

Abschlussbericht

Energienutzungsplan Wärme für das Stadtgebiet Augsburg

Erstellt durch:

Stadt Augsburg – Umweltamt

Stadtwerke Augsburg – Stabsstelle Innovation

mit Prozessbegleitung durch: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH

Kontakt für Rückfragen: Umweltamt, Andreas Repper, andreas.repper@augzburg.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	VI
Management Summary	1
1 Der Energienutzungsplan Wärme als Grundlage für die Augsburger Wärmewende.....	8
1.1 Klimaschutzziele der Stadt Augsburg	10
1.2 Zielsetzung des ENP Wärme	11
1.3 Grundlegende Begriffe	12
1.3.1 Energieformen innerhalb der Umwandlungsketten	13
1.3.2 Treibhausgas-Emissionen und deren Bilanzierung	14
2 Methodische Erarbeitung der Wärmestrategie	16
2.1 Arbeitspakete und Vorgehensweise	16
2.2 Begleitprozess und Beteiligte.....	17
3 Analyse der Ausgangslage	19
3.1 Gebäudestruktur	19
3.2 Gebäudewärme- und Endenergiebedarf	22
3.3 Emissionsbilanz	26
4 Analyse des aktuell bekannten Potenzials	27
4.1 Potenzialbegriffe für den ENP Wärme	27
4.2 Umweltwärme zur Nutzung mit Wärmepumpen	28
4.2.1 Technische Beschreibung	28
4.2.2 Ermittlung der Potenziale	33
4.3 Umweltwärme zur Nutzung mit Solarthermie.....	34
4.3.1 Technische Beschreibung	34
4.3.2 Ermittlung der Potenziale	35
4.4 Tiefe Geothermie	37
4.4.1 Technische Beschreibung	37
4.4.2 Ermittlung der Potenziale	37
4.5 Abwärme	38
4.5.1 Technische Beschreibung industrieller und gewerblicher Abwärme	38

4.5.2 Technische Beschreibung von Abwärme aus Kühlaggregaten, insbesondere Rechenzentren	40
4.5.3 Technische Beschreibung von Abwärme aus der Klärschlammverbrennung	41
4.5.4 Technische Beschreibung von Abwärme aus Abwasserkanälen	42
4.6 Biomasse	42
4.6.1 Technische Beschreibung	42
4.6.2 Ermittlung der Potenziale	44
4.7 Emissionsarme Gase	44
4.7.1 Technische Beschreibung	45
4.7.2 Ermittlung der Potenziale	49
4.8 Fazit und Ausblick	49
5 Rahmenparameter der Wärmewende.....	51
5.1 Ausgestaltung der Szenarien	51
5.2 Zubau von Wohnraum	51
5.3 Sanierung	53
5.3.1 Sanierungsrate	53
5.3.2 Sanierungstiefe	54
5.4 Technologiewechselrate	56
5.5 Klimaeffekt	57
5.6 Preisszenarien	57
5.6.1 Emissionspreis durch Brennstoffemissionshandelsgesetz	57
5.6.2 Strompreise	58
5.6.3 Erdgaspreise	60
5.6.4 Wärmenetzpreise	61
5.6.5 Biomassepreise	62
5.6.6 Heizölpreise	62
5.6.7 Wasserstoffpreise	63
5.7 Entwicklung spezifischer Emissionen	65
6 Festlegung von Eignungsgebieten und Priorisierung von Versorgungsarten.....	67
6.1 Hintergrund zu Eignungsgebieten	67
6.2 Festlegung von Eignungsgebieten und Versorgungslösungen	69
7 Eigenschaften der Eignungsgebiete der Stadt Augsburg und festgelegte Szenarioparameter	74
7.1 Wärmenetzverdichtungsgebiete	74
7.2 Wärmenetzausbaubereiche	74

7.3 Gebiete für die dezentrale Wärmeversorgung	75
7.4 Prüfgebiete	75
7.5 Prüfgebiet – Sondernutzung.....	75
8 Ergebnisse der Szenarien	77
8.1 Verlauf der Anzahlen von Gebäuden je Versorgungsart.....	77
8.1.1 Anzahl Gebäude je Versorgungsart im Klimaschutzszenario.....	77
8.1.2 Anzahl Gebäude je Versorgungsart im Basisszenario	79
8.1.3 Einblick in Anzahl Gebäude je Versorgungsart in Beispielgebieten	80
8.2 Veränderung des Gebäudewärmebedarfs	82
8.2.1 Gebäudewärmebedarf im Klimaschutzszenario.....	82
8.2.2 Gebäudewärmebedarf im Basisszenario	84
8.2.3 Einblick in den Gebäudewärmebedarf in Beispielgebieten	85
8.3 Verlauf des Endenergiebedarfs	86
8.3.1 Endenergiebedarf im Klimaschutzszenario	87
8.3.2 Endenergiebedarf im Basisszenario	88
8.3.3 Einblick in den Endenergiebedarf in einem Beispielgebiet	89
8.4 Verlauf der Gesamtkosten	90
8.4.1 Kosten im Klimaschutzszenario	90
8.4.2 Kosten im Basisszenario	92
8.5 Verlauf der Emissionen	93
9 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	96
9.1 Übersicht der Wärmeplanungs-Maßnahmen	97
9.2 Steckbriefe einzelner Maßnahmen	100
10 Ausblick	110
11 Literaturverzeichnis	111

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Arbeitspakete der Augsburger Wärmestrategie.....	16
Abbildung 3-1: Gebäude nach ALKIS-Nutzungsart	19
Abbildung 3-2: Beheizungsstruktur Augsburg.....	20
Abbildung 3-3: Räumlich aufgelöste Beheizungsstruktur Augsburgs	21
Abbildung 3-4: Wärme- und Endenergiebedarf im Basisjahr 2020	24
Abbildung 3-5: Räumlich aufgelöster Gebäudewärmebedarf in Augsburg	25
Abbildung 3-6: Emissionen im Basisjahr 2020	26
Abbildung 4-1: Visualisierung der Potenzialarten	27
Abbildung 4-2: Nutzungsmöglichkeit Erdwärmesonden	34
Abbildung 4-3: Ausschnitt aus dem städtischen Solarkataster	36
Abbildung 5-1: Sanierungsraten der Szenarien	53
Abbildung 5-2: Moderates Strompreisszenario „Niederspannung (Wärmekundinnen und -kunden)“	59
Abbildung 5-3: Moderates Erdgaspreisszenario	61
Abbildung 5-4: Wärmenetzpreisszenario.....	61
Abbildung 5-5: Biomassepreisszenarien	62
Abbildung 5-6: Heizölpreisszenario	63
Abbildung 5-7: Moderates Grünes Wasserstoffpreisszenario	64
Abbildung 5-8: Entwicklung der veränderbaren Emissionsfaktoren	65
Abbildung 6-1: Eignungsgebiete der Stadt Augsburg	73
Abbildung 8-1: Verlauf Anzahl an Gebäuden je Versorgungsart im Klimaschutzszenario	78
Abbildung 8-2: Verlauf Anzahl an Gebäuden je Versorgungsart im Basisszenario ..	79
Abbildung 8-3: Verlauf Anzahl an Gebäuden je Versorgungsart als Gegenüberstellung des Wärmenetzausbaugebietes (WNAG) zu den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung (DW) aus dem Klimaschutzszenario	81
Abbildung 8-4: Verlauf des Gebäudewärmebedarfs im Klimaschutzszenario	83
Abbildung 8-5: Verlauf des Gebäudewärmebedarf im Basisszenario	84
Abbildung 8-6: Gebäudewärmebedarf als Gegenüberstellung des Wärmenetzverdichtungsgebietes zu den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung aus dem Klimaschutzszenario	85
Abbildung 8-7: Verlauf des Endenergiebedarfs im Klimaschutzszenario	87
Abbildung 8-8: Verlauf des Endenergiebedarfs im Basisszenario	88

Abbildung 8-9: Verlauf des Endenergiebedarfs der Prüfgebiete im Basisszenario	89
Abbildung 8-10: Verlauf der Kosten im Klimaschutzscenario	91
Abbildung 8-11: Verlauf der Kosten im Basisszenario	92
Abbildung 8-12: Gegenüberstellung der Emissionen im Klimaschutz- und Basisszenario	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Nutzungsgrade je Endenergieform	23
Tabelle 3-2: Angesetzte Emissionsfaktoren im Basisjahr	26
Tabelle 5-1: Sanierungstiefen der Szenarien	55
Tabelle 5-2: KfW-Klassen in kWh/m ²	55
Tabelle 5-3: Emissionspreis nach BEHG	57
Tabelle 5-4: Entwicklung der Strompreiskomponenten	58
Tabelle 5-5: Angesetzte Strombörsenpreise	59
Tabelle 5-6: Entwicklung der Erdgaspreiskomponenten	60
Tabelle 5-7: Angesetzte Erdgasbörsenpreise	60
Tabelle 5-8: Annahmen Grundpreis Grüner Wasserstoff	63

Management Summary

Das Bundesgesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) verpflichtet indirekt Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnerinnen und Einwohnern zur Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung bis 30. Juni 2026, um die Wärmewende frühzeitig strategisch anzugehen, notwendige Maßnahmen baldmöglichst zu etablieren und eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis 2045 zu erreichen. Bereits im Juni 2022 und damit vor Beschluss des WPG begannen das Umweltamt der Stadt Augsburg, die Stadtwerke Augsburg (swa) und die Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft GmbH (FfE) gemeinsam mit der Erarbeitung des Energienutzungsplan Wärme (ENP Wärme), der das Ziel verfolgt, ein Zielbild für die klimaneutrale Wärmeversorgung in Augsburg zu erarbeiten.

Zielsetzung und Vorgehen des Energienutzungsplans Wärme

Das ambitionierte Ziel des ENP Wärme für Augsburg ist die Erreichung der klimaneutralen Wärmeversorgung bis zum Jahr 2040. Es greift damit das bayerische Klimaschutzziel auf und orientiert sich zusätzlich an einem städtischen CO₂e-Restbudget von 10,35 Mio.tCO₂-Äquivalenten im Wärmebereich, woraus 6,9 Mio.tCO₂e für die Gebäudewärme (Raumwärme und Trinkwarmwasser) resultieren. Eine Kompensation von maximal 10 % der Emissionen ist gemäß städtischer Beschlusslage möglich, wobei lokale Ausgleichsmaßnahmen auf Grund von Doppelbilanzierungseffekten ausgeschlossen sind. Zusätzlich wird im Zielbild die Nutzung von Biomasse und Wasserstoff wegen begrenzter Verfügbarkeit nur in Ausnahmefällen vorgesehen.

Die Erstellung des ENP Wärme für Augsburg folgte einem strukturierten Prozess entlang von fünf Arbeitspaketen. Im Arbeitspaket 1 wurde eine Bestandsanalyse der vorhandenen Gebäude- und Energiestrukturen sowie eine Potenzialanalyse für erneuerbare Energien und Abwärme durchgeführt. In Arbeitspaket 2 wurden relevante Einflussparameter für die Entwicklung des Gebäudewärmebedarfs bis zum Zieljahr 2040 festgelegt und quantifiziert. Arbeitspaket 3 befasste sich mit der Clusterung typischer Eignungsgebiete in der Stadt, während in Arbeitspaket 4 die zwei Versorgungsszenarien (Klimaschutz- und Basisszenario) für diese Gebiete berechnet wurden. Schließlich wurden in Arbeitspaket 5 Maßnahmen für eine erfolgreiche Wärmewende gesammelt und für eine Auswahl grundlegender Maßnahmen näher beschrieben. Die Erarbeitung des ENP Wärme involvierte verschiedene Beteiligungskreise, darunter das Projektteam ENP Wärme, eine Workshopgruppe,

Informationsveranstaltungen sowie Fachgespräche mit relevanten Akteuren aus Stadtverwaltung, Stadtwerken, Wohnungswirtschaft, Wissenschaft und Verbänden.

Clusterung in die Eignungsgebiete und Annahmen der Szenarien

Im Rahmen des Projekts wurden anhand von Kriterien wie Wärmebedarf, Gebäudestrukturen, bestehende Versorgungslösungen und lokalen Potenzialen verschiedene Eignungsgebiete für technische Lösungen festgelegt. Dabei wurden fünf Typen von Eignungsgebieten (Wärmenetzverdichtungsgebiete, Wärmenetzausbaugebiete, Gebiete für dezentrale Wärmeversorgung, Prüfgebiete und Prüfgebiete Sondernutzung) identifiziert, deren Regionalisierung der Karte (Abbildung 0-1) entnommen werden kann. Die Festlegung erfolgte durch eine Kombination aus lokaler Verfügbarkeit von Potenzialen und CO₂-Verminderungskosten.

Zur netzgebundene Wärmeversorgung wird aktuell ein Transformationsplan von den Stadtwerken Augsburg erstellt, sodass die bereits ausgearbeiteten Fernwärmegebiete basierend auf der Bebauungsstruktur validiert wurden. Durch die Zielsetzung der Stadtwerke Augsburg und die Regelungen aus dem WPG, dass die Fernwärme im Zieljahr 2040 aus 100 % erneuerbaren Energien inkl. Abwärme bestehen wird, ist sie ein bedeutender Baustein innerhalb der klimaneutralen Wärmeversorgung.

Für die dezentrale Wärmeversorgung wurden anhand der CO₂-Verminderungskosten die Wärmepumpen priorisiert, wobei Grundwasser-Wärmepumpen bevorzugt wurden. Gebiete, in denen bisher keine Versorgung über Fernwärme oder Wärmepumpen möglich war, erforderten die Ableitung separater Lösungen wie dezentraler Wärmenetze, Pelletheizungen oder hybrider Systeme.

Durch dieses Vorgehen wurde jedes Gebäude in Augsburg einem Eignungsgebiet und eine geeignete Heiztechnologie zugeordnet. Hierbei sind Eignungsgebiete keine „Muss-Gebiete“, sondern es wird eine präferierte Lösung für den Großteil der Gebäude vorgeschlagen, die individuell beste Lösung kann hiervon abweichen und muss im Rahmen einer individuellen Energieberatung bestimmt werden.

