungen durch die Transformation des Wärmesystems, dezentraler Erzeugungsanlagen und Elektromobilität gerüstet ist.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Für das Ziel der Dekarbonisierung aller Verbrauchssektoren wird zukünftig eine signifikante Zunahme des Stroms für Wärmepumpen, Elektromobilität und Powert-to-X-Anwendungen (Technologien zur anderweitigen Nutzung und Speicherung von Stromüberschüssen) erwartet. Zusätzlich bedeuten die politischen Klimaziele des Landes Baden-Württemberg ein Ausbau der vorhandenen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten um den Faktor 5 bis 2040.

Das kommunale Zielszenario prognostiziert einen steigenden Strombedarf allein durch die Versorgung mit Wärmepumpen um ca. 18 GWh (+ 21 % gegenüber Status-Quo).

Der Stromnetzcheck soll die Eignung der einzelnen Netzkomponenten und deren Zusammenwirken für die beschriebenen zukünftigen Betriebszustände bewerten. Neben einer Simulation dieser Betriebszustände beinhaltet der Check auch die konkrete Ableitung von Maßnahmen, welche frühzeitig ergriffen werden müssen, um zukünftig einen sicheren Netzbetrieb gewährleisten zu können.

Damit können die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung und deren zu erwartende Auswirkungen auf die Netzentwicklung frühzeitig in die Netzentwicklungsplanung mit aufgenommen werden.

Exkurs: Die Umsetzung der im vorliegenden Prozess identifizierten Maßnahmen schließt sich an die Phase des Stromnetzchecks an. Damit diese in erforderlichem Umfang realisiert werden können, benötigen die Stromnetzbetreiber eine aktive Mitwirkung der Kommune, etwa durch die Bereitstellung und Erschließung geeigneter Flächen oder durch die Ermöglichung von Tiefbaumaßnahmen. Die Kommunalverwaltung erkennt diese Unterstützungsfunktion im Kontext der Energiewende und kommt ihr im Rahmen ihrer Möglichkeiten bestmöglich und zügig nach.

Inhalte des Stromnetzchecks

1. Analyse Bestands-Stromnetz
    a. Analyse der aktuellen Stromnetzinfrastruktur
    b. Netzsimulation zur Bewertung der Kapazitätsauslastung einzelner Netzkomponenten
    c. Identifikation kritischer Netzelemente für Status-Quo
2. Analyse Stromnetz für Zukunfts-Szenario
    a. Entwicklung von Szenarien mit erhöhtem Strombedarf durch Wärmepumpen und Elektromobilität sowie erhöhter Stromeinspeisung durch PV-Ausbau
    b. Netzsimulation zur Bewertung der zukünftigen Kapazitätsauslastung einzelner Netzkomponenten
    c. Identifikation kritischer Netzelemente für Zukunfts-Szenario
3. Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen für Stromnetz
    a. Definition allgemeiner Anforderungen an zukunftsfähige Stromnetze
    b. Entwicklung von Betriebsstrategien für Netzinfrastruktur
        i. u.a. Einsatz von Flexibilitäten?
    c. Entwicklung von Betriebsstrategien für Verbrauchs- und Erzeugungseinheiten (u.a. Laststeuerung/Demand Side Management (DSM))
    d. Identifikation von Ertüchtigungsbedarf für Netzkomponenten
    e. Identifikation und Kommunikation möglicher Flächenbedarfe zur Behebung von Engstellen
4. Bewertung von Anforderungen und Schnittstellen zum vorgelagerten Übertragungsnetz
5. Entwicklung einer Anpassungsstrategie mit Zeitplan
6. Dokumentation und Berichterstellung an die Kommunalverwaltung

Geplante THG-Einsparung

Ein versorgungssicheres Stromnetz ist die Grundlage für den anvisierten Ausbau der Wärmepumpen. Durch den Stromnetzcheck werden keine direkten THG-Einsparungen erzielt.

Akteure

Als handelnder Akteur ist das Regionalwerk Bodensee als lokale Stromnetzbetreiber innerhalb der wesentlichen Fokusgebiete zu sehen. Die Erstellung des Stromnetzchecks ist dort dem Bereich der „Netzentwicklungsplanung“ zuzuordnen. Die Information der Ergebnisse und der möglichen Auswirkungen soll dabei in regelmäßigen Abständen mit der Stadt Tettnang erfolgen.

Zeitplanung

Die erstmalige Bearbeitungsdauer der Maßnahme wird auf rund 12 Monate geschätzt. Die weitere Berücksichtigung ist als fortlaufende Aufgabe beim Netzbetreiber einzuordnen.

Kosten

Für die Durchführung des Stromnetzchecks werden keine direkten Kosten bei der Kommunalverwaltung erwartet. Die Kosten sind durch den Ersteller der Maßnahme oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

7.5.2 Weiterentwicklung und Ausweitung Wärmenetz Tettnang

Strategiefeld: Wärmenetzausbau und -transformation

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Im Gebiet der Kernstadt von Tettnang wird durch die Betreibergemeinschaft Wärmeversorgungsgesellschaft Tettnang mbH (bestehend aus ENGIE und Regionalwerk Bodensee) derzeit die Errichtung eines Wärmenetzes geplant und bereits gebaut. Das Erschließungsgebiet erstreckt sich ausgehend von der Seestraße in Richtung Schloss und Manzenberg. Darüber hinaus planen die Betreiber eine Erschließung der Innenstadt bis zur Kirchstraße und südlich der Innenstadt bis zur Lindauer Straße / Loretostraße. Ebenso steht die Erschließung des Gewerbegebietes Bürgermoos im Fokus der Ausbaupläne. (siehe Abbildung 69)

Das gesamte Gebiet weist im Bezugsjahr 2023 einen Gesamtwärmebedarf von 36 GWh/a auf. Dies entspricht 18 % des Gesamtwärmebedarfs von Tettnang. Die Wärmeversorgung der ca. 500 Gebäude im Gebiet basiert heute zu 82 % auf fossilen Energieträgern wodurch jährlich 9.500 t CO_2 emittiert werden. Das Entwicklungsgebiet weist insbesondere im Bereich der Innenstadt eine erhöhte Wärmedichte bei gleichzeitig geringen dezentralen Versorgungspotenzialen auf, so dass eine zentrale Versorgung über ein Wärmenetz als wirtschaftlich attraktiv eingeschätzt wird. Das Gewerbegebiet Bürgermoos beinhaltet potenzielle Ankerkunden, aber auch teilweise Prozesswärmebedarfe, die über ein Wärmenetz nicht versorgt werden können.

Das vorgesehene Versorgungskonzept für das geplante Wärmenetz basiert auf einer Holzhackschnitzelfeuerung. Die Wärmeplanung zeigt im Umkreis der Heizzentrale zusätzliche Möglichkeiten der Wärmeentnahme aus einem Abwassersammler, sowie einzelne Freiflächen für die Erschließung mittels Erdwärmesonden oder Solarthermie auf.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 ist das beschriebene Gebiet als Wärmenetzversorgungsgebiet zur Prüfung eingestuft. Das abgebildete Zieljahr 2040 bildet eine Fortentwicklung der Wärmebereitstellung ab, die zusätzlich der nach aktuellem Planungsstand vorgesehenen Holzhackschnitzelfeuerung auch weitere Wärmequellen nutzt, die im Rahmen der Wärmeplanung ermittelt wurden. Damit könnte die benötigte Menge an Holzhackschnitzeln reduziert werden. Der zentrale Hackschnitzelkessel liefert dabei weiterhin den größten Anteil im Netz und ist für die Spitzenlastabdeckung wichtig.

Für die vollständige Erschließung des Wärmenetzgebietes ist eine hohe Anschlussquote in den jeweiligen Teilgebieten hilfreich. Der Anschluss von kommunalen Liegenschaften als Ankerkunden ist durch die Aktivierung privater Anschlussnehmer zu ergänzen. Die Stadt Tettnang erfüllt damit bereits die Rolle zur Wahrung der Vorbildfunktion. Ergänzend dazu kann die Information und Motivation privater Anschlussnehmer erfolgen. Diese Aufgabe liegt vor Allem beim Wärmenetzbetreiber, kann aber durch die Stadt unterstützt werden.

Ebenso kann für eine künftige Ausweitung des Wärmenetzes frühzeitig die Potenzialerschließung erforderlicher, lokaler Wärmequellen, z.B. in Form von geeigneten Freiflächen, vorbereitet und unterstützt werden.

Inhalte der Maßnahme

1. Kommunikation und Motivation zum Wärmenetzanschluss
    a. Gezielte Aufklärung im Entwicklungsgebiet über Anschlussmöglichkeiten und Konditionen
    b. Durchführung und Unterstützung von Informationsveranstaltungen
    c. Bereitstellung von Informationsplattformen (Webseite, Räumlichkeiten, Aushänge)
    d. Aktive Aufklärungsarbeit auch zu Entwicklungsszenarien für bestehende fossile Energieversorgungen (Erdgasnetz, Veränderungen in der CO_2-Bepreisung).
        i. Preisvergleiche mit Szenarien
        ii. Platzbedarfe für Wärmenetzanschluss und bspw. dezentraler Pelletkessel
        iii. Verantwortungsübertragung zur Erfüllung des EE-Anteils nach GEG auf Wärmenetzbetreiber
2. Ergänzende Potenzialermittlung lokaler klimaneutraler Energiequellen
    a. Technische und wirtschaftliche Bewertung lokaler Wärmequellen insbesondere von Freiflächen direkt angrenzend an die Heizzentrale
    b. Flächenbedarfe für die Integration zusätzlicher Wärmequellen
    c. Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Großwärmepumpen und Langzeitwärmespeichern
    d. Sektorenkopplung und Strommarktdienlichkeit
    e. Kostenaufstellung/ Wirtschaftlichkeitsberechnung
    f. Prüfung der Genehmigungsfähigkeit

Geplante THG-Einsparung

Ausgehend von der heutigen Versorgungsstruktur resultiert für das Betrachtungsgebiet bei einer klimaneutralen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz eine THG-Einsparung von 6.500 t/a. Bezogen auf die Gesamtkommune entspricht dies einer THG-Einsparung von ca. 13 % bezogen auf die heutigen Emissionen.

Akteure

Als wesentlicher Akteur in der lokalen Kommunikation und Aufklärung zum geplanten Wärmenetz ist die Betreibergemeinschaft Wärmeversorgungsgesellschaft Tettnang mbH (mit dem Regionalwerk Bodensee als lokaler Partner) zu sehen. Die Aktivitäten können im Interesse der Stadt durch die Stadtverwaltung unterstützt werden. Dafür ist ein enger Austausch über Vorgehensweise und Kommunikationsstrategie zu führen. Gegebenenfalls kann ein externer Dienstleister für Kommunikationskonzepte eingebunden werden. Für eine erweiterte Potenzialermittlung ist eine Machbarbarkeitsstudie anzufertigen. Diese ist durch einen Fachplaner mit Expertise in der Erschließung lokaler Wärmequellen für Wärmenetze durchzuführen.

Zeitplanung

Die Aufklärungsarbeit und Motivation privater Anschlussnehmer ist zeitnah und nahtlos an die Wärmeplanung anzuschließen. Dieser Prozess wird fortlaufend über den Errichtungszeitraum bis voraussichtlich 2029 andauern.

Kosten

Für die Unterstützungsarbeit zur Ausweitung des Wärmenetzes fallen auf Seiten der Stadt keine direkten Kosten an. Der Aufwand liegt in Form von Personalkosten in der regelmäßigen Abstimmung und Begleitung/Durchführung von Informationsveranstaltungen. Kosten, die zum Beispiel bei der Erstellung von Kommunikationskonzepten entstehen, sind beim Wärmenetzbetreiber angesiedelt.