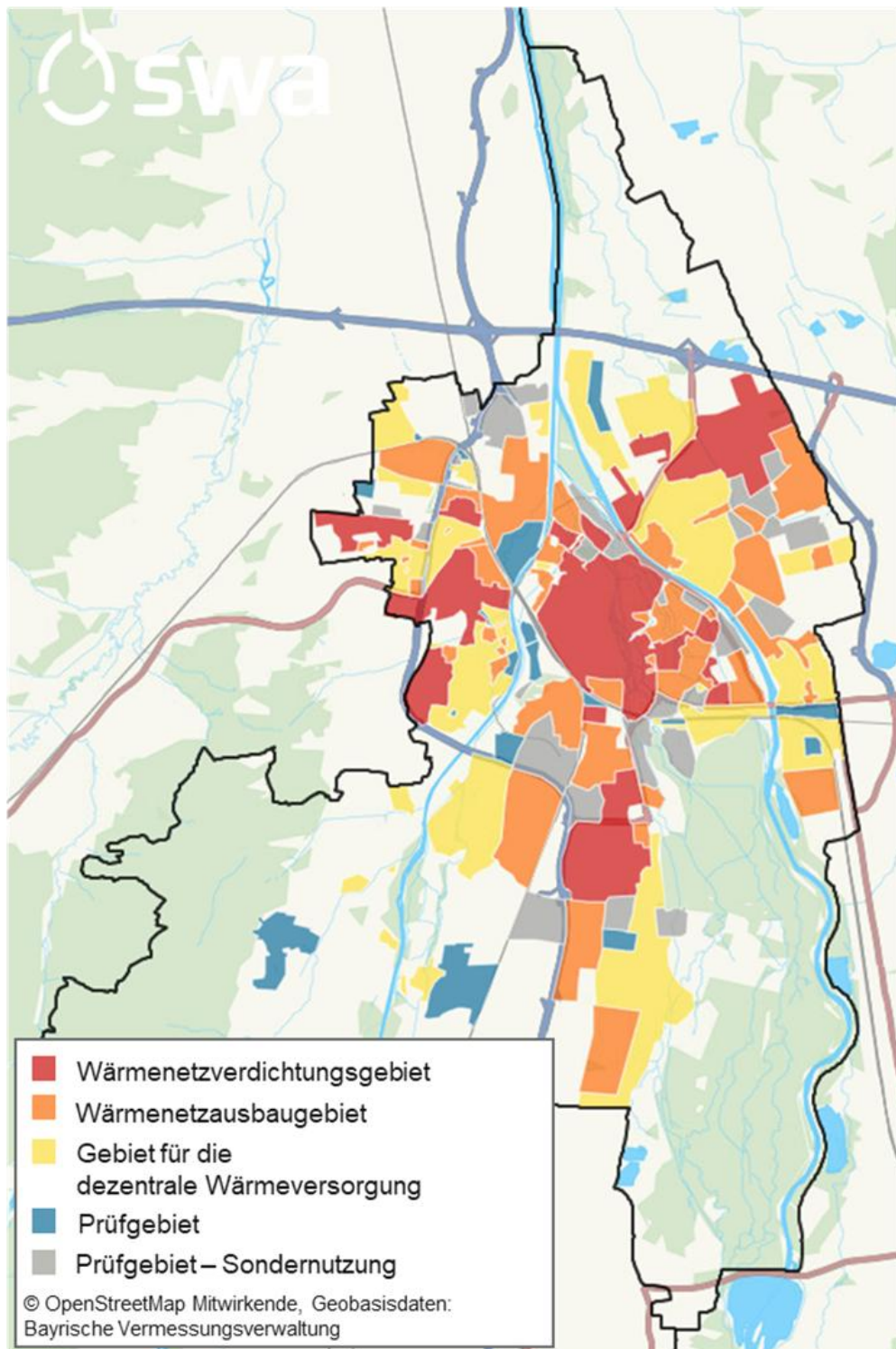


Abbildung 0-1: Eignungsgebiete im Stadtgebiet Augsburg

Innerhalb der Eignungsgebiete wurden Berechnungen zur Entwicklung der Wärmebereitstellung durchgeführt, wobei immer ein ambitioniertes Klimaschutzszenario und ein „Business As Usual“-Basisszenario simuliert wurden. Beide Szenarien beinhalten bereits die von der Politik festgelegten Gesetze zur Wärmewende. Neben den Preisen, dem Klimaeffekt und dem Zubau von Wohnraum stellt vor allem die Sanierungsrate einen relevanten Parameter für die Simulation und Zielerreichung da. Diese steigt im Klimaschutzszenario schrittweise auf 2,5 % der Gebäude pro Jahr an, während sie im Basisszenario bei maximal 1,5 % der Gebäude pro Jahr nur leicht ansteigt. Verstärkend wird im Klimaschutzszenario von einer tieferen und räumlich zielgerichteten Sanierung ausgegangen. Die jährliche Technologiewechselrate liegt im Basisszenario 1 %-Punkt unter der Rate im Klimaschutzszenario (bis 2030 bei 5 %; ab 2031 bei 6 %), was zu großen Auswirkungen in der Entwicklung der Wärmebereitstellung führt.

Ergebnisse des Energienutzungsplans Wärme

Die Basis der Szenarienberechnungen bildet das Jahr 2020. In diesem Jahr beträgt der Gebäudewärmebedarf in Augsburg 2.644 GWh, was einem spezifischen Bedarf von 163 kWh pro m² Bruttogeschossfläche und Jahr entspricht. Gedeckt wird dieser zu 59 % durch Erdgas, 17 % durch Fernwärme, 16 % durch Heizöl und 8 % durch weitere Wärmeerzeuger u.a. Biomasse und Wärmepumpen. Hauptsächlich durch die angesetzte Sanierung geht der Gebäudewärmebedarf im Klimaschutzszenario bis zum Zieljahr 2040 um 19 % zurück. Im Vergleich dazu geht er im Basisszenario für den gleichen Zeitraum nur um 12 % zurück. Gleichzeitig zeigt die Abbildung 0-2, dass der Gebäudewärmebedarf im Jahr 2040 im Basisszenario noch zu 8 % durch die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl gedeckt wird und zusätzlich noch 5 % des Bedarfes auf Hybridwärmepumpen zurückzuführen sind. Im Klimaschutzszenario hingegen bestehen keine fossilen Wärmebedarfe mehr und es verbleibt auch lediglich ein Anteil von 4 % des Gebäudewärmebedarfs, der mittels Hybridwärmepumpen gedeckt wird.

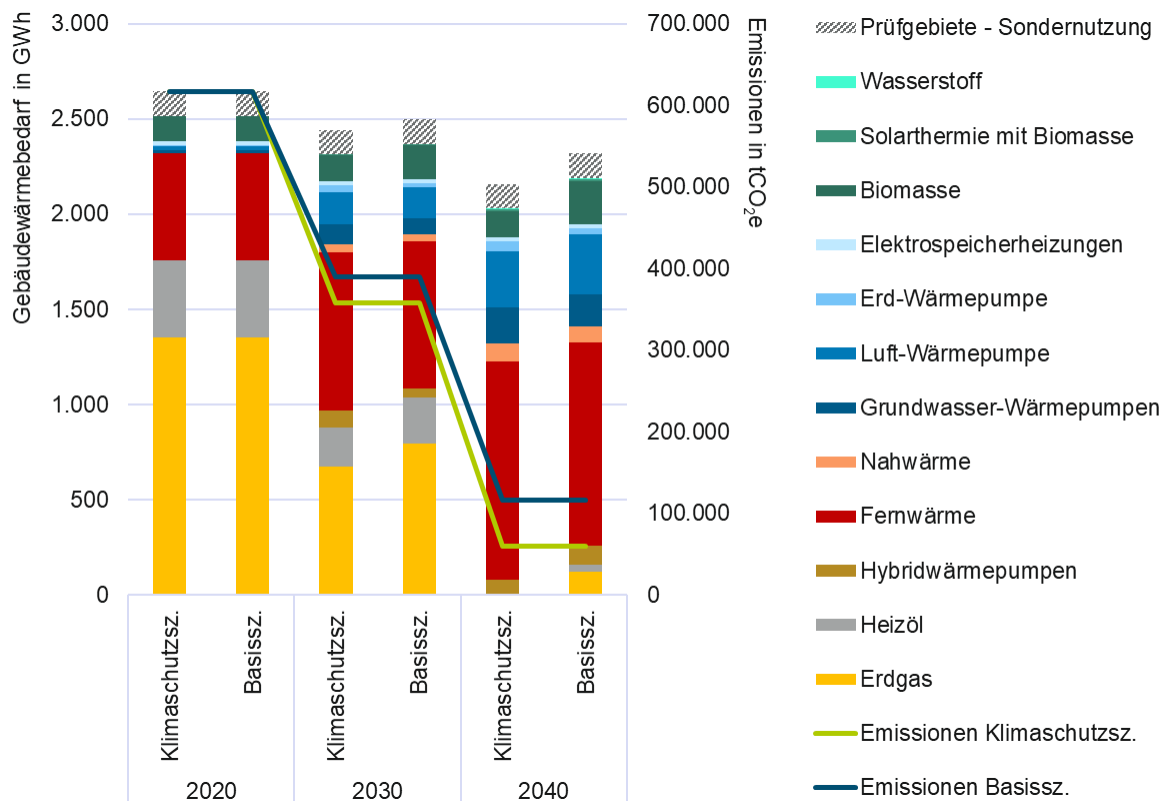


Abbildung 0-2: Gebäudewärmebedarf und Emissionen der beiden Szenarien im zeitlichen Verlauf

In Bezug auf die Treibhausgas-Emissionen zeigt die Abbildung 0-2 einen deutlichen Unterschied zwischen den Szenarien: Im Klimaschutzszenario werden im Zieljahr 2040 noch 60.400 tCO₂e emittiert, während im Basisszenario mit 116.700 tCO₂e fast doppelt so hohe Emissionen entstehen. Das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 ist im Basisszenario selbst mit Kompensation (10 % Kompensation entspricht 61.600 tCO₂e) nicht erreichbar, während dies im Klimaschutzszenario knapp erreicht wird. Die kumulierten Emissionen von 2020 bis 2040 betragen für das Klimaschutzszenario 7,4 Mio.tCO₂e und für das Basisszenario 8,1 Mio.tCO₂e. Beide Szenarien halten ein Restbudget von rund 6,9 Mio.tCO₂e nicht ein. Beide Ergebnisse zeigen, dass die Einhaltung dieses Restbudgets eine Herausforderung für die gesamte Stadt ist, die sich vergrößert, wenn es zu keinem ambitionierten Handeln kommt.

Auch finanziell scheint die Wärmewende auf den ersten Blick eine Herausforderung darzustellen. So belaufen sich die durchschnittlichen jährlichen Kosten von 2020 bis 2040, die sich aus Investitionskosten (Heizungsanlagen und Sanierung), Wartungskosten und Betriebskosten (insbesondere Energieträgerkosten) zusammensetzen, im Klimaschutzszenario auf rund 607 Mio.€/Jahr (kumuliert im gesamten Betrachtungszeitraum 12,8 Mrd.€), während sie im Basisszenario lediglich

bei rund 545 Mio.€ (kumuliert im gesamten Betrachtungszeitraum 11,4 Mrd.€) liegen. Der Unterschied der beiden Werte ist u.a. auf die stärkere Sanierung und die damit verbundenen Kosten im Klimaschutzscenario zurückzuführen. Diese Investitionen müssen zwar innerhalb des Betrachtungsraumes getätigt werden, die positiven Effekte, wie bspw. die geringeren Energieträgerkosten und Komfortgewinne, ziehen sich jedoch noch weit über den Betrachtungszeitraum hinaus. Daher zeigt die folgende Grafik (Abbildung 0-3), eine bereinigte Form der kumulierten Gesamtkosten durch die Einbeziehung der Nutzungsdauer bei Investitionen. Die Gesamtkosten beider Szenarien liegen dann bei rund 9 Mrd. €.

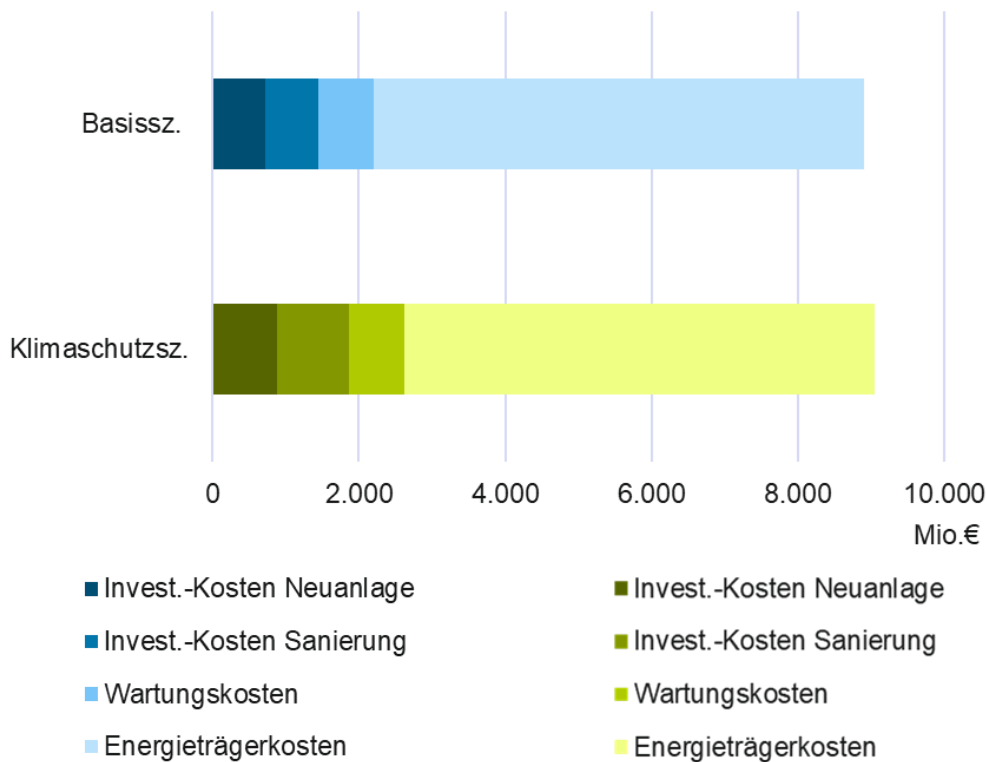


Abbildung 0-3: Bereinigte Gesamtkosten der Szenarien im Vergleich

Ein genauerer Vergleich der Wärmewendekosten zeigt somit, dass sich die etwas höheren Investitionen für die Sanierung mit den dafür höheren Energieträgerkosten (Grund: mehr Energie wird benötigt und steigende Erdgaspreise) ausgleichen. Bei einer Betrachtung über einen längeren Zeitraum würden diese Effekte sogar dazu führen, dass das Basisszenario höhere Gesamtkosten aufweist.

Resultierende Ergebnisse

Abgeleitet aus den beiden letzten Abschnitten zeigt sich somit, dass ein verzögerter Anstoß der Wärmewende verschiedene gravierende Effekte hätte. Dies sind zum

einen eine Verfehlung der eigenen Klimaziele und damit eine Verstärkung der Klimakrise. Zum anderen resultieren in eine Basisszenario mindestens die gleichen bzw. höheren Gesamtkosten für die Wärmeversorgung in Augsburg.

Aus diesen Gründen empfiehlt der ENP Wärme, die Wärmewende in Augsburg zeitnah zu intensivieren. Um dies strategisch sinnvoll zu gestalten und monitoren zu können, sollte der ENP Wärme fortgeschrieben werden und ein kontinuierlicher Prozess in der Stadt für die kommunale Wärmeplanung etabliert werden. Zusätzlich müssen die lokalen Akteurinnen und Akteure frühzeitig involviert werden, um Synergien vor Ort zu nutzen sowie bei Bedarf frühzeitig zu schaffen. Auch müssen die Bürgerinnen und Bürger frühestmöglich abgeholt werden, da bereits ab jetzt jede Investition in einen nicht zukunftsfähigen Wärmeerzeuger, ein im Zielkonfliktstehendes Energiekonzept oder ein nicht zukunftsfähiger Neubau von Gebäuden die Einhaltung der Ziele gefährdet. Darüber hinaus sollten auch bestehende Einflussmöglichkeiten auf anderen Ebenen (bspw. Land und Bund) genutzt werden, um geeignete Voraussetzungen für eine bürgerinnen- und bürgernahe und effiziente Wärmewende zu schaffen. Schon bereits umsetzungsnahe Handlungsfelder und Maßnahmen sind bspw. der Ausbau und die Erstellung des Transformationsplans der Fernwärme, die adäquate und zielgerichtete Beratung bei Sanierungsvorhaben zur Senkung des Gebäudewärmebedarfs oder die integrierte Infrastrukturplanung, die sich neben Wärmenetzen auch mit den benötigten Stromnetzen und dem Wasserstoffnetz beschäftigt.

1 Der Energienutzungsplan Wärme als Grundlage für die Augsburger Wärmewende

Seit 01. Januar 2024 verpflichtet das Bundesgesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (kurz: Wärmeplanungsgesetz, WPG) die Bundesländer sicherzustellen, dass für alle Stadt- und Gemeindegebiete eine kommunale Wärmeplanung (KWP) erstellt wird. Für Kommunen über 100.000 Einwohnerinnen und Einwohner muss die Wärmeplanung bis 30. Juni 2026 vorliegen, für kleinere Kommunen bis 30. Juni 2028. Die Umsetzung in Landesrecht wird für Mitte 2024 erwartet und in der Regel die Kommunen als planungsverantwortliche Stellen verpflichtet.