Abbildung 69: Aktuelles Wärmenetzerschließungsgebiet mit Trassenverlaufsplan (Stand: 11/2025)

Weitere Infos zum Stand der aktuellen Wärmenetzplanung unter:

https://www.rw-bodensee.de/produkte-services/nahwaerme

7.5.3 Ausweitung der Beratung Sanierung und Effizienzsteigerung

Strategiefeld: Sanierung/Modernisierung und Effizienzsteigerung in Industrie und Gebäuden

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

Im Bezugsjahr der Datenerfassung beträgt die Erzeugernutzenergieabgabe für die Wärmebereitstellung rund 204 GWh. Der Großteil von über 60 % entfällt dabei auf die Wohnnutzung. Der restliche Verbrauch verteilt sich auf die Nutzungsgruppen GHD, Mischnutzung und Industrie. Die öffentlichen Einrichtungen verursachen rund 3 % des Energieverbrauchs.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Das Potenzial Sanierung und Effizienzsteigerung (S&E) ist mit rund 57 GWh quantifiziert. Dies entspricht einer Senkung des jährlichen Wärmebedarfs um etwa 33 %, die bis zum Jahr 2040 erreicht sein soll. Rund 52 GWh werden im Zielszenario durch die Verbesserung der Gebäudehülle erreicht. Dies entspricht einer Sanierungsquote von 2 %/a auf das Niveau eines Effizienzhauses 70. Weitere 5 GWh sind durch die Verbesserung der Prozesseffizienz im Bereich GHD und Industrie angesetzt.

Inhalte:

1. **Ausarbeitung eines Gesamtkonzept S&E** für den Gebäudebestand, z.B. mit:
    - Fragestellungen
        - Wie und wo könnten 33% Einsparung bis 2040 realisiert werden?
        - Wie können die Gebäudeeigentümer:innen erreicht und überzeugt werden? Welche Kommunikationskanäle sind dafür zielführend?
        - Welche Maßnahmen, Ressourcen und Kooperationen sind nötig?
        - Wie können Dynamiken bei den Akteur:innen entfaltet und sich verstärkende Prozesse ausgelöst werden?
    - Auszuwertende und zu erarbeitende Grundlagen
        - Genauere, räumliche Feststellung der Effizienzpotenziale anhand der präzisen Datengrundlage der KWP (z.B. auf Baublockebene)
        - Ausarbeiten einer Priorisierung von Teilgebieten und Quartieren für die Erschließung der kurz- und mittelfristigen Effizienzpotenziale
        - Einschätzung der benötigten Kapazitäten im Handwerk, bei Energieberatung und zur Finanzierung (mit Fördermöglichkeiten)
        - Identifikation der Handlungsfelder der verschiedenen Akteur:innen, sowie Darstellung möglicher Synergien durch Koordinations- und Kooperationssysteme zwischen Akteur:innen
    - Umsetzung
        - Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie im Kontext der Gebäudesanierung bzgl. Förderprogrammen und gesetzlichen Vorgaben
        - Bereitstellung von Informationsmaterial und Organisation von Informationskampagnen in Kooperation mit den Energieagenturen
        - Qualifizierungskonzept für lokales Handwerk und Energieberater
        - Prüfung von kommunalen Förderprogrammen

- Wahrnehmung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand durch forcierte Sanierung der eigenen Liegenschaften
- Identifikation von Schwerpunkt-/Fokusgebieten, Initiierung kollektiver Sanierungsmaßnahmen bei ähnlichen Gebäudetypologien → Ableitung von Quartierskonzepten, Aufgabe für kommunalen Sanierungsmanager
- Kontrolle der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben nach z.B. GEG, PV-Pflicht-BW durch die zuständige Behörde

2. Weiterführen bzw. ausweiten des kommunalen **Sanierungsmanagements**, entsprechend den Zielsetzungen des Gesamtkonzepts S&E (s.u.)
3. **Kommunikation des Gesamtkonzepts S&E** und Koordination mit beteiligten Akteur:innen:
   - Aktive & passive Informationsangebote für Gebäudeeigentümer:innen (gesamte städtische Reichweite nutzen), insbesondere auch anhand von *Sanierungsanlässen* (z.B. Heizungstausch), entsprechend IFEU-Studie
   - Aufbau neuer Informations- und Beteiligungsangebote (z.B. in Zusammenarbeit mit der Energieagentur Oberschwaben)
   - Ausbilden von Multiplikator:innen und Bürgerschaftsgruppen /-experten, die das Thema anders zu den Menschen bringen und diese motivieren
   - Digitale Formate aufbauen (u.a.), → Inhalte jederzeit, überall, kostenlos, verfügbar (z.B. Info-Videos, Webinar-Aufzeichnungen, FAQs, u.ä.)
   - Strategischen Austausch mit Handwerk und Energieberatung etablieren z.B. im Rahmen eines Qualitätsnetzwerk Bau:
     - Aus- und Weiterbildung von Fachkräften
     - Sanierungsstandard
     - Energieeffizienz-Anforderungen zur Versorgung mit Erneuerbaren Energien (vom Einzelhaus bis Gesamtsystem)

Geplante THG-Einsparung

Durch die Sanierung der Gebäudehülle und Effizienzsteigerung in Industrie und Gewerbe ist Stand Heute eine Einsparung von ca. 13.000 t (28% der aktuellen Emissionen) möglich. Die Maßnahme selbst ist nicht mit einer THG-Einsparung verbunden, ist aber als Voraussetzung für eine breite Umsetzung von Sanierungs- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen zu verstehen.

Akteure

Zentrale Akteur:in für die Entwicklung des Konzepts ist die Kommunalverwaltung. In engem Austausch mit der Energieagentur Oberschwaben kann auf bestehende Ressourcen aufgebaut werden. Ggf. ist eine fachliche Zuarbeit durch eine Kommunikationsagentur erforderlich. Ziel ist ein maßgeschneidertes Konzept für die entsprechenden Zielgruppen zu erarbeiten. Wichtige Mulitplikatoren für die spätere Umsetzung sind Gebäudeeigentümer:innen (Privatpersonen, WEGs, gewerbliche, kommunal,…) sowie Handwerk & Energieberatung. Diese sind im Rahmen der Entwicklung und Umsetzung mit einzubinden.

Zeitplanung

Die Entwicklung des Kommunikationskonzepts erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 6 Monaten. Die Durchführung der Position 2,3 und 4 sind stetige Aufgaben und dauerhaft zu verfolgen.

Kosten

Für die Entwicklung und Durchführung des Konzepts werden Honorarkosten in Höhe von rund 40 T€ (netto) geschätzt. Die Kosten sind durch den Auftraggeber oder Finanzierungsmittel Dritter zu erbringen.

7.5.4 Erschließung Potenzial Außenluft

Strategiefeld: Potenzialerschließung, Flächensicherung und Ausbau erneuerbarer Energien

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

In der Stadt Tettnang wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ein signifikantes Potenzial für die Nutzung von Außenluftwärmepumpen nachgewiesen. Aktuell ist der Anteil der zum Einsatz kommenden Wärmepumpen in Tettnang gering. Im Bezugsjahr der Datenerfassung werden rund 12 Prozent der wärmeversorgten Gebäude über Wärmepumpen versorgt. Die Potenzialanalyse zeigt, dass die Mehrheit der Gebäude in dezentral versorgten Teilgebieten ein Außenluftpotential aufweisen, da ausreichend Platz für die Aufstellung besteht und die vorgeschriebenen Mindestabstände zu benachbarten Gebäuden häufig eingehalten werden können. Eine Einzelprüfung auf Gebäudeebene ist weiterhin notwendig.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung und damit einen starken Ausbau von Wärmepumpen. Die Außenluft ist eine zuverlässige Umweltwärmequelle in Kombination mit einer Wärmepumpe.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 spielt die Umweltwärmequelle Außenluft eine zentrale Rolle. Der Wärmebedarf im Jahr 2040 wird zu 35 % über Außenluftwärmepumpen gedeckt, dies entspricht einer Wärmebereitstellung von rund 57 GWh/a.

Um den privaten Immobilieneigentümer die Erschließung des Außenluft-Potenzials möglichst einfach, wirtschaftlich attraktiv und effizient zu gestalten, soll ein anreizstiftender Rahmen durch die Kommunalverwaltung geschaffen werden. Die Hürde der Immobilieneigentümer zur Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung mittels dezentralen Außenluftwärmepumpen soll so gering wie möglich gehalten werden.

Inhalte des Organisationsrahmens zur Erschließung des Außenluftpotenzials

1. Identifikation geeigneter Gebäude zum Einsatz von Außenluftwärmepumpen
    a. Darstellung der Einzelgebäude mit Außenluftpotenzial
    b. Portfolioanalyse der kommunalen Liegenschaften zur Ableitung von Bestpractice-Beispielen für die Heizungsumstellung
2. Aufzeigen von relevanten Konzentrationsbereichen in der Stadt Tettnang auf Basis der kommunalen Wärmeplanung
3. Entwicklung Kommunikations- und Informationskonzept
    a. Akteursanalyse
    b. Maßnahmen für Informationsbereitstellung (u.a. Veranstaltungen, Broschüren) in Zusammenarbeit mit der Energieagentur Oberschwaben
        i. Aufzeigen von gebauten Good-Practice-Beispielen in der Stadt

   c. Aufklärung zur Gebietseinstufung nach der BauNVO und den daraus resultierenden zulässigen Lärmgrenzwerte nach TA Lärm
      i. Info zu Webseiten mit erstem Genehmigungscheck
   d. Überblick über Fördermöglichkeiten auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene
   e. Informationsbereitstellung zu Wärmepumpenstromtarifen und Vergünstigungen (z.B. reduzierte Netzentgelte gemäß §14a EnWG, Smart-Meter-basierte Steuerung, Heizstromtarife, zeitvariable Tarife)
      i. Online Sprechstunde mit Netzbetreiber
4. Zentrale Koordination eines Unterstützungsprozesses
   a. Aufbau einer Web-Plattform als Marktplatz für interessierte Gebäudeeigentümer und ausführende Unternehmen
   b. Abstimmung und Koordination des Prozesses mit den Fachbetrieben, Handwerkern und Heizungsbauern → ggf. über die Regionalverbände Schulungen anstoßen
   c. Bündelung der Informationsmaßnahmen und Angebote
      i. Sammelbeschaffungen zur Kostensenkung beim Kauf
      ii. Sammelgutachten für Schallbewertungen
   d. Kooperation mit lokal tätigen Energieversorgern zur Entwicklung von Contracting bzw. Finanzierungsmodellen

Geplante THG-Einsparung

Bei einer vollständigen Erschließung des Potentials an Außenluftwärmepumpen in der Stadt Tettnang werden THG-Einsparungen in Höhe von rund 12.800 t CO_2 erzielt. Dies entspricht einer Einsparung von etwa 26 % im Zieljahr in Bezug auf den Status Quo. Die Emissionen, die noch bestehen resultieren lediglich aus dem Netzstrom für den Betrieb der Wärmepumpen.

Akteure

Die Erarbeitung des Organisationsrahmens erfolgt durch die kommunale Verwaltung in enger Zusammenarbeit mit der Energieagentur Oberschwaben, der regionalen Handwerksverbände und den lokalen Energieberatern.

Zeitplanung

Die Entwicklung des Kommunikations- und Koordinationsmaßnahmen erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 6 Monaten. Über einen Zeitraum von zunächst etwa 5 Jahren soll der Organisationsrahmen den privaten Immobilieneigentümer die Erschließung des Außenluftpotenzials erleichtern und eine wirtschaftlich attraktive Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung bieten.

Kosten

Für die Schaffung des Organisationsrahmens werden die laufenden Kosten über die Projektzeit von 5 Jahren auf bis zu 40 T€ (netto) geschätzt. Die Kosten werden überwiegend in Form von Personalkosten innerhalb der Stadtverwaltung und für externe Dienstleistungen (Kommunikationsagentur, Veranstaltungen) anfallen.

7.5.5 Erschließung Potenzial dezentraler Erdwärmesonden

Strategiefeld: Potenzialerschließung, Flächensicherung und Ausbau erneuerbarer Energien

Kurzbeschreibung der Ist-Situation

In der Stadt Tettnang wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ein hohes geothermisches Potenzial mittels dezentralen Erdwärmesonden nachgewiesen. Nach dem Informationssystem für oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg (ISONG) sind aktuell bereits in nahezu allen Stadtbereichen in Tettnang Erdwärmebohrungen vorhanden. Der Anteil am der Gesamtwärmeversorgung ist dennoch gering. Einschränkungen zur Nutzung des Potenzials bilden kleinräumige Wasser- und Quellschutzgebiete vor Allem in den Gebieten Schäferhof, Missenhardt, Baumgarten, Holzhausen. Die Möglichkeit, auf artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse zu stoßen ist in nahezu dem gesamten bewohnten Gebiet der Ortsteile Tettnang, Tannau und der nördlichen Hälfte in Langnau möglich. Aufgrund der bereits installierten Erdwärmesonden ist davon auszugehen, dass sich hieraus nur in Einzelfällen Schwierigkeiten beim Bohrablauf ergeben. Insbesondere in Laimnau muss durch die oberflächennahe Lage besondere Aufmerksamkeit auf dieses Thema gelegt werden. Nach Auskünften der ISONG liegt im gesamten Stadtgebiet keine Bohrtiefenbegrenzung vor, während die Ergiebigkeit des Untergrunds als gut eingeschätzt wird.

Die Klimaschutzziele des Landes Baden-Württemberg verlangen bis 2040 eine klimaneutrale Wärmeversorgung und damit einen starken Ausbau von Wärmepumpen. Das Erdreich ist eine der effizientesten Umweltwärmequellen in Kombination mit einer Wärmepumpe.

Zielszenario der kommunalen Wärmeplanung

Im Zielszenario für die klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2040 spielt die dezentrale Erdwärmenutzung mittels Sonden eine zentrale Rolle. Der Wärmebedarf im Jahr 2040 wird zu 11 % über dezentrale Erdwärmesonden gedeckt, dies entspricht einer Wärmebereitstellung von rund 18 GWh/a.

Um den privaten Immobilieneigentümer die Erschließung des Erdwärme-Potenzials möglichst wirtschaftlich attraktiv und effizient zu gestalten, soll ein anreizstiftender Organisationsrahmen durch die Kommunalverwaltung geschaffen werden. Die Hürde der Immobilieneigentümer zur Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung mittels dezentralen Erdwärmesonden soll so gering wie möglich gehalten werden.

Inhalte des Organisationsrahmens zur Erschließung des Potenzials an dezentralen Erdwärmesonden

1. Detailanalyse der Erdwärmepotenziale
    a. Analyse der geologischen Rahmenbedingungen
    b. Konzeption von technischen Maßnahmen zur Erschließung der Erdwärme
    c. Analyse der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
    d. Aufbereitung der Ergebnisse in Informationsbroschüren
2. Aufzeigen von Eignungsgebieten in der Stadt Tettnang auf Basis der kommunalen Wärmeplanung
3. Entwicklung Kommunikations- und Informationskonzept
    a. Akteursanalyse
    b. Maßnahmen für Informationsbereitstellung (u.a. Veranstaltungen, Broschüren)
    c. Auflistung ausführender Firmen
4. Vorabstimmung zu Rahmenverträgen mit den ausführenden Firmen
    a. Attraktive Konditionen für Gebäudeeigentümer
    b. Erhöhung der Verfügbarkeit von Planern und ausführenden Unternehmen
    c. Planungssicherheit bei den ausführenden Firmen
5. Zentrale Koordination des Erschließungs-Prozesses
    a. Aufbau einer Web-Plattform als Marktplatz für Interessierte und ausführende Unternehmen
    b. Bündelung der Maßnahmen und Angebote
    c. Schnittstelle zwischen Immobilieneigentümer und ausführenden Firmen bilden
    d. Betrieb der Plattform und Koordination des Gesamtprozesses

Geplante THG-Einsparung

Bei einer vollständigen Erschließung des Potentials an dezentralen Erdwärmesonden in der Stadt Tettnang werden THG-Einsparungen in Höhe von rund 4.000 t CO_2 erzielt. Dies entspricht einer Einsparung von etwa 8 % im Zieljahr in Bezug auf den Status Quo. Die Emissionen, die noch bestehen resultieren lediglich aus dem Netzstrom für den Betrieb der Wärmepumpen.

Akteure

Die Erarbeitung des Organisationsrahmens erfolgt durch die kommunale Verwaltung in enger Zusammenarbeit mit Planern und den ausführenden Unternehmen (z.B. Bohrfirmen). Für die Schaffung des Organisationsrahmens ist ein externer Dienstleister mit entsprechender Expertise im Bereich der Kommunikation und der oberflächennahen Geothermie notwendig.

Zeitplanung

Die Entwicklung des Organisationsrahmens erfordert eine Bearbeitungsdauer von rund 6 Monaten. Über einen Zeitraum von zunächst etwa 5 Jahren soll der Organisationsrahmen den privaten Immobilieneigentümer die Erschließung des Potenzials an dezentralen Erdwärmesonden erleichtern und eine wirtschaftlich attraktive Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung bieten.

Kosten

Für die Schaffung des Organisationsrahmens werden die laufenden Kosten über die Projektzeit von 5 Jahren auf 40 T€ (netto) geschätzt. Die Kosten werden überwiegend in Form von Personalkosten innerhalb der Stadtverwaltung und für externe Dienstleistungen (Kommunikationsagentur) anfallen.

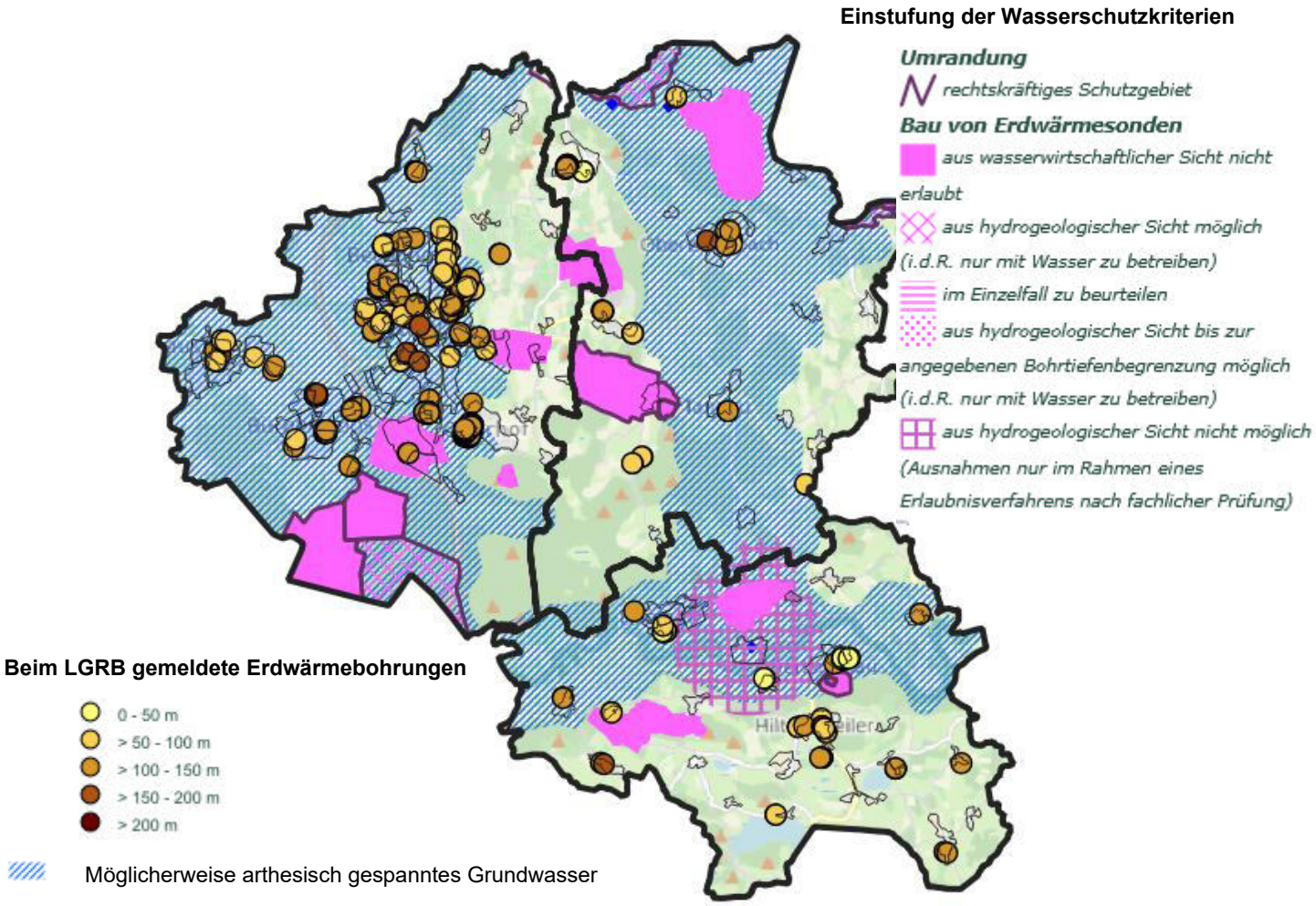


Abbildung 70: Übersicht zur Eignung des Untergrundes für geothermische Nutzung aus der ISONG

7.5.6 Dokumentation erweiterter Maßnahmenvorschläge

Gemäß der Vorgehensweise zur Priorisierung der Maßnahmen in 7.5 sind neben den final gewählten auch weitere relevante Maßnahmen in der Vorauswahl gesammelt und bewertet worden. Zur Dokumentation und zur Weiterverfolgung dieser Maßnahmen nach der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung werden diese im Folgenden in Kurzform aufgeführt.

Roadmap Grünes Gas

Für Hochtemperaturanwendungen in der Industrie und zur Deckung der Spitzenlast in einigen Heizzentralen sind weiterhin Verbrennungsprozesse gasförmiger Stoffe nötig. Im Zielszenario 2040 entfällt ein Anteil von ca. 3 % der Endenergieträger auf grüne Gase.

Im Rahmen der Studie „Roadmap Grünes Gas“ soll eine Strategie entwickelt werden, ob und wie grünes Gas perspektivisch bereitgestellt werden kann, wo eine Instandhaltung des Gasnetzes notwendig ist und in welchen Bereichen ein Rückbau des Gasnetzes eine Option darstellen kann. Aufbauend auf einer vertiefenden Bedarfsanalyse und Marktabfrage werden Betriebe mit zukünftig zwingendem Gasbedarf identifiziert und die erforderlichen Gasbereitstellungsmengen kalkuliert. Diese Bedarfe werden in ihrer Größenordnung, räumlichen Verteilung und zeitlichen Entwicklung quantifiziert, um den künftigen Infrastrukturbedarf realistisch einzugrenzen. Die Erstellung von Entwicklungsszenarien mit veränderlichen Abnahmemengen kann eine wesentliche Grundlage u.A. zur Ableitung zu erwartender Netzentgelte und damit einer transparenten Kommunikation bilden.

Zusätzlich zur technischen Machbarkeit sollen auch wirtschaftliche und zeitliche Aspekte der Bereitstellung als auch die Akzeptanz bei der Öffentlichkeit analysiert werden.

Workshop Energieversorgung für produzierendes Gewerbe

Im Jahr 2023 werden 33 GWh, bzw. 15 % des Energiebedarfs für Gewerbe und Industrie aufgewendet. 22 GWh davon entfallen auf die 5 größten Unternehmen. Ein wichtiger Hebel der Wärmewende liegt also bei der Wärmeversorgung der einzelnen Unternehmen. Die Großverbraucherbefragung im Rahmen der Wärmeplanung ergab dabei, dass einzelne Unternehmen bereits Energiekonzepte für eine weitgehende Dekarbonisierung entwickelt haben, während andere Unternehmen Beratungsbedarf äußerten.

Die unterschiedlichen Akteure zu einen gemeinsamen Erfahrungsaustausch und einer lokalen Interessengemeinschaft zusammenzubringen kann sowohl die Wärmewende als auch die Standortsicherheit in Tettnang stärken. Dieser Austausch kann durch die Stadtverwaltung initiiert und begleitet werden. Bei Bedarf werden gezielt externe Beratungsangebote hinzugezogen.