Gemäß WPG ist eine Wärmeplanung eine rechtlich unverbindliche, strategische Fachplanung, die

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

Ziel ist, entsprechend dem nationalen Klimaschutzziel, eine klimaneutrale Wärmeversorgung ab spätestens 2045.

Exkurs: Unverbindlichkeit der kommunalen Wärmeplanung

Anders als in den im vergangenen Jahr 2023 vieldiskutierten ersten Entwürfen zum WPG vorgesehen, hat die Erstellung und Beschlussfassung einer kommunalen Wärmeplanung keinerlei verbindliche Außenwirkung und löst auch nicht die Anwendung von Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) aus. Das ist erst dann der Fall, wenn ausgehend von einer kommunalen Wärmeplanung definierte Teilgebiete als Gebiete zur Versorgung durch ein Wärme- oder Wasserstoffnetz ausgewiesen werden.

Unabhängig vom WPG haben das Umweltamt der Stadt Augsburg und die Stadtwerke Augsburg (swa) im Zeitraum Juni 2022 bis Ende 2023 Inhalte für einen Energienutzungsplan Wärme (ENP Wärme) erarbeitet, um frühzeitig grundlegende Aspekte herauszuarbeiten und Orientierungshilfen für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer, Wohnungswirtschaft, Beratende und Anbieter von Wärmeversorgungs-lösungen zu schaffen.

Stadtpolitische Ausgangspunkte sind u.a. die Maßnahmen der Task Force Klimaschutz, das Stadtentwicklungskonzept (Stadt Augsburg, 2019) und das Blue City Klimaschutzprogramm (Stadt Augsburg, 2022). Im Sieben-Säulen-Modell des Klimaschutzprogramms ist der ENP Wärme in Säule 2 "Strukturen schaffen (Infrastrukturen ausbauen)" zu finden und wird mit dem ebenfalls in Säule 2 verorteten ENP Strom in den folgenden Jahren zu einem umfassenden Energienutzungsplan für das Stadtgebiet Augsburg ausgebaut und in Aussagekraft und Detaillierung deutlich über den 2012 fertiggestellten „einfachen“ Energienutzungsplan hinausgehen.

Der ENP Wärme kann als Vorstufe zu einer kommunalen Wärmeplanung gemäß WPG gesehen und ggf. durch eine in der landesrechtlichen Umsetzung des WPG noch zu benennende Stelle formal bereits als KWP anerkannt werden. Davon unabhängig ist er eine wichtige Grundlage für den langfristigen Prozess zur Umstellung der lokalen Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien und damit ein Beitrag im Einflussbereich der Stadt Augsburg, um die Klimakrise zu bekämpfen Relevanz der Wärmeversorgung für den Klimaschutz.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und dem Ziel, die durchschnittliche globale Erderwärmung auf unter 2 °C gegenüber den vorindustriellen Werten zu begrenzen (UNFCCC, 2015), hat Deutschland die europäischen Klimaschutzziele übernommen und setzt sich eine Treibhausgasneutralität bis 2045 als Ziel (BMU, 2020).

Da die energiebedingten Treibhausgas-Emissionen 85 % der gesamten Treibhausgas-Emissionen in Deutschland ausmachen (UBA, 2020), verfolgt die Bundesregierung Strategien der Emissionsminderung hauptsächlich in den Bereichen Strom, Wärmeversorgung und Mobilität. Innerhalb dieser Bereiche entfallen mehr als 50 % des Endenergieverbrauches auf die Wärmeversorgung (hier Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme und Kälte) (UBA, 2023). Für eine vollständige Minderung der Emissionen ist die Wärmeversorgung demnach eine wichtige Stellschraube. Auch wenn es sich beim Klimawandel um ein globales Problem handelt, liegen die Auslöser und der Einflussbereich direkt vor Ort, sodass die kommunale Ebene einen essenziellen Handlungsspielraum zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen bietet.

Die beiden Aspekte, Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und kommunale Betrachtungsweise, werden im Rahmen des ENP Wärme als Vorstufe zu einer kommunalen Wärmeplanung („Wärmeplan“) zusammengeführt werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des ENP Wärme für die Stadt Augsburg dargelegt. Dabei soll skizziert werden, wie die aktuelle Wärmeversorgung zu einer klimaschonenden und möglichst kosteneffizienten Versorgung transformiert werden kann. Zur Erreichung dessen werden technische Maßnahmen benötigt, die sich von der Einbindung von erneuerbaren Energien in die Wärmeversorgung, über die Planung und Errichtung von Wärme- und Gebäudenetzen bis hin zur energetischen Gebäudesanierung und Effizienzsteigerung erstrecken. Weiterhin sind organisatorische Maßnahmen zu entwickeln, um die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer dabei zu unterstützen, dass diese technischen Maßnahmen umgesetzt werden können. Innerhalb des ENP Wärme werden diese Maßnahmen aufgegriffen und in einen quantitativen Zusammenhang mit der aktuellen sowie zukünftigen Bedarfssituation für die Wärmeversorgung gestellt.

Der ENP Wärme für Augsburg ist damit eine Vorbereitung für die verpflichtende kommunale Wärmeplanung, ein wichtiger Schritt zur Umstellung der lokalen Wärmeversorgung und damit im Einflussbereich der Stadt Augsburg eine geeignete Maßnahme zur Leistung des eigenen Beitrages für die Bekämpfung der Klimakrise.

1.1 Klimaschutzziele der Stadt Augsburg

Die Rahmenbedingungen der klimapolitischen Ziele der Stadt Augsburg bilden die Klimaschutzziele auf europäischer sowie Bundes- und Landesebene.

Darüberhinausgehend hat sich Augsburg folgende Ziele gesetzt:

- Reduzierung des jährlichen Ausstoßes an Treibhausgas-Emissionen um mindestens 95 % bis 2050 gegenüber dem Basisjahr 1990, mit einer Reduzierung um 30 % alle 5 Jahre (freiwillige Selbstverpflichtung aus der Mitgliedschaft der Stadt Augsburg im Klima-Bündnis europäischer Kommunen, aktualisiert 2021)
- Orientierung an der Einhaltung eines CO₂-Restbudgets von 9,7 Mio. t CO₂ ab 01.01.2021; dieses Ziel ist als Beitrag der Stadt Augsburg zu verstehen, die Erderwärmung mit einer 2/3-Wahrscheinlichkeit auf 1,5 °C zu begrenzen. Empfehlung des Augsburger Klimabeirats; Beschluss des Stadtrates vom 25.02.2021 - BSV/20/05378.

Angelehnt an dieses Restbudget wurde in der „Studie Klimaschutz 2030“ herausgearbeitet, ob und durch welche Maßnahmen die Einhaltung des Restbudgets von 9,7 Mio. t CO₂ möglich ist. Festgestellt wurde, dass durch Maßnahmen im städtischen Einflussbereich lediglich ein geschätztes Budget von 20 Millionen Tonnen eingehalten werden kann.

Für ambitioniertere Ziele werden geeignete Rahmenbedingungen auf Bundes- und Landesebene benötigt.

1.2 Zielsetzung des ENP Wärme

Ziel des ENP Wärme ist, für das Stadtgebiet Augsburg darzustellen, wie eine klimaneutrale Wärmeversorgung aussehen kann und welche grundlegenden Maßnahmen dafür umgesetzt werden müssen. Um dies abbilden zu können, muss zunächst der Begriff *klimaneutrale Wärmeversorgung* definiert und terminiert werden.

Das konkrete Ziel in Augsburg für den Gebäudewärmebedarf, der die Raumwärme und das Trinkwarmwasser umfasst, lautet:

Klimaneutralität bis 2040 (oder früher) im Gebäudewärmebedarf unter der Berücksichtigung der städtischen Klimaschutzziele.

Zur Anwendung der Augsburger Klimaschutzziele wurde das CO₂-Restbudget herangezogen und auf den Bereich Wärme heruntergebrochen:

Der Bereich Wärme verursacht in Augsburg 45 % der Emissionen (KlimaKom gemeinnützige eG, 2021), so dass von dem mit insgesamt 20 Mio. t CO₂ abgeschätzten Restbudget 9 Mio. t CO₂ auf Gebäudewärmebedarf und Prozesswärmebedarf entfallen. Dieser Wert bezieht sich ausschließlich auf CO₂-Emissionen, da der IPCC das zugrundeliegende globale Restbudget u.a. aus Gründen der eingeschränkten Vergleichbarkeit der Klimawirksamkeit von CO₂ und Nicht-CO₂-Emissionen, lediglich für CO₂ berechnet. In der Berechnung des IPCC sind jedoch Annahmen zu künftigen Veränderungen der Emissionen von anderen Treibhausgasen wie Methan und Lachgas (sowie von Aerosolen) enthalten (IPCC, 2018: Sonderbericht „1,5 °C Globale Erwärmung - Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger“). Ausgehend von CO₂-Emissionswerten werden CO₂e-Emissionen im kommunalen Klimaschutz näherungsweise mit einem pauschalen Aufschlag von 15 % angesetzt. Unter Berücksichtigung aktualisierter Daten des IPCC zum globalen Restbudget (IPCC, 2021: AR6 WG1 The Physical Science Basis) ergibt sich für den Bereich Wärme damit ein Restbudget von 10,35 t Mio. CO₂e, worin 9 Mio. t CO₂ enthalten sind.

Neben dieser Zielsetzung wurden noch weitere Leitplanken für den ENP Wärme festgelegt:

- Bei der Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen werden Emissionen vollumfänglich erfasst, die durch Verbrennungsvorgänge unmittelbar im Stadtgebiet Augsburg bzw. andernorts entstehen, soweit sie der Energieversorgung Augsburgs dienen (Scope 1 bzw. Scope 2). Scope 3 umfasst weitere Emissionen u.a. aus der Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Energieträgern und technischen Anlagen der Wärmeversorgung. Aus Scope 3 werden lediglich die energiebedingten Vorketten der Energieträger einbezogen. Nähere Erläuterung der Begrifflichkeiten: s. Kapitel 1.3.2.
- Genutzte nicht-vermeidbare Abwärme wird analog zu erneuerbaren Energien angesetzt und dementsprechend mit 0 g CO₂/kWh in Scope 1 und 2 berechnet. Emissionen der Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) werden innerhalb des ENP Wärme separat beachtet und nicht den erneuerbaren Energien gleichgesetzt.
- Biomasse und Wasserstoff als Energieträger werden in individuellen Gebäudeheizungen nur im Ausnahmefall eingesetzt, da die Verfügbarkeit beider Energieträger stark begrenzt und nicht gesichert ist. Die Verwendung beider Energieträger in der netzgebundenen Wärmeversorgung wird aktuell im Transformationsplan für die Fernwärme der Stadtwerke Augsburg untersucht. Hierbei werden die Richtlinien zur Begrenzung des Einsatzes von Biomasse und Wasserstoff aus der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (bafa, 2023) berücksichtigt, wodurch der Einsatz dieser Energieträger auch hier begrenzt ist.
- Gemäß der städtischen Beschlusslage dürfen im Zieljahr 10 % der Emissionen kompensiert werden (BSV/21/05703 "Lokale Ausgleichsmaßnahmen"). Hierbei ist eine Kompensation durch Emissionssenkungen auf dem Stadtgebiet nicht ansetzbar, da diese schon auf Bundesebene bilanziert werden und es sonst zu einer Doppelanrechnung kommen würde.

1.3 Grundlegende Begriffe

Zum allgemein besseren Verständnis des ENP Wärme werden die zwei grundlegenden Begriffsfelder, die dieser ENP Wärme beinhaltet, im Folgenden kurz erläutert.

1.3.1 Energieformen innerhalb der Umwandlungsketten

Einer der wichtigsten Grundsätze der Energietechnik ist der Energieerhaltungssatz (auch 1. Hauptsatz der Thermodynamik genannt). Dieser besagt, dass sich die Energie in einem abgeschlossenen System nicht verändert, sondern sich lediglich von einer Energieform zu einer anderen wandelt. Demnach ist der allgemein genutzte Begriff „Energieverbrauch“ nicht korrekt. Hierbei handelt es sich um eine Umwandlung von einer nutzbaren Energieform (Exergie) in eine nicht nutzbare Energieform (Anergie).

Da jede Energieumwandlung mit der Generierung nicht nutzbarer Energie bzw. von Verlusten behaftet ist, gibt es für die jeweiligen Energieformen einzelne Begriffe.

- Der *Primärenergiebedarf* beschreibt die Energiemenge vor der ersten Umwandlung und bezieht sich damit auf die natürlichen Ressourcen wie beispielsweise Wind und solare Strahlung, unverarbeitetes Erdöl und Erdgas.
- Nach der ersten Aufbereitung wird von der *Sekundärenergie* gesprochen (Kaltschmitt, et al., 2006). Beispiele hierfür sind Pellets, Heizöl, aufbereitetes Erdgas oder auch Strom, z.B. aus Photovoltaik und Windenergie-Anlagen, vor dessen Verteilung.

Bei den folgenden Energieformen wird zusätzlich unterschieden zwischen Bedarfen (errechnete Werte) und Verbräuchen (real gemessen bzw. aus realen Endenergieverbräuchen abgeleitet).

- Die Energie, die bei den Endverbraucherinnen und Endverbrauchern ankommt und diesen in Rechnung gestellt wird, ist die *Endenergie* (Kaltschmitt, et al., 2006). Zudem wird die Ebene der Endenergie zur Berechnung der Emissionen herangezogen, da sich öffentlich verfügbare Emissionsfaktoren auf diese Bilanzierungsebene beziehen.
- Die für den ENP Wärme besonders relevante Energieform ist die sogenannte Gebäudewärme. Sie bezieht sich auf die Energie, die für Raumwärme und Trinkwarmwasserbereitung durch die Heiztechnologie bereitgestellt wird. Sie ist eine technologieunabhängige Größe, da die benötigte Gebäudewärme eines Gebäudes gleichbleibt, ungeachtet davon, ob das Gebäude mit Erdgas, Fernwärme oder Strom (bspw. mittels einer Wärmepumpe) beheizt wird. Eine Senkung der benötigten Gebäudewärme kann bspw. über energetische Sanierung erfolgen.

- Nach Verteilung dieser Gebäudewärme, kommt in den einzelnen Wohneinheiten oder an den Zapfstellen die sogenannte *Nutzenergie/-wärme* an, welche die letzte Energieebene darstellt.

Die Einheit aller Energieformen ist im Normalfall in Kilowattstunden (kurz: kWh) dargestellt, wobei für besonders hohe bzw. niedrige Werte Abstufungen verwendet werden (z.B. MWh, GWh, etc.)

Da die gebäudeinternen Verluste nicht klar von der Nutzenergie abgegrenzt werden können, ist der Gebäudewärmebedarf die Größe, die zum Vergleich von Gebäuden herangezogen werden kann. Insgesamt stellt der Gebäudewärmebedarf die wichtigste Größe innerhalb des ENP Wärme dar, sodass die folgenden Analysen und Bilanzen auf ihm fußen.