Die Stadt kann diesen Austausch gezielt durch Bereitstellung von Räumlichkeiten, Begleitung durch die Klimaschutzmanagerin und Organisation von Folgeterminen unterstützen.

Flächensicherung für Energieinfrastruktur

Die Nutzung von Flächen im Außenraum für Energieinfrastrukturen beschränkt sich aktuell im Wesentlichen auf Energieleitungen. Im Zuge der Energiewende nimmt die Flächensicherung für Wind- und PV-Anlagen als auch für Wärmeinfrastrukturen eine zunehmend bedeutende Rolle ein.

Für das Erreichen der Klimaschutzziele und speziell für die Umsetzung des Transformationsprozesses im Bereich Wärme gilt es die Nutzungsmöglichkeiten für Freiflächen unter baurechtlichen und raumplanerischen Aspekten neu zu bewerten. Die Vorbereitung und Umsetzung des Prozesses zur Sicherung der erforderlichen Flächen auf dem Kommunalgebiet ist Gegenstand dieser erweiterten Maßnahme.

Sicherung des Potenzials aus Biomasse

Für die Wärmeversorgung werden in Tettnang bereits im Bezugsjahr 2023 ca. 32 GWh Biomasse eingesetzt. Bis zum Jahr 2040 werden im Zielszenario 55 GWh Biomassebedarf erwartet, was einer Zunahme um 72 % entspricht. Die Potenzialanalyse ergab, dass mit einem jährlichen Biomassepotenzial von rund 38 GWh auf der Gemarkung Tettnang gerechnet werden kann. Davon fallen ca. 10 GWh als feste Biomasse an. Die Maßnahme zielt daher darauf ab, auf der einen Seite den wachsenden Biomassebedarf so gering wie möglich zu halten, in dem gezielt alternative Wärmequellen und Bivalente Versorgungskonzepte beworben werden. Dies soll unnötigen Einsatz von Biomasse zur Wärmeversorgung begrenzen. Auf der anderen Seite stehen Maßnahmen im Fokus, die dazu beitragen, das vorhandene Potenzial vollständig auszuschöpfen. Dabei können jährliche Restholzbörsen das Potenzial aus kommunalen Waldflächen für die Nutzung innerhalb der Gemeinde sichern oder auch zusätzliche Potenziale, wie jährlich anfallendes Schnittgut aus den zahlreichen Obstbeständen und Landschaftspflegemaßnahmen zu akquirieren.

Transformationsplan: Dekarbonisierung Wärmenetz Pfingstweid

Im Osten des Ortsteils Kau liegt die Diakonie Pfingstweid, die bereits über ein Gebäudenetz aus einer Heizzentrale versorgt wird. Der Wärmebedarf des gesamten Teilgebietes beträgt ca. 2,5 GWh und macht damit 1 % des Gesamtbedarfs in Tettnang aus. Einen Transformationsplan zur Dekarbonisierung dieses Netzes zu entwickeln ist Inhalt dieser Maßnahme. Dabei sollte auch die Ausweitung des Netzes zur Versorgung der benachbarten Liegenschaften im Teilgebiet erwogen werden. Dies betrifft zunächst die Gebäude nördlich der Tettnanger Straße.

Die Aufgabe ist beim Betreiber des Netztes anzusiedeln. Die Stadt kann diesen Prozess zum Beispiel in der Akteursvernetzung oder bei der Abwägung zur Nutzung möglicher Freiflächen unterstützen.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Arbeitsphasen einer KWP 11
Abbildung 2: Baualtersklassen Wohngebäude im Bestand (prozentuale Verteilung) 21
Abbildung 3: Räumliche Darstellung der Baualtersklasse der Gebäude 21
Abbildung 4: Hauptnutzungsarten der Teilgebiete 23
Abbildung 5: Übersichtskarte der Gasnetzinfrastruktur 24
Abbildung 6: Teilgebiete mit Gasnetzinfrastruktur-Daten 24
Abbildung 7: Übersichtskarte der Wärmenetzinfrastruktur 25
Abbildung 8: Teilgebiete mit Wärmenetzinfrastruktur-Daten 26
Abbildung 9: Wärmebedarf je Teilgebiet im Basisjahr 27
Abbildung 10: Wärmedichte je Teilgebiet im Basisjahr 27
Abbildung 11: Wärmeliniendichte je Teilgebiet im Basisjahr 28
Abbildung 12: Endenergiebedarf Wärme nach Nutzungssektoren 29
Abbildung 13: Heatmap-Darstellung der THG-Emissionen in der Kommune 32
Abbildung 14: Standortbezogene Darstellung der Großverbraucher 34
Abbildung 15: Ergebnisse der Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wärmenetz 35
Abbildung 16: Ergebnisse der Eignungsprüfung zur Versorgung durch ein Wasserstoffnetz 36
Abbildung 17: Entwicklung des Wärmebedarfs verschiedener Sanierungsszenarien 39
Abbildung 18: Szenario Prozesseffizienz - Entwicklung des Wärmebedarfs GHD und Industrie 39
Abbildung 19: Energiebedarfsentwicklung – Szenario 1 40
Abbildung 20: Teilgebiete mit erhöhtem Wärmeeinsparpotenzial - absolut 41
Abbildung 21: Teilgebiete mit erhöhtem Wärmeeinsparpotenzial - flächenspezifisch 42
Abbildung 22: Potenzialkarte „Unvermeidbare Abwärme – Industrie und Gewerbe“ je Teilgebiet 44
Abbildung 23: Potenzialkarte „Abwasser - Kanal“ auf Teilgebiet-Ebene 45
Abbildung 24: Potenzialkarte „Abwasser – Kläranlage“ auf Teilgebiet-Ebene 47
Abbildung 25: Potenzialkarte „Flusswasser“ auf Teilgebiet-Ebene 48
Abbildung 26: Eignungsflächen für das Potenzial „Geothermie – Kollektoren zentral“ 50
Abbildung 27: Potenzialkarte „Geothermie – Kollektoren zentral“ auf Teilgebiet-Ebene 51
Abbildung 28: Potenzialkarte „ 53
Abbildung 29: Potenzialkarte „Geothermie – Sonden zentral“ auf Teilgebiet-Ebene 54
Abbildung 30: Potenzialkarte „Grundwasser“ auf Teilgebiet-Ebene 56
Abbildung 31: Potenzialkarte „Solarthermie - dezentral“ auf Teilgebiet-Ebene 58
Abbildung 32: Eignungsflächen für das Potenzial „Solarthermie - zentral“ 60
Abbildung 33: Potenzialkarte „Solarthermie - zentral“ auf Teilgebiet-Ebene 61
Abbildung 34: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 500 m 63
Abbildung 35: Potenzialkarte „Tiefengeothermie“ in 1.000 m 63
Abbildung 36: Potenzialkarte „Außenluft dezentral“ auf Teilgebiet-Ebene 65
Abbildung 37: Potenzialflächen für Biomasse 66
Abbildung 38: Biomassepotenziale für die Verwertungspfade Verbrennung und Vergasung 67
Abbildung 39: Potenzialkarte „Photovoltaik – dezentral“ auf Gebäudeebene 71
Abbildung 40: Potenzialkarte Freiflächen „Photovoltaik – zentral“ 73

Abbildung 41: „Windkraft“- Potenzial aus Energieatlas BW 75
Abbildung 42: Wasserkraftpotenzial aus Energieatlas BW 76
Abbildung 43: Übersicht der Einzelpotenziale zur Bedarfsdeckung im Bereich Wärme 78
Abbildung 44: Gewichtung der Kriterien im Zuge der Eignungsbewertung für Wärmenetze .80
Abbildung 45: Stufen der Eignungsbewertung für eine Versorgung durch Wärmenetze 81
Abbildung 46: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wärmenetze 81
Abbildung 47: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wärmenetze im Ortsteil Tettnang.....82
Abbildung 48: Gewichtung der Kriterien im Zuge der Eignungsbewertung für Wasserstoffnetze 83
Abbildung 49: Stufen der Eignungsbewertung für eine Versorgung durch Wasserstoffnetze 84
Abbildung 50: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wasserstoffnetze.....84
Abbildung 51: Eignungsbewertung der Teilgebiete für eine Versorgung durch Wasserstoffnetze im Ortsteil Tettnang.....85
Abbildung 52: Gewichtung der Kriterien im Zuge der Eignungsbewertung für dezentrale Wärmeversorgung.....86
Abbildung 53: Stufen der Eignungsbewertung für eine dezentrale Wärmeversorgung.....87
Abbildung 54: Eignungsbewertung der Teilgebiete für die dezentrale Wärmeversorgung.....87
Abbildung 55: Eignungsbewertung der Teilgebiete für die dezentrale Wärmeversorgung im Ortsteil Tettnang.....88
Abbildung 56: Anteile der Endenergieträger an den Zielszenarien 90
Abbildung 57: Anteile der Versorgungssysteme innerhalb der Zielszenarien.....91
Abbildung 58: Energieträger zur Wärmeversorgung im Basis- und Zieljahr 94
Abbildung 59: Zielszenario 2040 Energieversorgung der Teilegebiete 95
Abbildung 60: Zielszenario 2040 Energieversorgung der Teilegebiete im Ortsteil Tettnang..96
Abbildung 61: Zielszenario 2030 98
Abbildung 62: Zielszenarienvergleich der Stützjahre 99
Abbildung 63: Teilgebietekarte mit Wärmenetzgebieten aus dem Zielszenario 106
Abbildung 64: Kriterienübersicht für die Identifikation der Fokusgebiete 109
Abbildung 65: Kommunale Fokusgebiete 110
Abbildung 66: Teilgebiete mit relevantem Gasbedarf im Zielszenario.....111
Abbildung 67: Beispiel Teilgebiet-Steckbrief.....113
Abbildung 68: Maßnahmenübersicht nach Strategiefeldern.....114
Abbildung 69: Aktuelles Wärmenetzerschließungsgebiet mit Trassenverlaufsplan (Stand: 11/2025).....121
Abbildung 70: Übersicht zur Eignung des Untergrundes für geothermische Nutzung aus der ISONG 129
Abbildung 71: Nummerierung der Teilgebiete.....135

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

9 Literaturverzeichnis

Fisch, N., Mahler, Boris, Nusser, T., Schulze, Ê., Gabriel, J., Fafflok, C., & Hegger, J. (2018). *Effizienzhaus Plus Planungsempfehlungen.* Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung.

ifeu et al. (2024). *Leitfaden Wärmeplanung.* Von KWW Halle: https://api.kww-halle.de/fileadmin/PDFs/Leitfaden_W%C3%A4rmeplanung_final_17.9.2024_gesch%C3%BCtzt.pdf abgerufen

KEA-BW. (17. Februar 2023). *KEA-BW die Landesenergieagentur*. Von https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/klimaschutzgesetz-datenuebermittlung-zur-erstellung-kommunaler-waermeplaene abgerufen

KEA-BW. (03. März 2023). *KEA-BW Die Landesenergieagentur*. Von https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/klimaschutzgesetz-kommunale-waermeplanung abgerufen

Landesamt für Geologie, R. u. (13. Februar 2023). *LGRBwissen*. Von LGRBwissen: https://lgrbwissen.lgrb-bw.de/geothermie/tiefe-geothermie/tiefe-geothermie-baden-wuerttemberg abgerufen

Ludwigsburg-Kornwestheim, S. (18. Februar 2023). *Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim*. Von https://www.swlb.de/de/Privat/Gas-Waerme/Fernwaerme/Versorgungsgebiete1/Versorgungsgebiete/ abgerufen

Peters, M., Steidle, T., & Böhnisch, H. (2020). *Leitfaden Kommunale Wärmeplanung.* Stuttgart: KEA Klimaschutz und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH.

Thorsten, S., Walberg, D., Gniechwitz, T., & Paare, K. (2022). *Studie zum 13. Wohnungsbautag 2022 und Ergebnisse aus aktuellen Untersucheungen.* Kiel: Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.

10 Anhang

10.1 Detailergebnisse der Eignungsprüfung nach Kapitel 4.4 Eignungsprüfung

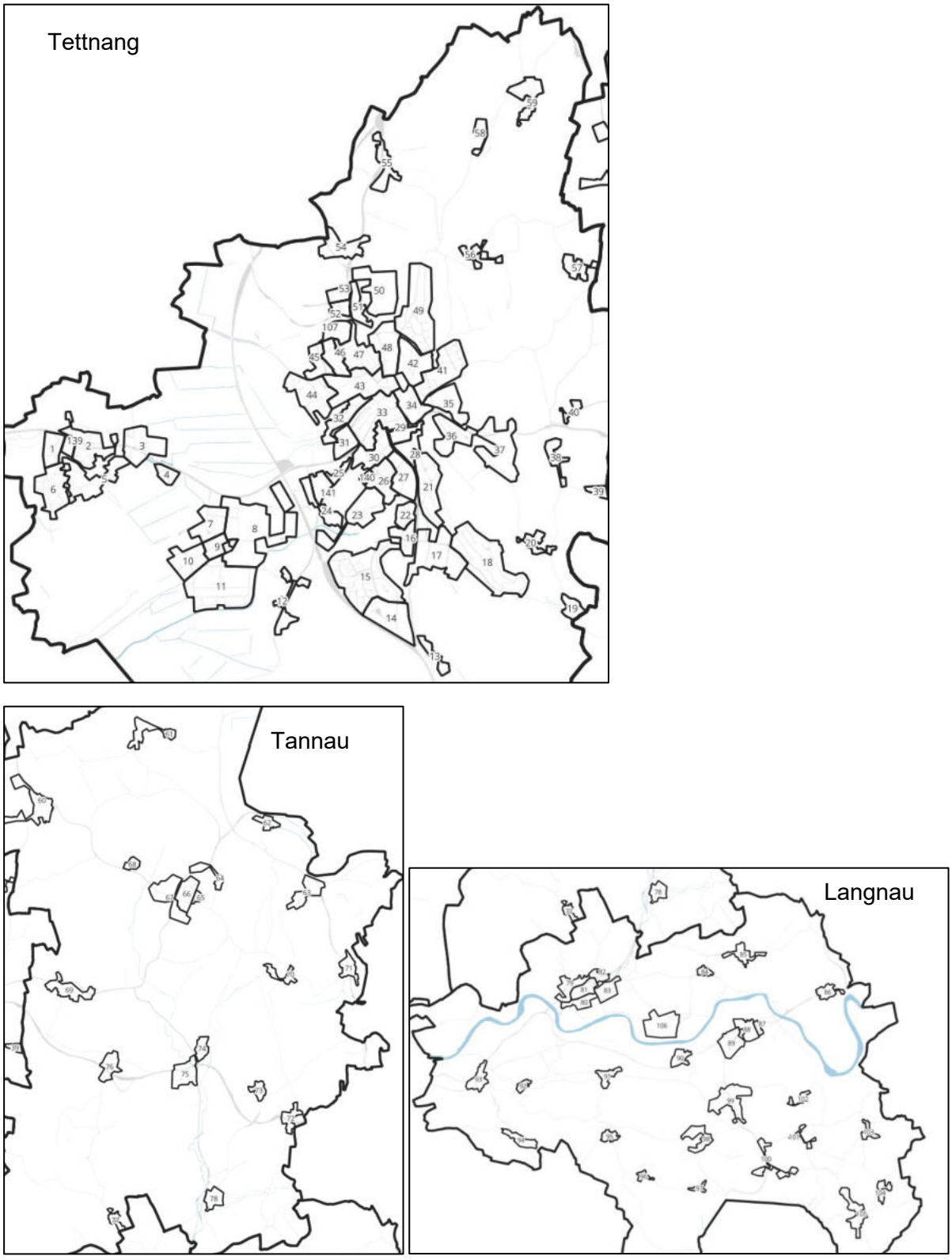


Abbildung 71: Nummerierung der Teilgebiete

Tabelle 15: Eignungsprüfung § 14 WPG zur Versorgung durch Wärmenetze

Teilgebiete *ID*	WN status Quo *Punkte*	Bedarfs-dichte *Punkte*	Siedlungs-struktur *Punkte*	Anker-kunden *Punkte*	ErneuerbareEnergie / Abwärme status quo *Punkte*	Hochtemperatur-bedarf *Punkte*	Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
1	0,10	1,34	1,00	1,70	2,70	3,00	1,80	wahrscheinlich geeignet
2	0,20	0,34	0,40	0,30	1,80	3,00	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
3	0,30	2,66	2,00	1,80	2,80	3,00	2,50	sehr wahrscheinlich geeignet
4	0,20	1,00	0,40	0,30	2,80	3,00	1,29	wahrscheinlich ungeeignet
5	0,20	1,00	1,60	0,60	2,70	3,00	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
6	0,10	1,34	1,40	0,90	2,70	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
7	0,20	1,00	3,00	1,20	2,90	3,00	1,53	wahrscheinlich geeignet
8	0,30	3,00	3,00	1,80	3,00	3,00	2,70	sehr wahrscheinlich geeignet
9	0,20	1,34	1,00	0,60	2,90	3,00	1,55	wahrscheinlich geeignet
10	0,20	1,34	2,40	1,20	2,90	3,00	1,70	wahrscheinlich geeignet
11	0,20	1,34	0,80	0,30	2,90	3,00	1,48	wahrscheinlich ungeeignet
12	0,20	1,00	2,00	0,30	2,00	3,00	1,16	wahrscheinlich ungeeignet
13	-	-	2,00	0,60	1,20	3,00	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
14	0,10	2,66	2,60	1,50	3,00	2,00	2,37	sehr wahrscheinlich geeignet
15	0,20	1,34	1,40	0,90	2,90	3,00	1,63	wahrscheinlich geeignet
16	0,20	1,00	2,40	1,20	2,90	3,00	1,53	wahrscheinlich geeignet
17	0,20	1,00	2,60	1,50	3,00	3,00	1,63	wahrscheinlich geeignet
18	0,10	2,00	1,40	0,90	2,90	3,00	1,96	wahrscheinlich geeignet
19	-	1,00	1,60	0,60	1,90	3,00	1,22	wahrscheinlich ungeeignet
20	-	-	2,60	0,90	1,10	3,00	0,66	sehr wahrscheinlich ungeeignet
21	0,20	1,34	1,00	0,90	2,90	3,00	1,63	wahrscheinlich geeignet
22	0,20	1,34	0,80	0,60	2,90	3,00	1,55	wahrscheinlich geeignet
23	0,30	1,00	2,60	2,40	2,90	3,00	1,83	wahrscheinlich geeignet
24	0,30	1,00	0,80	1,00	2,90	3,00	1,48	wahrscheinlich ungeeignet
25	0,20	1,34	2,00	0,90	2,80	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
26	0,30	1,34	1,40	0,60	2,90	3,00	1,55	wahrscheinlich geeignet
27	0,30	3,00	2,60	1,90	2,90	3,00	2,71	sehr wahrscheinlich geeignet
28	0,20	2,00	2,00	0,90	2,80	3,00	1,94	wahrscheinlich geeignet
29	0,20	3,00	3,00	2,30	2,80	3,00	2,79	sehr wahrscheinlich geeignet
30	0,20	3,00	2,60	1,20	2,80	3,00	2,52	sehr wahrscheinlich geeignet
31	0,30	1,66	2,20	1,90	2,80	3,00	2,02	wahrscheinlich geeignet
32	0,30	1,34	1,40	0,30	2,90	3,00	1,48	wahrscheinlich ungeeignet
33	0,30	3,00	3,00	1,20	2,90	3,00	2,53	sehr wahrscheinlich geeignet
34	0,20	1,34	2,00	0,60	2,90	3,00	1,55	wahrscheinlich geeignet
35	0,20	3,00	2,60	1,80	2,80	3,00	2,67	sehr wahrscheinlich geeignet
36	0,20	1,00	1,00	0,60	2,80	3,00	1,37	wahrscheinlich ungeeignet
37	0,10	1,00	1,00	0,90	1,90	3,00	1,29	wahrscheinlich ungeeignet
38	-	-	1,60	0,60	1,40	3,00	0,63	sehr wahrscheinlich ungeeignet
39	-	0,34	2,20	0,60	2,30	3,00	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
40	-	1,34	1,40	0,90	2,30	3,00	1,53	wahrscheinlich geeignet
41	0,20	0,34	0,80	0,60	1,10	3,00	0,75	wahrscheinlich ungeeignet
42	0,20	1,34	0,40	0,30	2,90	3,00	1,48	wahrscheinlich ungeeignet
43	0,20	2,00	2,60	1,90	2,90	3,00	2,21	wahrscheinlich geeignet
44	0,20	1,34	0,80	0,30	2,90	3,00	1,48	wahrscheinlich ungeeignet
45	0,20	3,00	3,00	1,50	2,90	3,00	2,61	sehr wahrscheinlich geeignet
46	0,20	2,00	3,00	1,20	2,90	3,00	2,03	wahrscheinlich geeignet
47	0,20	2,00	1,40	0,60	2,90	3,00	1,88	wahrscheinlich geeignet
48	0,20	2,00	2,60	1,50	3,00	2,00	2,04	wahrscheinlich geeignet
49	0,10	1,34	1,00	0,60	2,90	3,00	1,55	wahrscheinlich geeignet
50	0,10	2,66	2,60	1,50	3,00	-	2,21	wahrscheinlich geeignet
51	0,10	1,00	1,40	0,30	2,00	3,00	1,16	wahrscheinlich ungeeignet
52	0,10	1,34	1,80	0,90	2,90	3,00	1,63	wahrscheinlich geeignet
53	0,10	1,34	1,20	0,60	2,50	3,00	1,49	wahrscheinlich ungeeignet
54	-	-	1,40	0,90	2,00	3,00	0,81	wahrscheinlich ungeeignet
55	-	1,00	1,60	0,60	1,90	3,00	1,22	wahrscheinlich ungeeignet
56	-	-	2,60	0,60	0,60	3,00	0,50	sehr wahrscheinlich ungeeignet
57	-	0,66	1,60	1,20	1,00	3,00	1,05	wahrscheinlich ungeeignet
58	-	-	1,60	0,90	1,80	3,00	0,78	wahrscheinlich ungeeignet
59	-	0,34	1,60	1,20	2,30	3,00	1,10	wahrscheinlich ungeeignet
60	-	3,00	1,60	1,80	2,50	-	2,37	sehr wahrscheinlich geeignet