1.3.2 Treibhausgas-Emissionen und deren Bilanzierung

Relevante Treibhausgase

Bei Treibhausgasen handelt es sich um Gase, die den Treibhausgaseffekt und damit die Erderwärmung verursachen (bmz, 2023). Der überwiegende Teil der freigesetzten Treibhausgase in Deutschland ist Kohlenstoffdioxid (CO_2), das hauptsächlich emittiert wird, wenn fossile Energieträger verbrannt werden (UBA, 2022). Neben diesem Treibhausgas wird, in erster Linie in der Forst- und Landwirtschaft, das Gas Methan (CH_4) freigesetzt. Die Verweildauer von Methan in der Atmosphäre entspricht nur ca. 10 % der Verweildauer von CO_2 , dennoch ist Methan ein wichtiger Treiber des Treibhausgaseffektes, da es 25-mal intensiver wirkt als CO_2 (UBA, 2022). Die weiteren Treibhausgase sind Distickstoffoxid (N_2O), besser bekannt als Lachgas, und F-Gase, zu denen wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Schwefelhexafluoride (SF_6) und Stickstofftrifluoride (NF_3) gehören (UBA, 2022). Da die F-Gase eine schwerwiegend höhere Klimawirksamkeit aufweisen als CO_2 , wurde 2006 eine EU-Verordnung zur Minderung des Einsatzes von F-Gasen verabschiedet (Nr. 842/2006).

Einheiten der Wirksamkeit von Treibhausgasen

Um alle Emissionen gemeinsam bewerten zu können, braucht es eine gemeinsame Einheit für die Bilanzierung. Durch den hohen Anteil des Kohlenstoffdioxids an allen emittierten Treibhausgasen, werden die anderen beschriebenen Gase auf die Klimawirkung von Kohlenstoffdioxid umgerechnet. Die daraus entstehende Größe bezeichnet man als CO_2 -Äquivalente, kurz CO_2e (das „e“ steht dabei für das englische „equivalent“). In den Analysen für den ENP Wärme beziehen sich Größen mit der

Einheit CO₂ lediglich auf Kohlenstoffdioxid, wohingegen die Einheit CO_{2e} verwendet wird, wenn alle Treibhausgase betrachtet werden.

Bilanzierung von Treibhausgasen

Die Bilanzierung der Treibhausgase findet auf Grundlage des Greenhouse Gas Protocols statt, das vom World Resources Institute und dem World Business Council for Sustainable Development entwickelt wurde (World Resources Institute, 2022). Hierbei werden die Treibhausgase in drei Gruppen (genannt Scopes) eingeteilt. In Scope 1 werden alle Emissionen erfasst, die im Bilanzierungsraum direkt bei der Verbrennung stattfinden (World Resources Institute, 2022). In der Wärmeversorgung sind das beispielsweise alle Emissionen, die in Augsburg aus der Verbrennung von Erdgas in Gasheizungen emittiert werden. Der Scope 2 beinhaltet indirekte Treibhausgas-Emissionen, die durch den Verbrauch vor Ort verursacht werden, wobei die Verbrennung außerhalb der Stadtgrenzen stattfindet (World Resources Institute, 2022). Ein Beispiel hierfür ist der Verbrauch von Strom, der in Kraftwerken außerhalb von Augsburg generiert wird und über Stromleitungen nach Augsburg gebracht wird. In Scope 3 werden alle weiteren Emissionen bilanziert, die entlang eines Produktes oder Prozesses entstanden sind, wie beispielsweise Emissionen aus der Herstellung der Komponenten, Abfällen, Materialverbräuchen, Transporten oder Reisetätigkeiten (World Resources Institute, 2022). Somit ist häufig auch Energie aus erneuerbaren Energien in diesem Scope mit Emissionen belastet, da die Herstellung der verwendeten Maschinen im Normalfall aktuell noch nicht emissionsfrei ist. Da Scope 3 eine Vielzahl von schwer quantifizierbaren Emissionsquellen beinhaltet, sind innerhalb der Analysen des ENP Wärme lediglich die energiebedingten Vorketten (d.h. Emissionen aus der Herstellung, Umwandlung und des Transportes des jeweiligen Energieträgers) aus Scope 3 mit einbezogen.

2 Methodische Erarbeitung der Wärmestrategie

Die Erstellung der Augsburger ENP Wärme wurde im Juni 2022 begonnen. Im Folgenden sind die enthaltenen Arbeitspakete sowie die Identifikation und Einbeziehung zusätzlicher Akteurinnen und Akteure beschrieben.

2.1 Arbeitspakete und Vorgehensweise

Da Informationen zu Anforderungen lt. WPG noch nicht vorlagen, orientierte sich die Erstellung am Leitfaden „Kommunale Wärmeplanung Baden-Württemberg“ (2021), am Leitfaden „Energienutzungspläne Bayern“ (2011) und am Vorgehen der FfE mbH und des Öko-Instituts für die Stadt München.

Die Abbildung 2-1 stellt die fünf definierten Arbeitspakete dar.

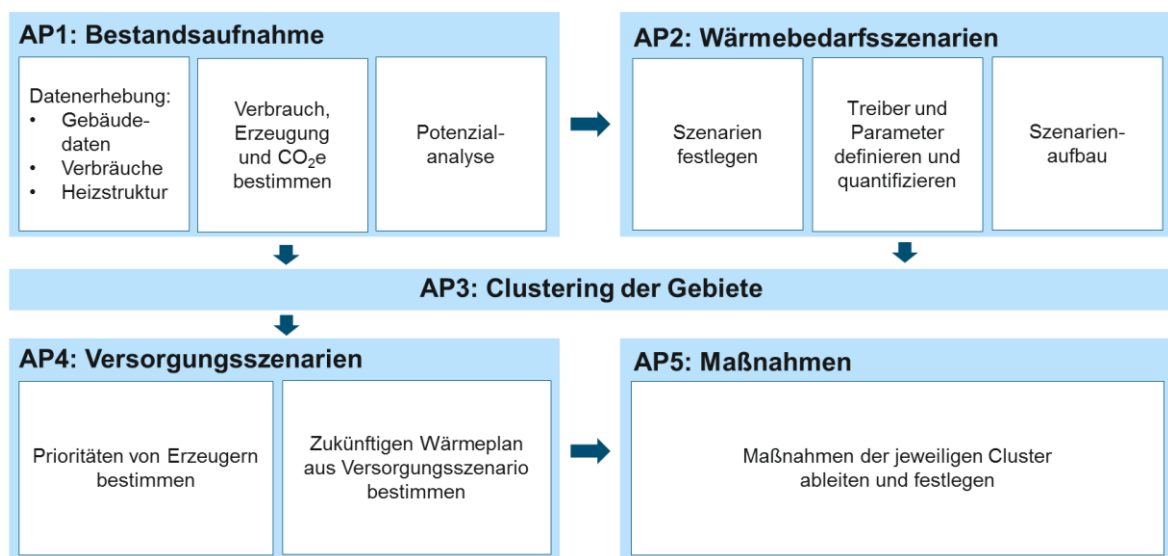


Abbildung 2-1: Arbeitspakete der Augsburger Wärmestrategie

Das Arbeitspaket 1 umfasst die Bestandsanalyse der Ist-Situation der vorhandenen Gebäudestruktur (u.a. anhand von: Art, Nutzung, Baujahr, Grundfläche, Stockwerksanzahl, Bruttogeschossfläche, aktuelle Heizungsform), des Gebäudewärmebedarfes und dessen Bereitstellung in Augsburg sowie die daraus resultierenden Emissionen. Die Ergebnisse dieser Bestandsaufnahme können dem Kapitel 3 entnommen werden. Zusätzlich wurden in Arbeitspaket 1 die bekannten Potenziale für erneuerbare Energien und Abwärme, die zur Bereitstellung der Gebäudewärme genutzt werden können, zusammengetragen und analysiert, was in Kapitel 4 aufgeführt wird. In Arbeitspaket 2, wurden die zu betrachtenden Szenarien

festgelegt sowie Parameter identifiziert und quantifiziert, die einen Einfluss auf die Entwicklung des Gebäudewärmebedarfs bis zum Zieljahr 2040 und auch mit Ausblick auf 2045 haben. Mit der Grundlage der Arbeitspakete 1 und 2 sowie einer übergeordneten Priorisierung möglicher Versorgungstechnologien (siehe Kapitel 6), wurden im Arbeitspaket 3 typische Versorgungsgebiete in der Stadt erstellt, die in den Kapiteln 6 und 7 erläutert und dargestellt werden. Im Arbeitspaket 4 wurden die Versorgungsszenarien der einzelnen Versorgungsgebiete erstellt und berechnet, die entsprechenden Ergebnisse befinden sich in Kapitel 8. Der Abschluss wird vom Arbeitspaket 5 bzw. Kapitel 9 gebildet, indem die benötigten Maßnahmen zur erfolgreichen Wärmewende gesammelt wurden und einzelne Maßnahmen detailliert ausgeführt sind.

2.2 Begleitprozess und Beteiligte

Zur Erstellung des ENP Wärme gab es vier Beteiligungskreise. Deren Zusammensetzung wird im Folgenden umrissen, um einen Eindruck zu geben, welche Gruppen von Akteurinnen und Akteuren beteiligt waren.

Projektteam ENP Wärme

Das Projektteam zur Erarbeitung des Wärmeplans bestand aus Mitarbeitenden des Umweltamts der Stadt Augsburg, den Stadtwerken Augsburg (Stabsstelle Innovation) und der vom Umweltamt beauftragten prozessbegleitenden Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH (FfE). Diese Konstellation ermöglichte es, das Knowhow und die lokalspezifischen Kenntnisse der swa Netze GmbH als Betreiber des Gas- und des Fernwärmenetzes sowie die Stadtwerke Augsburg Energie GmbH als Energieversorger unmittelbar einzubinden. Die Prozessbegleitung unterstützte durch Fachexpertise beim methodischen Vorgehen, durch die Zulieferung allgemeiner Fachdaten und -informationen, durch die Validierung von Daten und Ergebnissen, bei der Moderation von Veranstaltungen und stellt die Neutralität der gewählten Methodik und der Interpretation der Ergebnisse sicher. Besprechungen des Projektteams fanden wöchentlich bis zweiwöchentlich statt. Innerhalb dieser Treffen wurden Inhalte intensiv diskutiert, Fortschritte berichtet und relevante Punkte zum Bearbeitungsprozess abgestimmt.

Neben dem Projektteam wurde eine AG Energienutzungsplan eingerichtet, in der zusätzlich das Baureferat vertreten ist, um den Informationsfluss zu vereinfachen und die inhaltliche Abstimmung sicherzustellen. In der AG ENP können auch künftig Ergebnisse des ENP Wärme bzw. der kommunalen Wärmeplanung (und des

folgenden ENP Strom) zwischen Umweltamt, Stadtplanungsamt, swa und ggf. weiteren Dienststellen abgestimmt werden.

Workshopgruppe

Insgesamt wurden in der Workshopgruppe vier Workshops, zzgl. eines Kick-Offs, durchgeführt. Hierbei wurden erarbeitete Inhalte des ENP Wärme einem größeren Stakeholderkreis vorgestellt und Diskussion zu einzelnen Aspekten geführt. Die Workshopgruppe setzte sich aus Vertreterinnen und Vertretern der Stadtverwaltung und der Stadtwerke sowie im weiteren Verlauf aus Stadtpolitik, Klimabeirat, Wohnungswirtschaft, Wissenschaft, Verbänden und engagierten Gruppen zusammen.

Informationsveranstaltungen

Im Projektverlauf wurden zwei Informationsveranstaltungen für einen erweiterten Kreis (Fachakteure und interessierte Öffentlichkeit) durchgeführt. Die Einladung wurde über verschiedene Verteiler verbreitet. Bei den Veranstaltungen wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer an der Erarbeitung der Ergebnisse beteiligt, es konnten Fragen gestellt werden und es wurde vom Projektteam spezifischer Input zum ENP Wärme eingeholt.

Fachgespräche

Fachgesprächen haben mit verschiedenen Akteurinnen und Akteuren innerhalb der Bearbeitungszeit stattgefunden. Beispiele hierfür sind Austauschrunden mit der Hochschule Augsburg zu den Emissionszielen oder ein Gespräch mit der Wohnbaugruppe Augsburg und der Kreishandwerkerschaft zur Sanierungsthematik.

3 Analyse der Ausgangslage

Die Bestandsanalyse des ENP Wärme bezieht sich auf das Basisjahr 2020. Zu diesem Jahr lebten im 14.685 ha großen Stadtgebiet Augsburg 299.021 Einwohnerinnen und Einwohner (Amt für Statistik und Stadtforschung, 2023).

3.1 Gebäudestruktur

Zur Ermittlung der Gebäudestruktur in Augsburg wurde eine Gebäudedatenbank angelegt. Die Grunddaten hierfür bilden die allgemeinen Daten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (kurz ALKIS). Diese Daten zeigten zum Zeitpunkt der Abfrage insgesamt 59.569 Gebäude für Augsburg, wobei beispielsweise Garagen und Anbauten als eigenständige Gebäude gelistet sind. Durch geeignete Filterfunktionen, z.B. mittels vorhandener Strom- und Wasserhausanschlüsse bei den Stadtwerken Augsburg sowie einer Adresszuordnung, konnte die Gebäudedatenbank bereinigt werden. Die verbleibenden Gebäude ordnen sich, wie in Abbildung 3-1 zu sehen ist, den verschiedenen ALKIS-Nutzungsarten zu.

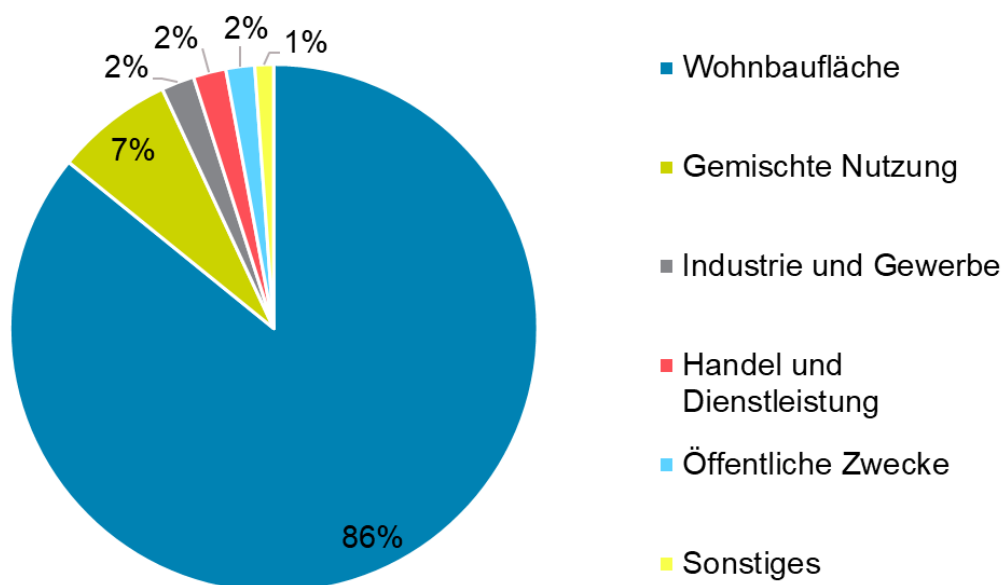


Abbildung 3-1: Gebäude nach ALKIS-Nutzungsart

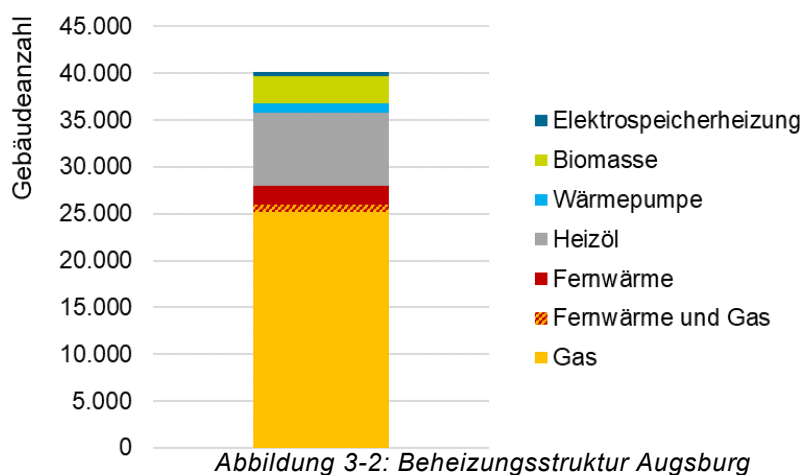
Im ENP Wärme werden 40.131 Gebäude betrachtet, wobei 34.448 Gebäude die Nutzungsart „Wohnbaufläche“ aufweisen, was dem Begriff Wohngebäude gleichgesetzt werden kann. Diese Zahl entspricht mit einer Abweichung von rund 4.000 Gebäuden der Wohngebäudeerhebung 2020 aus dem Strukturatlas der Stadt

Augsburg (dort 38.473 Gebäude) (Amt für Statistik und Stadtforschung, 2023). Unter die Kategorie *Sonstiges* fallen in der Abbildung 3-1 beispielsweise Gärtnereien, Bahnverkehrsgebäude sowie Gebäude auf Sportanlagen und Friedhöfen.