Teilgebiete *ID*	WN status Quo *Punkte*	Bedarfs-dichte *Punkte*	Siedlungs-struktur *Punkte*	Anker-kunden *Punkte*	ErneuerbareEnergie / Abwärme status quo *Punkte*	Hochtemperatur-bedarf *Punkte*	Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
61	-	0,34	1,60	0,60	1,80	3,00	0,87	wahrscheinlich ungeeignet
62	-	1,00	1,60	0,60	1,40	3,00	1,13	wahrscheinlich ungeeignet
63	-	1,00	1,60	1,30	1,80	3,00	1,38	wahrscheinlich ungeeignet
64	-	1,32	2,20	0,60	1,60	3,00	1,33	wahrscheinlich ungeeignet
65	-	-	0,80	-	0,20	3,00	0,28	sehr wahrscheinlich ungeeignet
66	-	1,34	1,00	0,30	2,90	3,00	1,48	wahrscheinlich ungeeignet
67	-	1,00	2,60	2,30	2,60	3,00	1,76	wahrscheinlich geeignet
68	-	0,34	0,40	0,60	1,90	3,00	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
69	-	1,00	1,60	0,60	1,80	3,00	1,20	wahrscheinlich ungeeignet
70	-	-	1,60	0,60	0,90	3,00	0,55	sehr wahrscheinlich ungeeignet
71	-	-	0,40	0,60	-	3,00	0,40	sehr wahrscheinlich ungeeignet
72	-	-	1,60	0,90	0,90	3,00	0,63	sehr wahrscheinlich ungeeignet
73	-	-	1,00	0,60	0,50	3,00	0,48	sehr wahrscheinlich ungeeignet
74	-	1,00	1,40	0,90	1,40	3,00	1,21	wahrscheinlich ungeeignet
75	-	1,00	1,60	1,30	1,80	3,00	1,38	wahrscheinlich ungeeignet
76	-	0,34	1,00	0,60	1,40	3,00	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
77	-	0,66	1,00	0,90	0,50	3,00	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
78	-	1,00	1,60	0,90	1,80	3,00	1,28	wahrscheinlich ungeeignet
79	-	1,00	1,60	0,60	1,40	3,00	1,13	wahrscheinlich ungeeignet
80	-	1,00	1,40	1,70	1,30	3,00	1,39	wahrscheinlich ungeeignet
81	-	1,00	1,60	0,90	1,80	3,00	1,28	wahrscheinlich ungeeignet
82	-	1,00	1,60	0,60	2,30	3,00	1,28	wahrscheinlich ungeeignet
83	-	0,34	0,40	0,60	1,80	3,00	0,87	wahrscheinlich ungeeignet
84	-	0,34	1,60	0,60	2,30	3,00	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
85	-	0,34	1,00	0,60	1,80	3,00	0,87	wahrscheinlich ungeeignet
86	-	0,34	1,60	0,30	2,30	3,00	0,88	wahrscheinlich ungeeignet
87	-	-	0,40	0,30	1,00	3,00	0,49	sehr wahrscheinlich ungeeignet
88	-	-	0,80	0,30	1,50	3,00	0,58	sehr wahrscheinlich ungeeignet
89	-	2,00	1,40	0,90	2,90	3,00	1,96	wahrscheinlich geeignet
90	-	1,00	1,40	0,90	1,00	3,00	1,14	wahrscheinlich ungeeignet
91	-	1,00	1,60	1,20	1,80	3,00	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
92	-	-	0,40	0,90	0,50	3,00	0,56	sehr wahrscheinlich ungeeignet
93	-	0,34	1,60	0,90	1,40	3,00	0,88	wahrscheinlich ungeeignet
94	-	-	1,00	-	1,40	3,00	0,48	sehr wahrscheinlich ungeeignet
95	-	-	0,40	1,50	1,90	3,00	0,94	wahrscheinlich ungeeignet
96	-	0,66	2,20	1,50	0,50	3,00	1,04	wahrscheinlich ungeeignet
97	-	0,34	1,00	0,90	2,30	3,00	1,03	wahrscheinlich ungeeignet
98	-	0,66	1,60	1,20	1,50	3,00	1,13	wahrscheinlich ungeeignet
99	-	1,66	2,00	1,60	2,10	3,00	1,83	wahrscheinlich geeignet
100	-	0,66	1,60	0,90	1,50	3,00	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
101	-	0,34	0,40	0,60	1,90	3,00	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
102	-	0,34	1,60	0,60	1,50	3,00	0,82	wahrscheinlich ungeeignet
103	-	0,34	1,00	0,60	1,80	3,00	0,87	wahrscheinlich ungeeignet
104	-	-	1,60	0,30	0,50	3,00	0,41	sehr wahrscheinlich ungeeignet
105	-	0,34	1,60	0,90	1,80	2,00	0,86	wahrscheinlich ungeeignet
106	-	1,98	1,80	1,80	2,70	3,00	2,14	wahrscheinlich geeignet

Tabelle 16: Eignungsprüfung § 14 WPG zur Versorgung durch Wasserstoffnetze

Teilgebiete *ID*	Gasnetz vorhanden *Punkte*	Gasbedarf *Punkte*	H2-Verteilnetz geplant *Punkte*	Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
1	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
2	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
3	2,8	0,6	0	1,63	wahrscheinlich geeignet
4	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
5	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
6	2,8	0,2	0	1,57	wahrscheinlich geeignet
7	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
8	3	0,6	0	1,74	wahrscheinlich geeignet
9	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
10	2,8	0,4	0	1,60	wahrscheinlich geeignet
11	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
12	0,8	0	0	0,44	sehr wahrscheinlich ungeeignet
13	0,8	0	1	0,74	sehr wahrscheinlich ungeeignet
14	2,8	1,2	1	2,02	wahrscheinlich geeignet
15	2,8	0,2	1	1,87	wahrscheinlich geeignet
16	2,8	0	1	1,84	wahrscheinlich geeignet
17	2,8	0,2	1	1,87	wahrscheinlich geeignet
18	2,6	0,4	1	1,79	wahrscheinlich geeignet
19	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
20	0,8	0	1	0,74	sehr wahrscheinlich ungeeignet
21	2,8	0	1	1,84	wahrscheinlich geeignet
22	2,8	0	1	1,84	wahrscheinlich geeignet
23	2,8	0,4	0	1,60	wahrscheinlich geeignet
24	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
25	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
26	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
27	2,8	0,4	1	1,90	wahrscheinlich geeignet
28	2,8	0	1	1,84	wahrscheinlich geeignet
29	2,8	0,2	1	1,87	wahrscheinlich geeignet
30	2,8	0,4	0	1,60	wahrscheinlich geeignet
31	3	0,2	0	1,68	wahrscheinlich geeignet
32	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
33	2,8	0,2	0	1,57	wahrscheinlich geeignet
34	2,8	0	1	1,84	wahrscheinlich geeignet
35	2,6	0,6	1	1,82	wahrscheinlich geeignet
36	2,6	0	1	1,73	wahrscheinlich geeignet
37	0,8	0	1	0,74	sehr wahrscheinlich ungeeignet
38	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
39	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
40	0,8	0	1	0,74	sehr wahrscheinlich ungeeignet
41	2,6	0	1	1,73	wahrscheinlich geeignet
42	2,8	0	1	1,84	wahrscheinlich geeignet
43	2,6	0,4	0	1,49	wahrscheinlich ungeeignet
44	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
45	3	0,4	0	1,71	wahrscheinlich geeignet
46	2,8	0,4	0	1,60	wahrscheinlich geeignet
47	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
48	2,6	1,2	0	1,61	wahrscheinlich geeignet
49	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
50	2,8	2,4	0	1,90	wahrscheinlich geeignet

Teilgebiete *ID*	Gasnetz vorhanden *Punkte*	Gasbedarf *Punkte*	H2-Verteilnetz geplant *Punkte*	Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
51	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
52	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
53	2,8	0	0	1,54	wahrscheinlich geeignet
54	2,6	0	0	1,43	wahrscheinlich ungeeignet
55	0,8	0	0	0,44	sehr wahrscheinlich ungeeignet
56	2,6	0	1	1,73	wahrscheinlich geeignet
57	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
58	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
59	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
60	2,6	2,4	1	2,09	wahrscheinlich geeignet
61	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
62	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
63	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
64	0,8	0	1	0,74	sehr wahrscheinlich ungeeignet
65	2,4	0	1	1,62	wahrscheinlich geeignet
66	2,6	0	1	1,73	wahrscheinlich geeignet
67	2,6	0,4	1	1,79	wahrscheinlich geeignet
68	1,6	0	1	1,18	wahrscheinlich ungeeignet
69	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
70	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
71	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
72	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
73	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
74	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
75	1,6	0	1	1,18	wahrscheinlich ungeeignet
76	1,6	0	1	1,18	wahrscheinlich ungeeignet
77	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
78	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
79	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
80	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
81	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
82	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
83	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
84	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
85	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
86	0,8	0	2	1,04	wahrscheinlich ungeeignet
87	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
88	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
89	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
90	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
91	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
92	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
93	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
94	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
95	0	0	1	0,30	sehr wahrscheinlich ungeeignet
96	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
97	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
98	0	0,2	2	0,63	sehr wahrscheinlich ungeeignet
99	0	0,4	2	0,66	sehr wahrscheinlich ungeeignet
100	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
101	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
102	0	0	2	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
103	0,8	0	3	1,34	wahrscheinlich ungeeignet
104	0	0	3	0,90	wahrscheinlich ungeeignet
105	0	0,6	3	0,99	wahrscheinlich ungeeignet
106	0	0,4	2	0,66	sehr wahrscheinlich ungeeignet

10.2 Liste der Ausschluss- und Eignungsflächen

Kriterium	Datenquelle	Solarthermie/PV				Geothermie			
		Potenziell geeignete Fläche	Ausschlusskriterium	Einschränkung	Sonstige Einschränkung (EGS-plan	Potenziell geeignete Fläche	Ausschlusskriterium	Einschränkung	Sonstige Einschränkung (EGS-plan
Ackerland in benachteiligten Gebieten	ALKIS/LUBW	x				x			
Seitenrandstreifen an Autobahnen und Bahnstrecken	LUBW	x				x			
Konversionsflächen (wie z.B. stillgelegte Abfalldeponien, Tagebau, Grube und Steinbrüche)	LUBW	x				x			
Flurstücke nach ALKIS-Nutzung Grünland, Unland, vegetationslose Flächen, Parkplätze, Halden, Brachland	ALKIS	x				x			
Siedlungsflächen	ALKIS		x				x		
Straßen (Autobahnen, Straßen und Wege)	ALKIS		x				x		
Schienenstrecken	ALKIS		x				x		
Flughäfen und Flugplätze	ALKIS		x				x		
Gewässer (Fließgewässer und stehende Gewässer)	ALKIS		x				x		
Wald- und Forstflächen	ALKIS		x				x		
Nationalpark	UIS / LUBW		x				x		
Naturschutzgebiet (NSG)	UIS / LUBW		x				x		
Waldschutzgebiet (Bann- und Schonwälder)	LUBW		x				x		
Biosphärengebiet - Kernzone	UIS / LUBW		x				x		
Biosphärengebiet - Entwicklungszone	UIS / LUBW			x				x	
Biosphärengebiet - Pflegezone	UIS / LUBW			x				x	
Naturdenkmal (END und FND)	LUBW		x				x		
Wasserschutzgebiete Zone I-IIIA	LUBW		x				x		
Wasserschutzgebiet Zone IIIB	LUBW							x	
Quellschutzgebiete	LUBW						x		
Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone I (bestehend und im Verfahren)	UIS		x						
Wasser- und Heilquellenschutzgebiete Zone II (bestehend und im Verfahren) und Überschwemmungsgebiete	UIS		x						
Überschwemmungsgebiete	LUBW		x				x		
HQ100	LUBW			x				x	
Geschützte Biotope, Biotope Landesweit	LUBW		x				x		
SPA-Gebiet (Vogelschutzgebiet)	LUBW			x				x	
Biotopverbund Offenland inkl. Generalwild	LUBW			x				x	
Biotopverbund Gewässerlandschaften	LUBW				x				x
Biotopverbund Suchraum 500 m	LUBW			x				x	
FFH-Mähwiesen	LUBW			x				x	
FFH-Gebiet	LUBW			x				x	
Landschaftsschutzgebiet (LSG)	LUBW			x				x	
Naturpark	LUBW				x				x
Grünzug	Regionalplan								
Grünzäsur	Regionalplan		x				x		
Ramsar-Gebiet	LUBW		x				x		
Streuobst Klassen 3-5	LUBW		x				x		
Feldvogelkulisse	LUBW				x				x

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

10.3 Emissionsfaktoren in der kommunalen Wärmeplanung

Tabelle 17: Zeitliche Entwicklung der Emissionsfaktoren nach Energieträgern in kg/kWh[11]

	2023	2030	2035	2040
Abwärme	*0,040*	*0,038*	*0,037*	*0,036*
Strom	*0,419*	*0,110*	*0,045*	*0,025*
Solarthermie	*0,000*	*0,000*	*0,000*	*0,000*
Biomasse	*0,020*	*0,020*	*0,020*	*0,020*
Grünes Gas (grüner H_2)	*0,325*	*0,043*	*0,035*	*0,028*
Heizöl	*0,310*	*0,310*	*0,310*	*0,310*
Erdgas	*0,240*	*0,240*	*0,240*	*0,240*

Quelle: Technikkatalog i.A. des BMWK und BMWSB

[11] Angelehnt an die Emissionsfaktoren des dena-Technikkatalogs für die kommunale Wärmeplanung

10.4 Detailergebnisse der Zielszenarien nach Kapitel

Hinweis: Nummerierung der Teilgebiete ist in Abbildung 71 *einsehbar*

Tabelle 18: Wärmebedarfe der Teilgebiete

Teilgebiete *ID*	Wärmebedarf status Quo *MWh/a*	Wärmebedarf Zieljahr *MWh/a*	Teilgebiete *ID*	Wärmebedarf status Quo *MWh/a*	Wärmebedarf Zieljahr *MWh/a*
1	1.178	894	**54**	814	657
2	1.925	1.510	**55**	789	512
3	3.733	2.085	**56**	363	208
4	450	367	**57**	572	369
5	1.831	1.322	**58**	122	75
6	2.897	1.992	**59**	930	577
7	2.258	1.914	**60**	9.344	5.545
8	11.408	9.466	**61**	1.135	680
9	918	764	**62**	515	345
10	1.798	1.528	**63**	1.608	1.078
11	4.891	3.898	**64**	418	299
12	580	376	**65**	162	153
13	265	145	**66**	1.770	1.206
14	2.826	2.211	**67**	1.901	1.475
15	5.974	4.395	**68**	200	125
16	841	714	**69**	1.518	865
17	2.706	2.162	**70**	455	296
18	8.333	5.790	**71**	619	391
19	766	459	**72**	754	513
20	407	234	**73**	536	346
21	2.967	2.057	**74**	1.058	652
22	1.131	997	**75**	1.296	861
23	1.570	1.509	**76**	1.162	796
24	835	574	**77**	292	143
25	424	294	**78**	1.158	723
26	2.143	1.514	**79**	1.891	1.226
27	3.219	1.872	**80**	1.156	883
28	1.420	1.120	**81**	1.451	915
29	1.511	1.218	**82**	562	373
30	3.405	1.671	**83**	1.442	995
31	629	629	**84**	395	257
32	1.661	1.304	**85**	809	482
33	13.153	10.130	**86**	616	338
34	1.959	1.350	**87**	199	181
35	3.364	3.030	**88**	919	649
36	1.293	929	**89**	2.690	1.795
37	1.765	1.116	**90**	1.404	843
38	301	216	**91**	483	307
39	150	81	**92**	465	253
40	331	208	**93**	1.054	626
41	2.335	1.942	**94**	555	328
42	2.218	1.717	**95**	468	354
43	5.596	3.966	**96**	555	310
44	2.564	1.974	**97**	201	117
45	3.965	2.195	**98**	1.105	665
46	2.074	1.518	**99**	4.103	2.810
47	3.612	2.562	**100**	648	475
48	2.499	1.926	**101**	391	237
49	3.978	3.046	**102**	294	188
50	3.116	2.482	**103**	448	245
51	858	638	**104**	296	199
52	898	620	**105**	943	522
53	654	642	**106**	591	354

Tabelle 19: Eignungsbewertung Wärmenetze für maßgebliches Zielszenario

Teilgebiete ID	WN status Quo *Punkte*	Bedarfs-dichte *Punkte*	Siedlungs-struktur *Punkte*	Anker-kunden *Punkte*	Hochtemperatur-bedarf *Punkte*	voraussichtliche Wärmegestehungskosten *Punkte*	ErneuerbareEnergie / Abwärme status quo *Punkte*	Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit *Punkte*	kumulierte Treibhausgasemissionen *Punkte*		Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
1	1,00	1,00	1,00	0,80	3,00	1,50	3,00	3,00		1,50	1,89	wahrscheinlich geeignet
2	0,71	1,00	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,09	wahrscheinlich ungeeignet
3	1,71	2,00	2,00	0,60	3,00	1,50	3,00	3,00		1,50	2,17	wahrscheinlich geeignet
4	1,14	1,00	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,17	wahrscheinlich ungeeignet
5	1,14	1,00	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,17	wahrscheinlich ungeeignet
6	1,00	1,34	1,40	-	3,00	1,50	3,00	3,00		1,50	1,90	wahrscheinlich geeignet
7	1,57	2,00	3,00	0,90	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,45	wahrscheinlich ungeeignet
8	1,28	2,66	3,00	0,90	3,00	1,50	0,90	2,14		1,50	1,53	wahrscheinlich geeignet
9	1,14	1,34	1,00	-	3,00	1,50	1,60	2,48		1,50	1,48	wahrscheinlich ungeeignet
10	1,14	1,34	2,40	0,60	3,00	1,50	0,90	1,74		1,50	1,27	wahrscheinlich ungeeignet
11	1,14	1,34	0,80	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,22	wahrscheinlich ungeeignet
12	0,71	0,34	2,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	0,99	wahrscheinlich ungeeignet
13	0,43	-	2,00	0,90	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
14	1,00	1,34	2,60	0,90	2,00	1,50	1,60	2,26		1,50	1,44	wahrscheinlich ungeeignet
15	1,14	1,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	2,08		1,50	1,25	wahrscheinlich ungeeignet
16	1,14	1,34	2,40	0,60	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,25	wahrscheinlich ungeeignet
17	1,14	1,00	2,60	0,60	3,00	1,50	3,00	3,00		1,50	1,91	wahrscheinlich geeignet
18	1,00	1,34	1,40	0,30	3,00	1,50	1,60	2,48		1,50	1,47	wahrscheinlich ungeeignet
19	0,43	1,00	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,03	wahrscheinlich ungeeignet
20	0,43	0,34	2,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
21	1,14	1,34	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,63		1,50	1,23	wahrscheinlich ungeeignet
22	1,14	1,34	0,80	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,22	wahrscheinlich ungeeignet
23	1,71	1,66	2,00	2,10	3,00	1,50	0,90	1,53		1,50	1,49	wahrscheinlich ungeeignet
24	1,28	0,34	0,80	0,40	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,12	wahrscheinlich ungeeignet
25	1,14	0,68	2,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,13	wahrscheinlich ungeeignet
26	1,28	1,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,54		1,50	1,25	wahrscheinlich ungeeignet
27	1,71	2,00	2,60	0,90	3,00	1,50	0,90	1,61		1,50	1,49	wahrscheinlich ungeeignet
28	1,14	2,00	2,00	0,30	3,00	1,50	0,90	1,54		1,50	1,34	wahrscheinlich ungeeignet
29	1,14	2,34	3,00	1,70	3,00	1,50	0,90	1,61		1,50	1,46	wahrscheinlich ungeeignet
30	1,14	1,34	2,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,61		1,50	1,24	wahrscheinlich ungeeignet
31	1,71	1,66	2,20	1,00	3,00	1,50	0,90	1,56		1,50	1,44	wahrscheinlich ungeeignet
32	1,28	1,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,25	wahrscheinlich ungeeignet
33	1,28	3,00	3,00	0,60	3,00	1,50	2,30	2,43		1,50	2,00	wahrscheinlich geeignet
34	1,14	1,34	2,00	-	3,00	1,50	0,90	1,82		1,50	1,24	wahrscheinlich ungeeignet
35	1,14	3,00	2,60	0,90	3,00	1,50	3,00	2,59		1,50	2,20	wahrscheinlich geeignet
36	1,14	0,34	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,07	wahrscheinlich ungeeignet
37	0,57	0,34	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	0,96	wahrscheinlich ungeeignet
38	0,43	0,34	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
39	0,86	-	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	0,97	wahrscheinlich ungeeignet
40	0,86	0,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,02	wahrscheinlich ungeeignet
41	0,28	1,00	0,80	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,00	wahrscheinlich ungeeignet
42	1,14	1,34	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,22	wahrscheinlich ungeeignet
43	1,14	2,00	2,60	1,00	3,00	1,50	0,90	1,52		1,50	1,37	wahrscheinlich ungeeignet
44	0,71	1,34	0,80	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,14	wahrscheinlich ungeeignet
45	1,14	3,00	3,00	0,90	3,00	1,50	3,00	3,00		1,50	2,22	wahrscheinlich geeignet
46	1,14	2,00	3,00	0,60	3,00	1,50	0,90	1,93		1,50	1,37	wahrscheinlich ungeeignet
47	1,14	1,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,87		1,50	1,24	wahrscheinlich ungeeignet
48	1,14	1,34	2,60	0,60	1,00	1,50	0,90	1,71		1,50	1,16	wahrscheinlich ungeeignet
49	1,00	1,00	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,59		1,50	1,15	wahrscheinlich ungeeignet
50	1,00	2,66	2,60	0,90	-	1,50	3,00	2,65		1,50	1,98	wahrscheinlich geeignet
51	0,57	1,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,11	wahrscheinlich ungeeignet
52	1,00	1,34	1,80	-	3,00	1,50	3,00	3,00		1,50	1,90	wahrscheinlich geeignet
53	0,57	1,34	1,20	-	3,00	1,50	0,90	1,50		1,50	1,11	wahrscheinlich ungeeignet

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

Teilgebiete ID	WN status Quo Punkte	Bedarfs-dichte Punkte	Siedlungs-struktur Punkte	Anker-kunden Punkte	Hochtemperatur-bedarf Punkte	voraussichtliche Wärmegestehungskosten Punkte	EmeuerbareEnergie / Abwärme status quo Punkte	Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit Punkte	kumulierte Treibhausgasemissionen Punkte	Gesamtpunkte je Teilgebiet Punkte	Gesamtergebnis je Teilgebiet Eignung
54	0,43	0,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
55	-	0,34	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
56	0,43	0,34	2,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
57	0,43	1,00	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,05	wahrscheinlich ungeeignet
58	0,43	-	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,88	wahrscheinlich ungeeignet
59	0,43	0,34	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
60	0,43	3,00	1,60	0,90	-	1,50	2,30	2,07	1,50	1,67	wahrscheinlich geeignet
61	0,43	0,34	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
62	0,43	1,00	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,05	wahrscheinlich ungeeignet
63	0,43	1,00	1,60	0,70	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,07	wahrscheinlich ungeeignet
64	0,86	1,00	2,20	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,13	wahrscheinlich ungeeignet
65	-	0,34	0,80	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
66	0,86	1,00	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,12	wahrscheinlich ungeeignet
67	0,86	1,00	2,60	1,40	3,00	1,50	3,00	3,00	1,50	1,89	wahrscheinlich geeignet
68	0,43	-	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,88	wahrscheinlich ungeeignet
69	0,43	0,34	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
70	0,43	0,34	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
71	-	0,34	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
72	-	1,00	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
73	-	0,34	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
74	0,43	1,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,08	wahrscheinlich ungeeignet
75	0,43	1,00	1,60	0,70	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,07	wahrscheinlich ungeeignet
76	0,43	1,00	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,03	wahrscheinlich ungeeignet
77	0,43	-	1,00	0,90	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
78	0,43	1,00	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,03	wahrscheinlich ungeeignet
79	0,43	1,34	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,10	wahrscheinlich ungeeignet
80	-	1,34	1,40	0,80	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,04	wahrscheinlich ungeeignet
81	0,43	1,00	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,05	wahrscheinlich ungeeignet
82	0,43	1,00	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,03	wahrscheinlich ungeeignet
83	0,43	0,34	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
84	0,86	1,00	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,13	wahrscheinlich ungeeignet
85	0,86	0,34	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,02	wahrscheinlich ungeeignet
86	0,43	0,34	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
87	-	0,34	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
88	-	0,34	0,80	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
89	0,86	1,34	1,40	0,40	3,00	1,50	3,00	2,61	1,50	1,87	wahrscheinlich geeignet
90	-	1,34	1,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,00	wahrscheinlich ungeeignet
91	-	0,34	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,86	wahrscheinlich ungeeignet
92	-	1,00	0,40	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
93	0,43	0,34	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
94	0,43	0,34	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
95	0,43	1,00	1,00	0,60	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
96	-	1,34	2,20	0,60	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,03	wahrscheinlich ungeeignet
97	0,43	0,34	1,00	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
98	-	0,34	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,86	wahrscheinlich ungeeignet
99	0,43	2,00	2,00	0,70	3,00	1,50	1,60	2,09	1,50	1,46	wahrscheinlich ungeeignet
100	-	1,00	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,96	wahrscheinlich ungeeignet
101	-	0,34	0,40	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,86	wahrscheinlich ungeeignet
102	0,43	0,34	1,60	0,30	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
103	0,43	0,34	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,93	wahrscheinlich ungeeignet
104	-	0,66	1,60	-	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
105	0,43	-	1,60	-	2,00	1,50	0,90	1,50	1,50	0,83	wahrscheinlich ungeeignet
106	1,29	1,98	1,80	0,90	3,00	1,50	0,90	1,50	1,50	1,40	wahrscheinlich ungeeignet