Für den ENP Wärme ist auch relevant, welche Art bzw. Technologie der Wärmeversorgung im jeweiligen Gebäude im Basisjahr genutzt wurde. Die mit den vorliegenden Daten am leichtesten zuzuordnenden Versorgungsarten sind Erdgasheizungen und Fernwärmeanschlüsse, da diese anhand der vorhandenen Erdgas- bzw. Fernwärmehaus-Anschlüsse der swa Netze GmbH ermittelt werden können. Zusätzlich wurden Gebäude identifiziert, die aktuell einen Wärmestromvertrag bei der Stadtwerke Augsburg Energie GmbH abgeschlossen haben und somit über eine Wärmepumpe oder eine elektrische Speicherheizung versorgt werden. Da sich beide Datensätze in der Granularität auf Einzelgebäudeebene befinden, können die Daten nur aggregiert veröffentlicht werden. Die datenschutzkonforme Übergabe der Daten auf Einzelgebäudeebene zur Stadt Augsburg wird als Maßnahme in Kapitel 9 aufgenommen. Mittels dieser Vorgehensweise wurde für 71 % der Wohngebäude die Wärmeversorgungsart ermittelt.

Des Weiteren wurden Daten zu verbauten Öllagerbehältern und Entnahmefrühen für Grundwasser-Wärmepumpen mit den verbleibenden Gebäuden abgeglichen. Hierbei konnte weiteren 1.594 Gebäuden ihre Versorgungsart zugeteilt werden. Auf die verbleibenden Gebäude wurde die durchschnittliche deutsche Beheizungsstruktur aus (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, 2023), ohne Berücksichtigung der Energieträger Fernwärme und Erdgas, angesetzt und den Gebäuden somit eine Versorgungsart zugeteilt. Das Ergebnis der Erhebung der Wärmeversorgungsart kann der

Abbildung 3-2 entnommen werden.



Die Abbildung zeigt, dass 63 % der Gebäude aktuell eine Erdgasheizung verbaut haben. Zudem ist ein kleiner Anteil von Gebäuden zu sehen, die sowohl mit Erdgas als auch mit Fernwärme versorgt werden. Häufiger Grund dafür ist, dass Gebäude ihren Gebäudewärmebedarf über die Fernwärme decken und zum Kochen Erdgas verwenden. Ein weiterer Grund kann ein Wechsel von Erdgas zu Fernwärme im Basisjahr 2020 sein, sodass im betreffenden Jahr beide Anschlüsse gemeldet waren.

Die Technologie, die nach Erdgasheizungen am häufigsten in Gebäuden zu finden ist, ist mit 19 % die Ölheizung. Nach weiteren 7 % mit Fernwärme versorgten Gebäuden hatten von den restlichen 11 % bereits 3 % eine Wärmepumpe, 7 % eine mit einem biogenen Brennstoff betriebene Heizung und 1 % eine Elektrospeicherheizung verbaut.

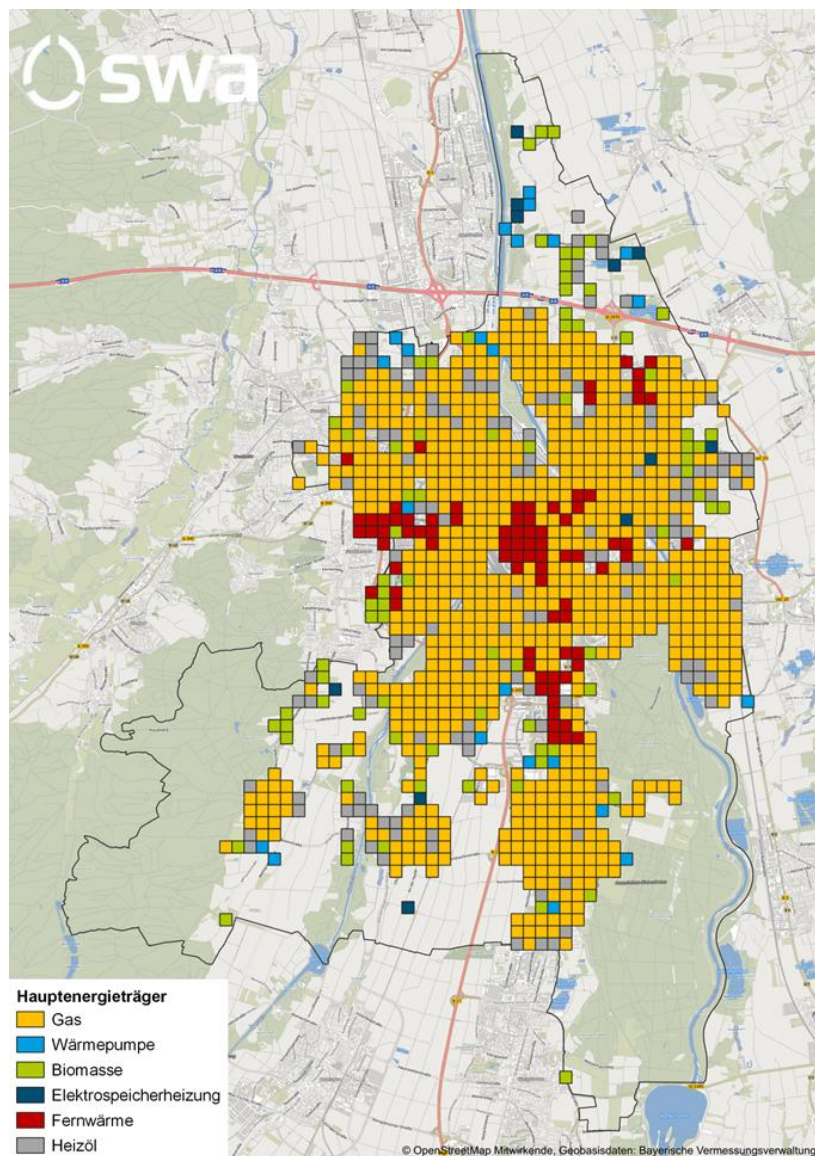


Abbildung 3-3: Räumlich aufgelöste Beheizungsstruktur Augsburgs

Die abgebildete Karte in

Abbildung 3-3 zeigt, welche Wärmeversorgungsart in einem 250 Meter mal 250 Meter Raster im jeweiligen Rasterpunkt überwiegt, demnach in den Gebäuden, die sich in einem Rasterpunkt befinden, am häufigsten vorkommt. Die anderen Versorgungsarten können in dem jeweiligen Rasterpunkt auch vorkommen, jedoch ist ihr Anteil geringer. Die Karte zeigt, dass in vielen Gebieten in Augsburg das Heizen mittels Erdgas dominiert. Dabei ist auch zu erkennen, dass sich das aktuelle Erdgasnetz nahezu über das gesamte Stadtgebiet erstreckt und auch die Gebiete Inningen und Bergheim mit Erdgas versorgt werden. Zudem sind in Rot die Gebiete, in denen 2020 die Fernwärme die Versorgung dominiert, erkennbar. Auch wenn die Fernwärme lediglich 7 % aller Gebäude in Augsburg versorgt, sind innerhalb der aktuellen Fernwärmegebiete schon eine Vielzahl an Gebäuden an diese angeschlossen.

Die Gebiete, welche besonders weit von der Innenstadt oder den Ballungsräumen entfernt liegen, zeigen eine höhere Dichte an nicht-leitungsgebundenen Versorgungsarten.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass Augsburg, ähnlich wie andere Städte in Deutschland, mit rund 82 % einen hohen Anteil an fossilen versorgten Gebäuden hat. Insgesamt sind es rund 25.100 erdgasversorgte und 7.700 heizölversorgte Gebäude im Basisjahr 2020.

3.2 Gebäudewärme- und Endenergiebedarf

Bei der Ermittlung der Gebäudewärme- und Endenergiebedarfe der Gebäude wurden zwei unterschiedliche Ansätze gewählt und miteinander abgeglichen, welche im Folgenden beschrieben werden.

Bei Gebäuden, die über einen Netzanschluss (Erdgas- oder Fernwärmenetz) versorgt werden, wurden die tatsächlichen Endenergieverbräuche für das Jahr 2020 angesetzt. Auf Grund der Witterungsabhängigkeit der Endenergiebedarfe, müssen diese auf ein typisches Wetterjahr umgerechnet werden (Witterungsbereinigung). Anhand der Berechnungsvorgaben des Deutschen Wetterdienstes zu den Gradtagszahlen für Augsburg wurde ein Faktor von 1,06 zur Bereinigung ermittelt, mit dem die Bedarfe multipliziert wurden (Deutscher Wetterdienst, 2022). Der Wert größer 1 stellt dar, dass das Wetter in Augsburg in 2020 überdurchschnittlich warm war, sodass die Endenergieverbräuche in einem durchschnittlichen Wetterjahr höher wären. Die

Witterungsbereinigung wurde nur auf die Verbräuche für die Raumwärme angesetzt, sodass der Verbrauch für die Trinkwarmwasseraufbereitung von der Bereinigung unberührt blieb. Da das Verhältnis zwischen Trinkwassererwärmung und Raumwärmebedarf nicht für jedes Gebäude individuell bestimmt werden konnte, wurde mit der deutschen Durchschnittsverteilung gerechnet, in der 84 % des Gebäudewärmebedarfes dem Raumwärmebedarf zugeschrieben wird und 16 % der Trinkwarmwasseraufbereitung (Umweltbundesamt, 2020). Hierbei ist zu unterstreichen, dass diese Aufteilung in effizienten Neubauten stärker zu Gunsten der Trinkwarmwasser-Bereitstellung ausfällt. Da diese Gebäude (Baujahr zwischen 2015 - 2020) nur ca. 3 % am Gebäudebestand in Augsburg ausmachen, wird der gewählte Ansatz jedoch als legitim erachtet.

Die sich ergebenden Endenergieverbräuche wurden mittels der Nutzungsgrade in Tabelle 3-1 auf den Gebäudewärmeverbrauch umgerechnet.

Bei den nicht-netzgebunden versorgten Gebäuden konnte diese Methodik nicht angewendet werden. Daher wurde hier mittels der Gebäudedatenbank des Instituts für Wohnen und Umwelt (Institut für Wohnen und Umwelt, 2015) ein spezifischer Gebäudewärmebedarf pro m² Bruttogeschossfläche je Gebäude angesetzt, der sich nach Baujahr und Gebäudetyp (Reihenhaus, Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, großes Mehrfamilienhaus und Hochhaus) bestimmt. Da dieser Wert den Gebäudewärmebedarf wiedergibt, wurde hier anhand der Nutzungsgrade aus Tabelle 3-1 der Endenergiebedarf des jeweiligen Energieträgers bestimmt.

Tabelle 3-1: Nutzungsgrade je Endenergieform (FfE GmbH und Öko-Institut e. V., 2021)

Wärmeerzeuger	Nutzungsgrad (bei Erdgas bezogen auf den Brennwert)
Erdgaskessel – Durchschnitt	0,84
Ölkessel – Durchschnitt	0,84
Fernwärme	0,99
Elektrospeicherheizung	0,85
Wärmepumpe	3,8

Somit handelt es sich in den Daten um eine Mischung aus Verbräuchen auf Basis gemessener Daten und Bedarfen basierend auf statistischen Daten. Im Folgenden wird nunmehr konsistent der Begriff „Bedarfe“ verwendet.

Die resultierende Aufteilung des Augsburger Gebäudewärme- bzw. Endenergiebedarfes des skizzierten Vorgehens nach Energieträger sind in Abbildung 3-4 dargestellt.

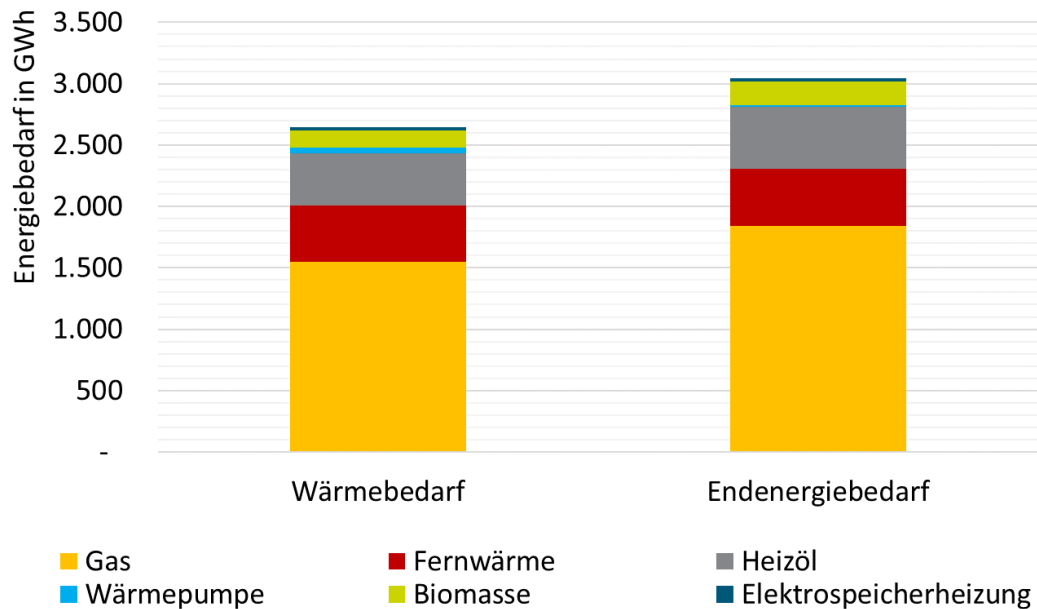


Abbildung 3-4: Wärme- und Endenergiebedarf im Basisjahr 2020

Die Abbildung zeigt, dass auch bei der energiebezogenen Betrachtung Erdgas als Energieträger mit einem Anteil am gesamten Gebäudewärmebedarf von 59 % dominiert. Gefolgt wird dies von 17 % Fernwärme und 16 % Heizöl. Auf Biomasse entfallen im Jahr 2020 rund 5 % des gesamten Augsburger Gebäudewärmebedarfs und 3 % werden durch Wärmepumpen und Elektrospeicherheizungen über Strom gedeckt.

Insgesamt beträgt der Gebäudewärmebedarf in Augsburg 2.644 GWh, was einem spezifischen Bedarf von 163 kWh pro m² Bruttogeschossfläche und Jahr entspricht. Mit 3.043 GWh liegt der Endenergiebedarf rund 15 % über dem Gebäudewärmebedarf, worin sich der starke Einfluss des vergleichsweise niedrigen Nutzungsgrades von Heizöl- und Erdgaskesseln widerspiegelt.

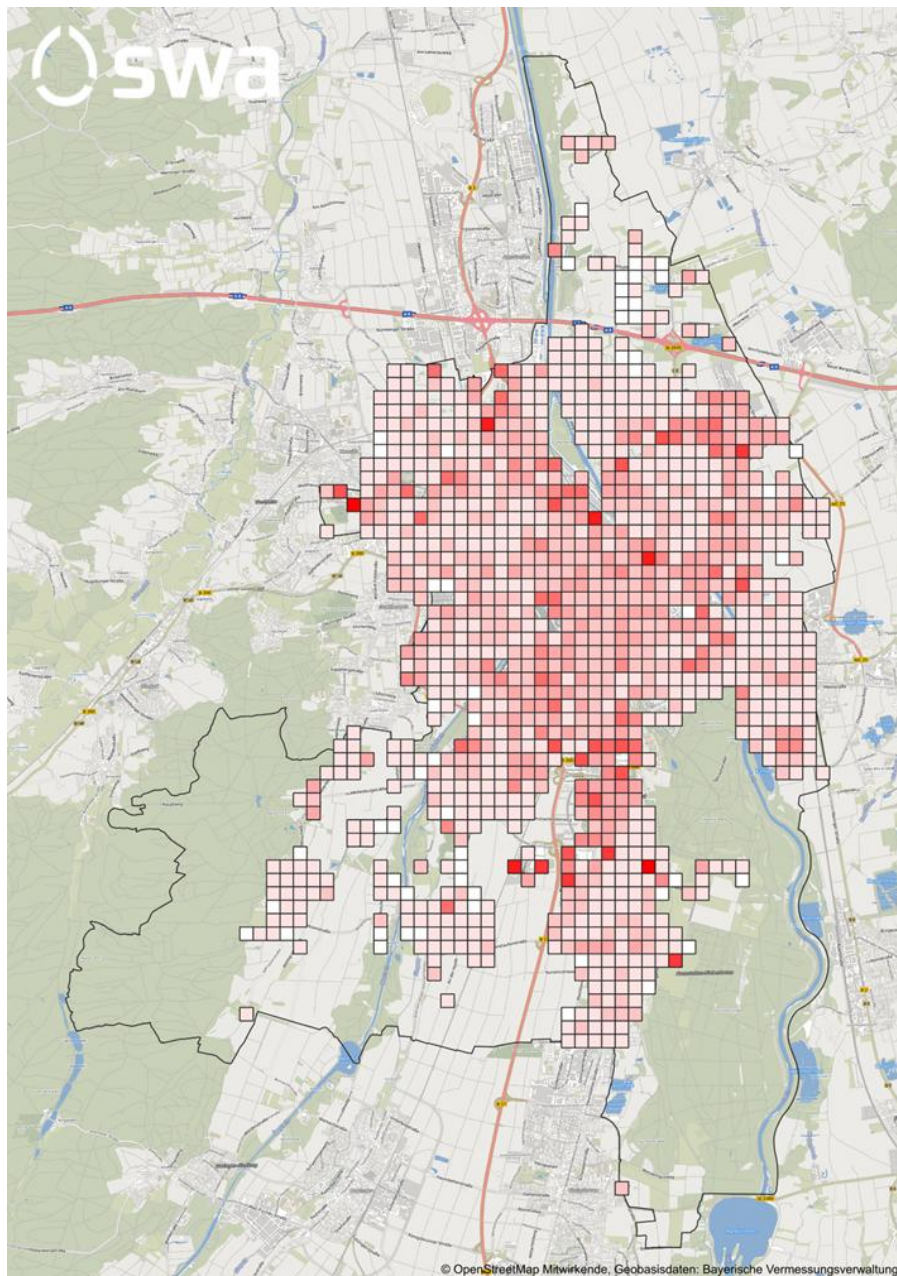


Abbildung 3-5: Räumlich aufgelöster Gebäudewärmebedarf in Augsburg, hoher Gebäudewärmebedarf (rot), geringer Gebäudewärmebedarf (weiß)

Die räumliche Auflösung zeigt, erneut in einem 250 Meter mal 250 Meter Raster, in welchen Bereichen von Augsburg der Gebäudewärmebedarf hoch (rot) bzw. geringer ist (weiß). Hierbei ist erkennbar, dass die Innenstadt und die Gebiete nahe der Innenstadt im Allgemeinen durch eine größere Gebäudewärmebedarfsdichte gekennzeichnet sind als die Ränder der Stadt Augsburg. Dies ist durch die dichtere Bebauung auch zu erwarten. Zudem sind durch einzelne stark rote Rasterpunkte besonders hohe Gebäudewärmebedarfe zu erkennen, die häufig auf einen Großverbraucher zurückgeführt werden können.

3.3 Emissionsbilanz

Aus den vorliegenden Endenergieverbräuchen wurden mit Hilfe von Emissionsfaktoren die CO₂e-Emissionen je Gebäude bestimmt. Die Emissionsfaktoren beziehen sich dabei immer auf die Scopes 1 und 2 und beinhalten darüber hinaus die energiebedingten Vorketten aus Scope 3 (vergleiche Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Angesetzte Emissionsfaktoren im Basisjahr (DEFRA, 2020)

	Emissionsfaktor in g CO ₂ e/kWh
Erdgas	208
Heizöl	298
Fernwärme	112 (swa, 2022)
Biomasse	53
Deutscher Strommix	470

Die Ergebnisse in Abbildung 3-6 zeigen erneut die Dominanz des Erdgases. Zudem ist zu erkennen, dass Heizöl auf Grund des hohen Emissionsfaktors von 298 g CO₂e/kWh ca. 25 % der Emissionen ausmacht, obwohl der Anteil an der Wärmebereitstellung geringer ist.

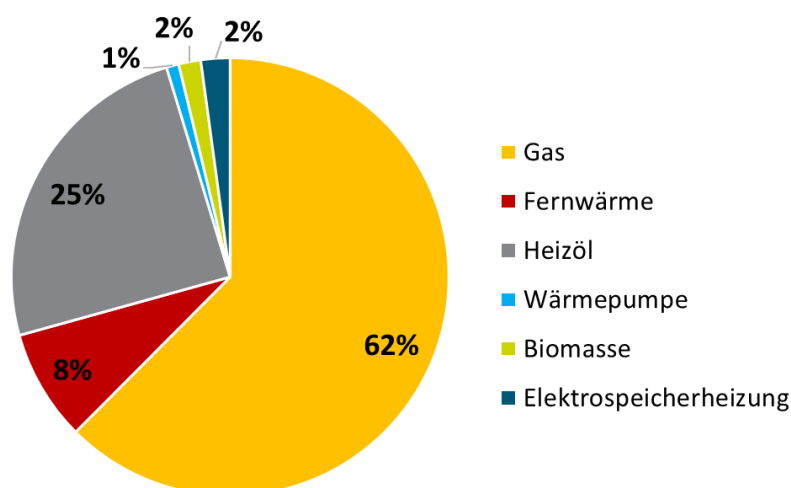


Abbildung 3-6: Emissionen im Basisjahr 2020

Die gesamten Emissionen belaufen sich auf 615 Tsd. t CO₂e, was rund 2,1 t CO₂e/Person in Augsburg entspricht.

4 Analyse des aktuell bekannten Potenzials

Zur Umstellung der aktuell stark auf fossilen Energieträgern fußenden Wärmeversorgung hin zu erneuerbaren Energien müssen die vorhandenen klimaschonenden Wärmepotenziale der Stadt Augsburg bekannt und regionalisiert (d.h. verortet) dargestellt werden. Innerhalb des ENP Wärme wurden daher die bereits bekannten Potenziale zusammengetragen und mit Hilfe von Grundlagendaten weitere Potenziale bestimmt. Zudem wurden noch bestehende Datenlücken identifiziert und ausgewiesen.

Im Vorwege der Potenzialfeldanalysen werden die in der Literatur definierten, unterschiedlichen Potenzialarten kurz beschrieben und deren jeweilige Bedeutung für die Wärmeplanung erläutert.

Die folgenden Abschnitte in diesem 4. Kapitel sind zu großen Teilen aus der durch die FfE erstellte Studie „Klimaneutrale Wärme München 2035“ entnommen, und nur an wenigen Stellen, an denen sich München von Augsburg unterscheidet, auf Augsburg angepasst.

4.1 Potenzialbegriffe für den ENP Wärme

Die folgende Abbildung 4-1 zeigt fünf gängige Potenzialarten, deren Abgrenzung im Energiesektor genutzt werden (FfE GmbH und Öko-Institut e. V., 2021).

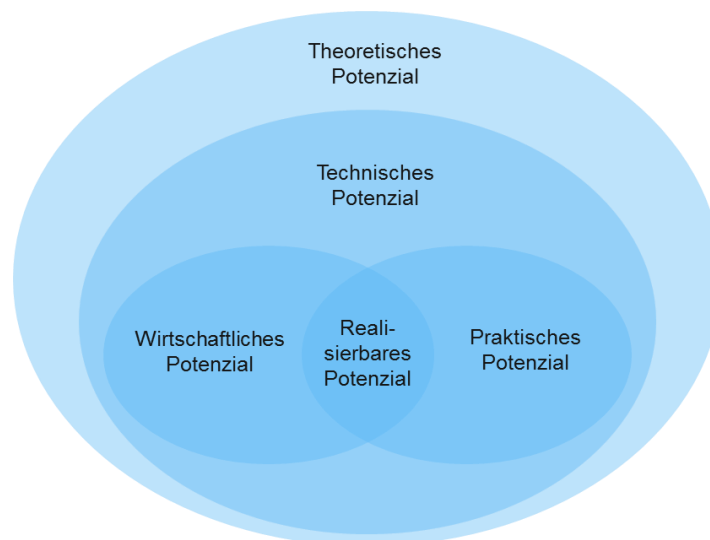


Abbildung 4-1: Visualisierung der Potenzialarten, eigene Darstellung nach (FfE GmbH und Öko-Institut e. V., 2021)

Innerhalb des ENP Wärme wird vorrangig das technische Potenzial erhoben und dargestellt. Abweichende Potenzialerhebungen werden aus Transparenzgründen mit der dazugehörigen Potenzialart versehen. Durch die Priorisierung der Versorgungstechnologien (siehe Kapitel 6) bei verschiedenen Gebäudetypen wurde das wirtschaftliche Potenzial mitbetrachtet. Wichtig ist hier zu unterstreichen, dass diese Priorisierung auf typische Gebäude je Kategorie bezogen ist und damit nicht für jedes individuelle Gebäude in Augsburg gültig ist.

4.2 Umweltwärme zur Nutzung mit Wärmepumpen

4.2.1 Technische Beschreibung

Wärmepumpen können die thermische Energie einer ansonsten zu kalten Wärmequelle (z. B. Umweltwärme) unter Zuführung einer externen Antriebsenergie (Erdgas/Strom) im Temperaturniveau anheben und somit die notwendige Wärme für das entsprechende Gebäude bzw. das entsprechende Wärmenetz bereitstellen. Hierbei ist für die zukünftige Nutzung von Wärmepumpen auf Grund des Ziels der Dekarbonisierung nur Strom als Antriebsenergie sinnvoll. Die Effizienz der Wärmepumpen ist primär abhängig von der angestrebten Zieltemperatur (Vorlauftemperatur im Heizsystem) für die Wärmebereitstellung, aber auch von der Temperatur der genutzten Wärmequelle. Eine möglichst geringe Differenz dieser beiden Werte führt zu steigenden Effizienzen. Damit bei hohen Zieltemperaturen eine möglichst hohe Effizienz erreicht werden kann, werden Wärmepumpen bei großskaligem Einsatz häufig als Temperaturkaskade eingesetzt. Um eine höhere Leistung bereitzustellen, werden Wärmepumpen auch häufig parallel geschaltet. (AGFW, 2013)

Während das Grundprinzip der Wärmebereitstellung in allen Wärmepumpen gleich ist (eine ausführliche Beschreibung der Funktionsweise z. B. in (VDE, et al., 2015)), unterscheiden sich die Eigenschaften zwischen folgenden Wärmepumpenarten:

- Erd-Wärmepumpe: Entziehen dem Untergrund durch geschlossene Kunststoffrohre Wärme – Kunststoffrohre können Sonden oder Kollektoren sein
- Grundwasser-Wärmepumpe: Entziehen dem Grundwasser durch ein Brunnenpaar (Entnahme- und Schluckbrunnen) zur Förderung und Wiedereinleitung Wärme
- Luft-Wärmepumpe: Entziehen dem Luftstrom Wärme – bei Wohngebäuden meist Außenluft, auch warme Abluft möglich

- Großwärmepumpen: Nutzen verschiedene Wärmequellen wie die obigen oder andere Quellen wie Flusswasser oder Abwärme, definieren sich aber über die größere Leistungsklasse ab ca. 150 kW_{th} (BFE, et al., 2006).

Zeitliche Verfügbarkeit

Grundsätzlich sind Wärmepumpen ganzjährig einsetzbar, es stellt sich jedoch bei den meistgenutzten Wärmequellen eine unterjährige Veränderung des Temperaturniveaus ein und somit eine Veränderung der Effizienz der Wärmepumpe. Diese Temperaturniveaus der Wärmequellen schwanken unterschiedlich stark:

- Luft-Wärmepumpe: Die Temperatur der Wärmequelle ist direkt außentemperatur-abhängig, daher bestehen starke unterjährige Schwankungen.
- Erd-Wärmepumpe (mit horizontalen Kollektoren): Die Bodentemperatur folgt mit zeitlicher Verzögerung der Außentemperatur, schwankt jedoch weniger stark. In der Betriebsphase nimmt die Bodentemperatur mehr oder weniger stetig ab.
- Grundwasser- und Erd-Wärmepumpe (mit vertikalen Erdsonden): Es bestehen geringere unterjährige Schwankungen der Wärmequelle als bei den anderen Wärmequellen.

Da auch die Temperaturniveaus in der Raumwärmebereitstellung über das Jahr schwanken, diese sind generell im Winter höher als in der Übergangszeit, schwankt die Effizienz der Wärmepumpen ebenfalls.

Damit Wärmepumpen emissionsfreie Wärme erzeugen, muss der eingesetzte Strom aus erneuerbaren Energien stammen. Auch dieser einzusetzende erneuerbare Strom für den klimaneutralen Betrieb der Anlagen ist nicht kontinuierlich in gleichem Umfang verfügbar.

Räumliche Verfügbarkeit

Die räumliche Verfügbarkeit von Wärmepumpen ist zum einen durch die lokal verfügbaren Wärmequellen sowie räumlichen Bedingungen zur Anzapfung dieser und zum anderen von den angeschlossenen Gebäuden abhängig.

Für die Nutzung von Luft-Wärmepumpen muss ausreichend Abstand zwischen den außen aufgestellten Ventilatoren und den anliegenden Gebäuden bestehen (Conrad, 2020). Bei der Nutzung von Erd-Wärmepumpen mit horizontalen Kollektoren ist das Vorhandensein von großen, freien Bodenflächen essenziell, damit ausreichend große

Kollektoren in den Boden eingebracht werden können. Die verfügbare Leistung von Grundwasser- Wärmepumpen wiederum ist abhängig von dem lokalen Vorhandensein und der Produktivität des Grundwasserleiters (Buddenbohm, 2011). Auch andere bereits vorhandene Nutzungen des Grundwassers dürfen von Grundwasser- Wärmepumpen nicht zu stark negativ beeinflusst werden, bezogen auf ihren Effekt auf Grundwasserniveau und -temperatur.