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

Tabelle 20: Eignungsbewertung Wasserstoffnetze für maßgebliches Zielszenario

Teilgebiete ID	Gasnetz vorhanden *Punkte*	Gasbedarf *Punkte*	H2-Verteilnetz geplant *Punkte*	voraussichtliche Wärmegestehungskosten *Punkte*	Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit *Punkte*	kumulierte Treibhausgasemissionen *Punkte*	Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
1	1,6	0	0	3	0	0	0,54	sehr wahrscheinlich ungeeignet
2	1,7	0	0	3	0	0	0,56	sehr wahrscheinlich ungeeignet
3	1,7	0,3	0	3	0	0	0,59	sehr wahrscheinlich ungeeignet
4	1,1	0	0	3	0	0	0,47	sehr wahrscheinlich ungeeignet
5	1	0	0	3	0	0	0,45	sehr wahrscheinlich ungeeignet
6	1,1	0	0	3	0	0	0,47	sehr wahrscheinlich ungeeignet
7	1,7	0,3	0	3	0	0	0,59	sehr wahrscheinlich ungeeignet
8	1,8	0,9	0	3	0	0	0,66	sehr wahrscheinlich ungeeignet
9	1,1	0	0	3	0	0	0,47	sehr wahrscheinlich ungeeignet
10	1,6	0,3	0	3	0	0	0,57	sehr wahrscheinlich ungeeignet
11	1,1	0	0	3	0	0	0,47	sehr wahrscheinlich ungeeignet
12	0,6	0	0	3	0	0	0,39	sehr wahrscheinlich ungeeignet
13	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
14	2,3	0,9	1	3	0	0	1,24	wahrscheinlich ungeeignet
15	2,9	0	1	3	0	0	1,24	wahrscheinlich ungeeignet
16	1,7	0	1	3	0	0	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
17	1,7	0,3	1	3	0	0	1,09	wahrscheinlich ungeeignet
18	1,6	0,3	1	3	0	0	1,07	wahrscheinlich ungeeignet
19	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
20	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
21	1,7	0	1	3	0	0	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
22	1,7	0	1	3	0	0	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
23	1,1	0,3	0	3	0	0	0,50	sehr wahrscheinlich ungeeignet
24	1	0	0	3	0	0	0,45	sehr wahrscheinlich ungeeignet
25	1	0	0	3	0	0	0,45	sehr wahrscheinlich ungeeignet
26	1,6	0	0	3	0	0	0,54	sehr wahrscheinlich ungeeignet
27	1,7	0,3	1	3	0	0	1,09	wahrscheinlich ungeeignet
28	1,7	0	1	3	0	0	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
29	2,3	0	1	3	0	0	1,15	wahrscheinlich ungeeignet
30	1,7	0	0	3	0	0	0,56	sehr wahrscheinlich ungeeignet
31	2,4	0,3	0	3	0	0	0,69	sehr wahrscheinlich ungeeignet
32	1,6	0	0	3	0	0	0,54	sehr wahrscheinlich ungeeignet
33	2,9	0,3	0	3	0	0	0,77	wahrscheinlich ungeeignet
34	1,7	0	1	3	0	0	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
35	1,6	0,9	1	3	0	0	1,13	wahrscheinlich ungeeignet
36	1,6	0	1	3	0	0	1,04	wahrscheinlich ungeeignet
37	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
38	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
39	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
40	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
41	1,6	0	1	3	0	0	1,04	wahrscheinlich ungeeignet
42	1,7	0	1	3	0	0	1,06	wahrscheinlich ungeeignet
43	1,6	0,3	0	3	0	0	0,57	sehr wahrscheinlich ungeeignet
44	1,6	0	0	3	0	0	0,54	sehr wahrscheinlich ungeeignet
45	1,7	0	0	3	0	0	0,56	sehr wahrscheinlich ungeeignet
46	1,7	0	0	3	0	0	0,56	sehr wahrscheinlich ungeeignet
47	1,6	0	0	3	0	0	0,54	sehr wahrscheinlich ungeeignet
48	1	1,5	0	3	0	0	0,60	sehr wahrscheinlich ungeeignet
49	1,1	0	0	3	0	0	0,47	sehr wahrscheinlich ungeeignet
50	1,1	2,7	0	3	0	0	0,74	sehr wahrscheinlich ungeeignet
51	1,7	0	0	3	0	0	0,56	sehr wahrscheinlich ungeeignet
52	2,3	0	0	3	0	0	0,65	sehr wahrscheinlich ungeeignet
53	1,7	0	0	3	0	0	0,56	sehr wahrscheinlich ungeeignet

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

Teilgebiete ID	Gasnetz vorhanden Punkte	Gasbedarf Punkte	H2-Verteilnetz geplant Punkte	voraussichtliche Wärmegestehungskosten Punkte	Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit Punkte	kumulierte Treibhausgasemissionen Punkte	Gesamtpunkte je Teilgebiet Punkte	Gesamtergebnis je Teilgebiet Eignung
54	1	0	0	3	0	0	0,45	sehr wahrscheinlich ungeeignet
55	0,6	0	0	3	0	0	0,39	sehr wahrscheinlich ungeeignet
56	1	0	1	3	0	0	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
57	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
58	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
59	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
60	2,2	2,7	1	3	0	0	1,40	wahrscheinlich ungeeignet
61	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
62	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
63	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
64	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
65	2,1	0	1	3	0	0	1,12	wahrscheinlich ungeeignet
66	1	0	1	3	0	0	0,95	wahrscheinlich ungeeignet
67	1	0,3	1	3	0	0	0,98	wahrscheinlich ungeeignet
68	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
69	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
70	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
71	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet
72	0,3	0	2	3	0	0	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
73	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
74	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
75	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
76	0,6	0	1	3	0	0	0,89	wahrscheinlich ungeeignet
77	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
78	0,3	0	1	3	0	0	0,85	wahrscheinlich ungeeignet
79	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
80	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
81	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
82	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
83	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
84	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet
85	0,3	0	2	3	0	0	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
86	0,6	0	2	3	0	0	1,39	wahrscheinlich ungeeignet
87	0,3	0	2	3	0	0	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
88	0,3	0	2	3	0	0	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
89	0,3	0	2	3	0	0	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
90	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet
91	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
92	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
93	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
94	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
95	0	0	1	3	0	0	0,80	wahrscheinlich ungeeignet
96	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet
97	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet
98	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet
99	0	0,6	2	3	0	0	1,36	wahrscheinlich ungeeignet
100	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet
101	0,3	0	2	3	0	0	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
102	0,3	0	2	3	0	0	1,35	wahrscheinlich ungeeignet
103	0,6	0	3	3	0	0	1,89	wahrscheinlich geeignet
104	0,3	0	3	3	0	0	1,85	wahrscheinlich geeignet
105	0,3	0,6	3	3	0	0	1,91	wahrscheinlich geeignet
106	0	0	2	3	0	0	1,30	wahrscheinlich ungeeignet

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de

Tabelle 21: Eignungsbewertung für dezentrale Versorgungen für maßgebliches Zielszenario

Teilgebiete *ID*	voraussichtliche Wärmegestehungskosten *Punkte*	ErneuerbareEnergie / Abwärme status quo *Punkte*	Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit *Punkte*	kumulierte Treibhausgasemissionen *Punkte*	Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
1	-	1,80	2,58	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
2	-	1,80	2,95	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
3	-	1,80	2,83	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
4	-	2,20	2,93	3,00	1,88	wahrscheinlich geeignet
5	-	3,00	2,86	3,00	2,39	sehr wahrscheinlich geeignet
6	-	3,00	2,89	3,00	2,39	sehr wahrscheinlich geeignet
7	-	1,80	2,50	3,00	1,59	wahrscheinlich geeignet
8	-	1,80	2,26	3,00	1,58	wahrscheinlich geeignet
9	-	1,80	2,94	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
10	-	1,80	2,72	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
11	-	1,80	2,90	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
12	-	1,80	2,83	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
13	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
14	-	1,80	2,09	3,00	1,57	wahrscheinlich geeignet
15	-	1,80	2,67	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
16	-	1,80	2,68	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
17	-	1,80	2,82	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
18	-	1,80	2,58	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
19	-	1,80	2,72	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
20	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
21	-	1,80	2,76	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
22	-	1,80	2,75	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
23	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
24	-	1,80	2,95	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
25	-	1,80	2,93	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
26	-	1,80	2,69	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
27	-	1,80	2,63	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
28	-	1,80	2,36	3,00	1,59	wahrscheinlich geeignet
29	-	1,80	2,12	3,00	1,58	wahrscheinlich geeignet
30	-	1,80	2,71	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
31	-	1,80	2,10	3,00	1,57	wahrscheinlich geeignet
32	-	1,80	2,35	3,00	1,59	wahrscheinlich geeignet
33	-	1,80	1,85	3,00	1,56	wahrscheinlich geeignet
34	-	1,80	2,84	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
35	-	1,80	2,84	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
36	-	1,80	2,72	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
37	-	1,80	2,68	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
38	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
39	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
40	-	1,80	2,88	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
41	-	1,80	2,59	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
42	-	1,80	2,89	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
43	-	1,80	2,45	3,00	1,59	wahrscheinlich geeignet
44	-	1,80	2,99	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
45	-	1,80	2,73	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
46	-	1,80	2,48	3,00	1,59	wahrscheinlich geeignet
47	-	1,80	2,47	3,00	1,59	wahrscheinlich geeignet
48	-	1,80	2,86	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
49	-	1,80	2,86	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
50	-	1,80	2,99	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
51	-	1,80	2,82	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
52	-	1,80	2,60	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
53	-	1,80	2,81	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
54	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
55	-	1,80	2,94	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
56	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
57	-	1,80	2,99	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
58	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
59	-	1,80	2,83	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
60	-	1,80	1,88	3,00	1,56	wahrscheinlich geeignet

Teilgebiete *ID*	voraussichtliche Wärmegestehungskosten *Punkte*	ErneuerbareEnergie / Abwärme status quo *Punkte*	Realisierungsrisiko & Versorgungssicherheit *Punkte*	kumulierte Treibhausgasemissionen *Punkte*	Gesamtpunkte je Teilgebiet *Punkte*	Gesamtergebnis je Teilgebiet *Eignung*
61	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
62	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
63	-	3,00	2,86	3,00	2,39	sehr wahrscheinlich geeignet
64	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
65	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
66	-	3,00	2,94	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
67	-	3,00	2,98	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
68	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
69	-	3,00	2,98	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
70	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
71	-	3,00	2,91	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
72	-	3,00	2,92	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
73	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
74	-	3,00	2,86	3,00	2,39	sehr wahrscheinlich geeignet
75	-	3,00	2,97	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
76	-	1,80	2,86	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
77	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
78	-	3,00	2,98	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
79	-	1,80	2,75	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
80	-	1,80	2,61	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
81	-	1,80	2,41	3,00	1,59	wahrscheinlich geeignet
82	-	1,80	2,58	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
83	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
84	-	1,80	2,62	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
85	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
86	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
87	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
88	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
89	-	1,80	2,62	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
90	-	1,80	2,66	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
91	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
92	-	1,80	2,51	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
93	-	1,80	2,97	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
94	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
95	-	1,80	2,94	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
96	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
97	-	3,00	3,00	3,00	2,40	sehr wahrscheinlich geeignet
98	-	1,80	2,88	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
99	-	1,80	2,69	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
100	-	1,80	2,73	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
101	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
102	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
103	-	1,80	3,00	3,00	1,62	wahrscheinlich geeignet
104	-	1,80	2,69	3,00	1,60	wahrscheinlich geeignet
105	-	1,80	2,87	3,00	1,61	wahrscheinlich geeignet
106	-	1,80	1,80	3,00	1,56	wahrscheinlich geeignet

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH
Gropiusplatz 10 . D-70563 Stuttgart . www.egs-plan.de