Auf Grund des niedrigeren Temperaturniveaus in sanierten Gebäuden und im Neubau sind Wärmepumpen vor allem hier ganzjährig besonders effizient einsetzbar. Bei Altbau bzw. unsanierten Gebäuden ist ein Einsatz technisch möglich, geht jedoch mit einer geringeren Effizienz und damit einem höheren Strombedarf einher, woraus höhere Wärmegestiegungskosten folgen. Während vor einigen Jahren noch angenommen wurde, dass für die Integration von Wärmepumpen tiefgreifende Anpassungen der Gebäudetechnik notwendig sind, haben mittlerweile eine Vielzahl an umgesetzten Projekten gezeigt, dass sie auch in die bestehende Gebäudetechnik integriert werden können. Hierbei ist der Einsatz in Mehrfamilienhäusern, aufgrund des höheren Bedarfs, schwieriger als bei kleineren Gebäuden. Nach einer Sanierung eines Gebäudes können durch den Ersatz weniger Heizkörper im Gesamtsystem schon relevante Absenkungen der Systemtemperaturen für die Raumwärmebereitstellung erreicht werden (Fraunhofer ISE; Lämmle, Manuel et al., 2021). Für die Trinkwarmwasserbereitstellung müssen jedoch weiterhin die aus hygienischen Gründen (Vorgabe der Trinkwasserverordnung, u. a. Vermeidung von Legionellenbildung) erforderlichen Temperaturen eingehalten oder andere Maßnahmen zur Legionellenprävention umgesetzt werden.

Trotzdem ist im Winter speziell bei Luft-Wärmepumpen eine zusätzliche Heizquelle (meist ein strombetriebener Heizstab) erforderlich. Hybride Systeme, bestehend aus einer Wärmepumpe gekoppelt mit einem fossil befeuerten Kessel, können ohne relevante Einschränkungen auch im unsanierten Bestand eingebaut werden. Allerdings sollte bei allen Gebäuden möglichst sofort statt einer hybriden Lösung ein monovalentes System aus Wärmepumpe und Heizstab eingebaut werden.

Verlässlichkeit

Dezentrale Wärmepumpen sind eine großflächig erprobte und verlässliche Technologie. Die Anwendung von Großwärmepumpen (> 150 kW) ist in anderen Ländern ebenfalls bereits vielfach erprobt und in Deutschland nimmt die Nutzung in den letzten Jahren ebenfalls stark zu. Zu beachten ist, dass die Verlässlichkeit der Wärmebereitstellung von der gewählten Wärmequelle abhängt. Sollte es zum Beispiel zu einer Absenkung des Grundwasser-Niveaus kommen, kann es sein, dass die

entsprechenden Anlagen nicht mehr eingesetzt werden können. Um die Verlässlichkeit der Wärmepumpen zu erhöhen und vor allem die Effizienz der Wärmepumpe oder die Kombination mit PV-Strom zu verbessern, sollten Wärmepumpen in der Regel gemeinsam mit einem Pufferspeicher konzipiert und betrieben werden.

Einschränkungen für die Umsetzung

Aufgrund der hohen Vorlauftemperaturen im Gebäudebestand ist hier ein weniger effizienter Einsatz von Wärmepumpen als im Neubau möglich. Weiterhin sind die Kosten für den genutzten Strom aktuell höher als für die Referenzenergieträger Erdgas und Heizöl. Ob dieser Preisunterschied durch die höhere Effizienz der Wärmepumpe wettgemacht werden kann, hängt davon ab, unter welchen Rahmenbedingungen sie betrieben wird (speziell Zieltemperatur und Temperatur der Wärmequelle). Durch die Veränderungen der Energieträgerpreise kann sich der Preisunterschied so entwickeln, dass die zukünftigen Kosten der Referenzenergieträger auf einem gleichen oder sogar höheren Niveau liegen.

Neben den unter „Verfügbarkeit“ dargestellten Einschränkungen begrenzen bei Grundwasser- und Erd-Wärmepumpen Faktoren wie Anzeige- und Genehmigungspflichten, Flächenmangel und ein erhöhter Installationsaufwand gegenüber konventionellen Kesseln den Einbau. Speziell bei Großwärmepumpen sind zudem umfangreiche Genehmigungen wegen großer Kältemittelmengen und die Integration von Lüftungsanlagen am Aufstellungsort erforderlich, um die ggf. auftretenden Dünste von Kältemitteln abtransportieren zu können. Ebenfalls bestehen hohe Anforderungen an die Absicherung von potenziellen Kältemittelleckagen.

Als letzte relevante Einschränkung ist das aktuelle Wissen zur Einsetzbarkeit von Wärmepumpen und mangelnde Erfahrung der Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer sowie auch der Heizungsinstallateurinnen und -installateure mit der Technologie zu benennen. Durch den zunehmenden Einsatz der Technologie, welche u.a. durch das verabschiedete Gebäudeenergiegesetz unterstützt wird, kann sich dieser Wissensrückstand jedoch abbauen.

Effekt auf das verbundene Energiesystem

Beim vermehrten Einsatz von Wärmepumpen zu Heizzwecken entstehen ein erhöhter Strombedarf und vor allem Spitzenlasten zu Wärmebedarfszeiten, wobei zu diesen Zeiten meist auch Stromverbrauchsspitzen durch Haushalte vorliegen. Somit werden die Strom-Verteilnetze durch die zusätzlichen Bedarfe stärker ausgelastet.

Als Verteilnetzbetreiber analysiert die swa Netze GmbH der Stadtwerke Augsburg die zusätzlichen Belastungen, die durch Wärmepumpen auf das Stromnetz zukommen. Dabei werden auch die weiteren Belastungen von beispielsweise Photovoltaikanlagen und einer zunehmenden Ladeinfrastruktur betrachtet, um einen ganzheitlichen Blick auf die Anforderungen an das zukünftige Stromnetz zu bekommen und es entsprechend vorzubereiten. Beim Zusammenfallen mit anderem Strombedarf im Hochlastzeitfenster kann ein erhöhter Bedarf nach Spitzenlasterzeugern auf der Stromseite resultieren, bei welchen es sich um nicht erneuerbare Stromerzeuger handeln kann. Dieser Effekt wird durch den Einsatz von effizienteren Grundwasser-/Erd-Wärmepumpen gegenüber Luft-Wärmepumpen gemildert.

Durch den Einsatz von an die Wärmepumpen angeschlossenen Wärmespeichern oder die Ausnutzung des Gebäudes als thermischer Speicher kann der Einsatz der Wärmepumpen zeitlich verschoben werden, um diese Verbrauchsspitzen zu vermeiden. Prinzipiell können je nach Steuerung und Volumen der vorhandenen Wärmespeicher der Wärmepumpen auch positive Effekte für die Integration von Strom aus Photovoltaik in das lokale Energiesystem erreicht werden. Hierfür müssen die Anlagen statt mit dem Wärmebedarfsprofil mit dem Stromerzeugungsprofil betrieben und die Wärme in den vorhandenen Speichern zwischengespeichert werden (FfE, et al., 2017). Im Gegensatz zu ländlichen Gebieten ist in Städten wie Augsburg nicht damit zu rechnen, dass Photovoltaikanlagen zu hohen lokalen Erzeugungsüberschüssen führen, welche das lokale Stromnetz stark belasten und somit durch zusätzliche Verbrauchende in die lokalen Energiesysteme integriert werden müssen.

Insgesamt kann es durch den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen zu steigenden Netzbelastungen kommen, im Gegensatz zu den steigenden Netzbelastungen durch Elektrofahrzeuge, welche bei hohen individuellen Leistungen laden, wird diese Belastung jedoch als weniger signifikant eingeschätzt. Eine detaillierte Untersuchung zu diesem Zusammenhang wird aktuell von der swa Netze GmbH durchgeführt.

Eine lokal verstärkte Nutzung von Grundwasser-Wärmepumpen kann eine Temperaturveränderung des Bodens und des Grundwassers verursachen. Um dies zu verhindern, bestehen Grenzwerte, welche bei der Anlagenauslegung beachtet werden müssen. Im Rahmen von Projekten der TU München (u.a. Projekt GeoSPOT) wurde eine App entwickelt, die entsprechende Wechselwirkungen simuliert.

Häufig wird bei Grundwasser-Wärmepumpen eine Kombination mit grundwassergekoppelter sommerlicher Kälteerzeugung angestrebt: Der winterliche

Wärmeentzug kann durch einen sommerlichen Wärmeeintrag wieder ausgeglichen werden.

4.2.2 Ermittlung der Potenziale

Für den Einsatz von Grundwasser-Wärmepumpen erhebt der Lehrstuhl für Hydrogeologie der Technischen Universität München im Projekt GeoSPOT in Zusammenarbeit mit der Stadt Augsburg und den Stadtwerken Augsburg die energetischen Potenziale des Grundwassers. Im ENP Wärme sind vorläufige Ergebnisse eingeflossen; detaillierte Ergebnisse der Modellrechnung können nach Abschluss des GeoSPOT-Projektes in den ENP Wärme oder nachfolgende Konzepte integriert werden. Die grundlegenden Potenzialdaten stellen die technisch mögliche Entnahmemenge für kleine und große Anlagen exemplarisch mit 10 m und 100 m Brunnenabstand dar. Da die thermische Beeinflussung der Wärmepumpen untereinander in diesen Daten nicht inkludiert ist, handelt es sich hierbei um eine Zwischenstufe aus theoretischem und einem technischen Potenzial.

Für Luft-Wärmepumpen ist das Potenzial vor allem durch die Aufstellmöglichkeit und die vorgeschriebenen Mindestabstände zu benachbarten Gebäuden und Bauwerken begrenzt. Innerhalb des ENP Wärme wurde dieser Aspekt beim Clustern der Gebiete im Arbeitspaket 3 betrachtet und eine Maßnahme für Gebäude mit geringen Abständen in Kapitel 9 festgeschrieben.

Explizite Potenziale für Erd-Wärmepumpe mit vertikalen Erdsonden konnten nicht erhoben werden, da die Nutzung in Augsburg entweder nicht möglich ist oder eine Einzelfallprüfung bedarf, wie der folgenden Abbildung 4-2 entnommen werden kann.

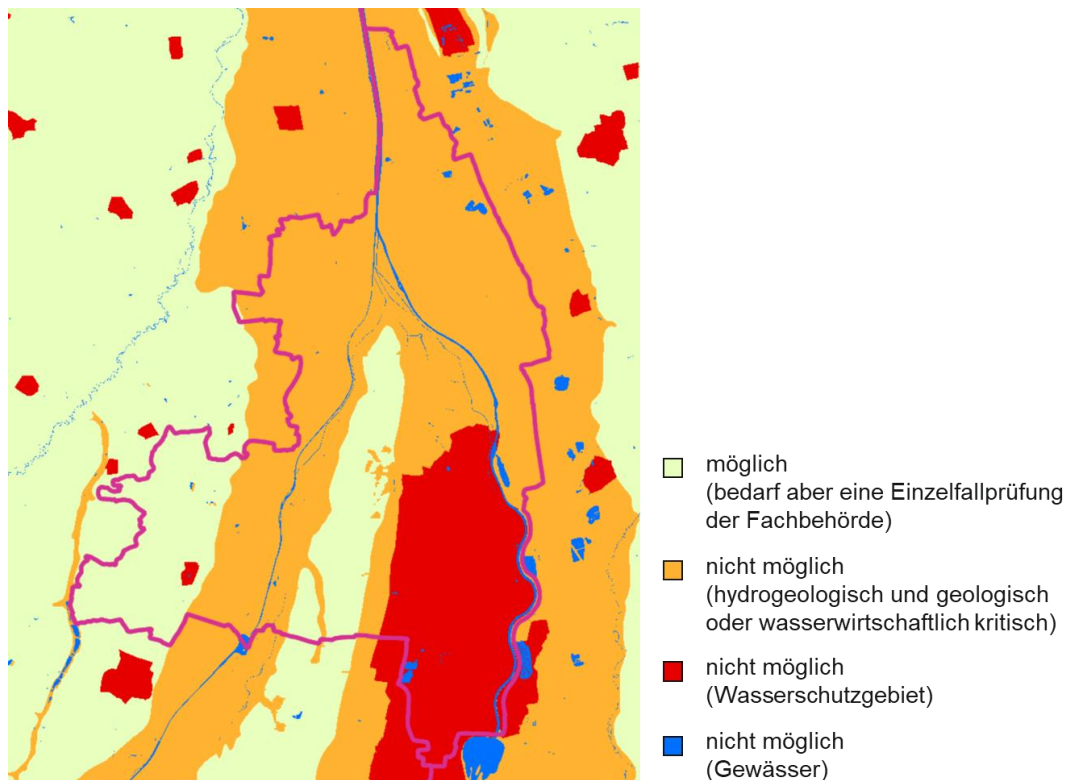


Abbildung 4-2: Nutzungsmöglichkeit Erdwärmesonden, (Ifu Bayern, 2019)

Für das technische Potenzial der Erd-Wärmepumpen mit horizontalen Kollektoren wurde abgeglichen, ob die Bruttogeschossfläche des Gebäudes mit der unbebauten Fläche des Gebäudes übereinstimmt. Wenn dies der Fall ist, wurde für das Gebäude in den Berechnungen eine Erd-Wärmepumpe mit horizontalen Kollektoren in Betracht gezogen. Das realisierbare Potenzial dieser Technologie wird jedoch wesentlich geringer angenommen, da bestehende Gärten und Bepflanzungen bei der Installation der Kollektoren in dem meisten Fällen nicht bestehen bleiben könnten und im Nachgang erneut aufgebaut bzw. bepflanzt werden müssten.

4.3 Umweltwärme zur Nutzung mit Solarthermie

4.3.1 Technische Beschreibung

Die Einbindung der solaren Wärme über Solarthermie erfolgt meist über verglaste Flachkollektoren oder Vakuumröhrenkollektoren. Das erreichbare Temperaturniveau beträgt je Technologie (Pehnt, et al., 2017) (AGFW, 2013):

- ca. 20 – 80 °C bei Flachkollektoren
- bis zu 120 °C bei Vakuumröhrenkollektoren

Eine geringe Zieltemperatur ist für die effiziente Nutzung solarer Wärme zielführend, eine niedrige Rücklauftemperatur führt zu einer höheren Aufheizspanne und erhöht damit den Ertrag. Bei Flachkollektoren sollten Vorlauftemperaturen von maximal 70 – 80 °C und Rücklauftemperaturen von maximal 60 °C vorliegen. Bei Vakuumröhrenkollektoren sind wiederum Vorlauftemperaturen bis 100 °C und Rücklauftemperaturen bis 80 °C möglich. (AGFW, 2013)

4.3.2 Ermittlung der Potenziale

Die Verfügbarkeit der Solarthermie liegt schwerpunktmäßig mittags in den Sommermonaten, ist fluktuierend und nur geringfügig regelbar. Somit steht ihre Verfügbarkeit im Gegensatz zum Profil des Wärmebedarfs. Im Winterbetrieb sind die Anlagen aufgrund der zur Gebäudebeheizung erforderlichen hohen Vorlauftemperaturen bei jahreszeitlich bedingt geringem solarem Potenzial für den direkten Einsatz nur sehr eingeschränkt nutzbar (AGFW, 2013). Daher ist in der Regel die Kombination mit einem weiteren Wärmeerzeuger notwendig (Pehnt, et al., 2017) (FfE, et al., 2019). Häufig werden Solarthermie-Anlagen primär unterstützend eingesetzt, während ein anderer Wärmeerzeuger den Hauptteil des Bedarfes abdeckt.

Um die Nutzung der Solarthermie, vor allem die Nutzung im Winter, zu erhöhen, sind somit saisonale Speicher nötig. Ein geeigneter weiträumiger Standort zur Aufstellung großer Freiflächenanlagen und evtl. saisonaler Speicher ist erforderlich, was zu Akzeptanzproblemen führen kann (Pehnt, et al., 2017) (AGFW, 2013) und in Ballungsgebieten in Konkurrenz zum Wohnungsbau oder anderen Flächennutzungen stünde. Hier wären Aquiferspeicher zu präferieren, deren Machbarkeit und Einsatzbarkeit in Augsburg aktuell noch innerhalb des Forschungsvorhabens OptInAquiFer unter Beteiligung der Stadtwerke Augsburg untersucht wird.

Neben den Freiflächenanlagen konkurrieren auch die Aufdachanlagen um Flächen. So können die Dachflächen, die für eine Solarthermieanlage genutzt werden, nicht mehr für eine Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung verwendet werden. Hierbei wird aus Solarthermieanlagen mehr Wärme generiert als Strom aus Photovoltaikanlagen, was sich in ihrem höheren Nutzungsgrad niederschlägt. Dieser geringere Nutzungsgrad der Photovoltaikanlagen wird wiederum durch eine Kombination mit einer Wärmepumpe wett gemacht. Es empfiehlt sich hier ein ganzjähriger Vergleich der Systeme Solarthermie in Kombination mit einem weiteren Wärmeerzeuger versus Photovoltaik in Kombination mit einer Wärmepumpe.

Wenn weder Wärmepumpe noch Fernwärme eingesetzt werden kann und somit Biomasse genutzt werden muss, weist eine gut ausgelegte Solarthermieranlage den Vorteil auf, dass sie die Trinkwarmwasserbereitstellung im Sommer übernimmt und der Biomasse-Kessel hierfür kaum im ineffizienten Teillastbereich gefahren werden muss. Weiterhin werden dann häufige kurze Schaltzeiten des Biomasse-Kessels vermieden.

Über das Solarkataster der Stadt Augsburg kann die solare Einstrahlung auf den Dachflächen in Augsburg abgerufen werden. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 4-3. Zudem können Eignungsklassen angezeigt werden, um die Nutzung der solaren Einstrahlung auf der eigenen Dachfläche einschätzen zu können. Eine weitergehende Detaillierung des Solarpotenzials wird der ENP Strom bringen, dessen Erstellung für 2024/2025 geplant ist.

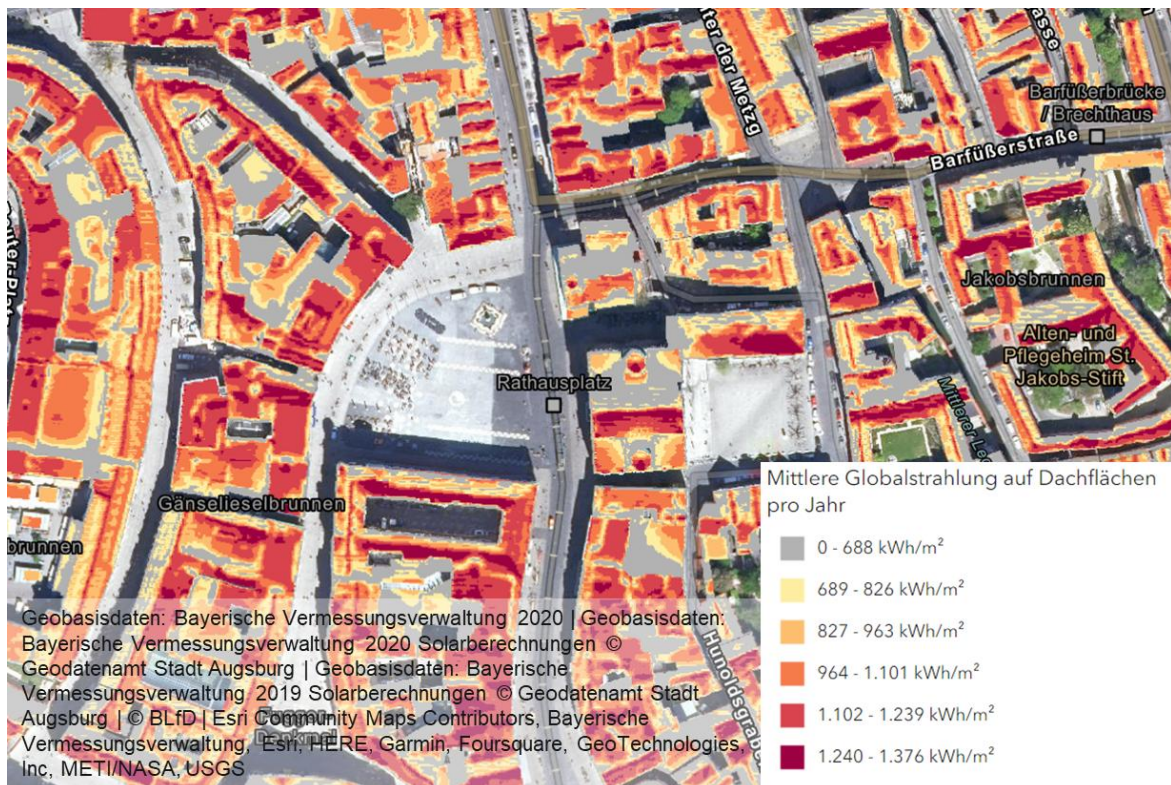


Abbildung 4-3: Ausschnitt aus dem städtischen Solarkataster; (Stadt Augsburg, 2023)

Auf Grund der hohen Anzahl an Mehrfamilienhäusern in Augsburg und einem somit recht geringen Verhältnis von Dachfläche zu Wärmebedarfen ist nicht damit zu rechnen, dass die Solarthermie hier als primärer Wärmeerzeuger eingesetzt werden kann. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Solarthermie in individuellen Gebäuden oder als Unterstützung einer anderen Wärmeerzeugungsart eine Rolle spielen kann, jedoch quantitativ von untergeordneter Bedeutung im Gesamtkonzept für Augsburg sein dürfte.

4.4 Tiefe Geothermie

4.4.1 Technische Beschreibung

Als tiefe Geothermie wird die energetische Nutzung der im tieferen Untergrund (> 1.000 m) gespeicherten Wärme, meist aus Heißwasser-Aquiferen, bezeichnet. Zur Erschließung werden Tiefbohrungen niedergebracht, über die zum einen das Wärmeträgermedium Wasser gefördert und zum anderen, nach dem Entzug der nutzbaren Wärme, wieder in denselben Aquifer zurückgeleitet wird.

Für die Erschließung und Nutzung der tiefen Geothermie sind bergrechtliche Genehmigungen erforderlich.

Zeitliche Verfügbarkeit

Geothermische Wärme steht ganzjährig zur Verfügung. Aufgrund der hohen Investitionen für Bohrungen und Anlagen wird sie bislang vorrangig in der Grundlast eingesetzt.

Räumliche Verfügbarkeit

Zur Erschließung von Geothermiepotezialen im verdichteten Stadtgebiet gelten besondere Bedingungen (u. a. Clusterbohrungen zur Erreichung höchstmöglicher Flächeneffizienz sowie Möglichkeiten der parallelen Flächennutzung, innovative Lärmschutzkonzepte während der Bohrphase).

Verlässlichkeit

Eine Bewilligung zur Erdwärmegewinnung wird zunächst für 50 Jahre vergeben, ist aber anschließend mit Vorrecht verlängerbar. Zusätzlich wird eine gehobene wasserrechtliche Erlaubnis für die Förderung und Wiedereinleitung von Tiefenwasser erteilt. Während des Bewirtschaftungszeitraums kann von einer etwa konstanten, verlässlichen Wärmeförderung ausgegangen werden.

4.4.2 Ermittlung der Potenziale

Das technische Potenzial der tiefen Geothermie ist für den Raum Augsburg noch nicht ausgiebig erfasst. Die bekannten Informationen belaufen sich darauf, dass der Malm in Augsburg bei einer Tiefe von rund 450 m unter Normalnull zu finden ist (Green City Energy, 2011) und Temperaturen von ca. 40 °C aufweist.

Zur Einspeisung in das aktuelle Wärmenetz in Augsburg sind diese Temperaturen zu gering, weshalb es eine Nacherhitzung benötigen würde.

Im Zuge des Forschungsprojektes OptInAquiFer und der Ausarbeitung eines Transformationspfades für die Fernwärme in Augsburg arbeiten die Stadtwerke Augsburg aktuell an der weiteren Analyse dieses Potenzials und prüfen zudem Einbindungsmöglichkeiten und Konzepte, um die tiefengeothermischen Potenziale zukünftig im Augsburger Wärmenetz zu nutzen.

4.5 Abwärme

Insbesondere in städtischen Gebieten liegen vielfältige Formen von Abwärme vor. Im Folgenden beschrieben werden die Quellen:

- industrielle und gewerbliche Abwärme,
- Abwärme aus Kühlaggregaten, insbesondere Rechenzentren,
- Abwärme aus Klärschlammaufbereitungsanlagen und
- Abwärme aus Abwasserkanälen

Als weitere relevante Wärmequelle ist die Abwärme der Müllverwertungsanlagen zu nennen. Diese wird jedoch nicht genauer beschrieben, da sie bereits Anwendung im Fernwärmenetz der Stadtwerke Augsburg findet.

Wenn Abwärme außerhalb der entstehenden Einheit (bspw. Industrieunternehmen, Gewerbe, Supermarkt oder Rechenzentrum) in den Wärmemarkt integriert werden kann, wird sie in der Regel in ein Wärmenetz eingespeist. Da die Stadtwerke Augsburg gerade an dem Transformationsplan für ihrer Fernwärme arbeiten, in dem auch die Abwärmepotenziale in Augsburg betrachtet werden, wurden an dieser Stelle keine separaten Erhebungen durchgeführt. In Kapitel 9 wird jedoch eine entsprechende Maßnahme zu einer späteren Zusammenführung der Pläne vorgeschlagen.

4.5.1 Technische Beschreibung industrieller und gewerblicher Abwärme

In vielen Industriebranchen und auch zum Teil im Gewerbe (z. B. in Großbäckereien) wird Prozesswärme auf hohen Temperaturen benötigt, wodurch Abwärme anfällt. Diese wird häufig über freie Kühlung an die Luft oder an das Grundwasser abgegeben bzw. aktiv über entsprechende Kühlaggregate ausgekühlt. Sind im Unternehmen sowohl Kühl- als auch Wärmebedarfe vorhanden, so werden diese, sofern wirtschaftlich umsetzbar, zunächst im Betrieb selbst miteinander verschnitten. Damit dies geschehen kann, muss zunächst eine strukturierte Aufbereitung aller vorliegenden Abwärmequellen erfolgen, was in vielen Unternehmen bisher nicht der Fall ist. Gerade im produzierenden Gewerbe liegen häufig Abwärmeüberschüsse vor, welche nicht im Betrieb genutzt werden können. Diese könnten je nach

Temperaturniveau direkt über einen Wärmetauscher an ein Wärmenetz abgegeben werden oder mittels Wärmepumpen im Temperaturniveau erhöht und dann eingebunden werden.

Zeitliche Verfügbarkeit

Der Ablauf von industriellen Prozessen und somit das Auftreten von einhergehenden Abwärmepotenzialen ist höchst individuell. So gibt es Prozesse, welche, abgesehen von Wartungsintervallen, kontinuierlich laufen und hierbei ein gleichbleibendes Temperaturniveau und eine konstante Leistung an Abwärme erzeugen. Bei den meisten Prozessen schwanken jedoch die erzeugte Abwärmeleistung und vor allem das Temperaturniveau.

Räumliche Verfügbarkeit

Das Aufkommen von industrieller Abwärme ist ausschließlich dort gegeben, wo Gewerbe bzw. Industrie ansässig ist. Ob diese Abwärme erzeugen, hängt von den im Betrieb genutzten Prozessen ab. Häufig sitzen Unternehmen mit höher temperierten Abwärmemengen außerhalb der Stadt.

Verlässlichkeit

Wenn die Prozessabläufe eines Unternehmens bekannt sind, kann das Aufkommen an Abwärme relativ gut prognostiziert werden. In der Praxis besteht hier häufig die Herausforderung, dass Änderungen im Prozessablauf von den Industrieunternehmen nicht an die Abnehmerinnen und Abnehmer der Abwärme kommuniziert werden, wodurch die Verlässlichkeit stark sinken kann. Prinzipiell ist die Verlässlichkeit auch durch die Möglichkeit des spontanen Auftretens von Problemen der Abwärme generierenden Prozesse eingeschränkt, allerdings in der Regel als unwahrscheinlich anzusehen. Auf Grund dieses Risikos müssen die Abwärmequellen jedoch immer mit einer weiteren vorzuhaltenden Wärmequelle besichert werden (n-1 Prinzip).

Einschränkungen für die Umsetzung

Die grundlegende Herausforderung für die Nutzung industrieller Abwärme ist die fehlende nachvollziehbare Datengrundlage für das Ausmaß verfügbarer Abwärme. Weiterhin sind in entsprechenden Abwärme-Erschließungsprojekten viele Akteurinnen und Akteure beteiligt. Seitens der Industrieunternehmen hat die Produktion Vorrang. Daher darf hier durch die Abwärmenutzung kein Risiko entstehen und ein ggf. auftretender zusätzlicher Aufwand muss sich lohnen.

Da die Wärmeübergabestelle meist auf dem Gelände des Abwärmeproduzenten aufgestellt wird, muss eine gemeinsame Lösung zur Bereitstellung dieser Fläche

gefunden werden. Hier ist die Ausgestaltung von Verträgen mit Abwärmeproduzenten meist sehr individuell, weswegen die Erschließung administrativ einen recht hohen Aufwand darstellen kann.

Als wirtschaftliche Herausforderung stellt sich meist die Absicherung der Wärmeversorgung aus den Abwärmequellen dar. Diese Anlagen sind technisch erforderlich, werden jedoch in vielen Fällen wenig genutzt. Weiterhin müssen die getätigten Investitionen in Wärmetauscher etc. über einen finanziellen Mehrwert gedeckt werden, welcher sich meist erst nach mehreren Jahren einstellt. Dem gegenüber steht die Unsicherheit, ob die Abwärmequellen langfristig verfügbar sind.

4.5.2 Technische Beschreibung von Abwärme aus Kühlaggregaten, insbesondere Rechenzentren

Aus der Bereitstellung von Klimakälte und der Prozesskühlung kann Abwärme gewonnen und mit Hilfe einer Wärmepumpe auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Speziell Rechenzentren (ggf. auch Kühlhäuser vor größeren Supermärkten) stellen auf Grund des recht kontinuierlichen Kühlbedarfs eine interessante Abwärmequelle dar. Hierbei werden Rechenzentren entweder luft- oder wassergekühlt, was einen Effekt auf das Temperaturniveau des Abwärmestroms hat und entsprechend auf dessen Nutzbarkeit.

Zeitliche Verfügbarkeit & Verlässlichkeit

Bei Rechenzentren ist Abwärme kontinuierlich verfügbar, wobei im Sommer stärker gekühlt werden muss und somit die Abwärmeleistung entsprechend leicht steigt. Im Winter weisen Rechenzentren weiterhin einen recht hohen Kühlbedarf auf, geben ihre Abwärme aber meist über freie Kühlung an die Umgebung ab, statt diese aktiv zu kühlen. Bei Kühlanlagen, welche ausschließlich für die Bereitstellung von Klimakälte eingesetzt werden, bestehen nur im Sommer Potenziale zur Nutzung.

Räumliche Verfügbarkeit

Abwärme aus Kühlaggregaten ist primär dort zu finden, wo Gewerbe/Rechenzentren vorhanden sind.

Einschränkungen für die Umsetzung

Häufig sind den Betreiberinnen und Betreibern von Kühlanlagen die Kosten für die Kältebereitstellung nicht genauer bekannt, weil die Anlagen nicht individuell gemessen werden und somit der Verbrauch nicht transparent nachvollzogen werden kann. Daher werden keine Alternativen für die effizientere Kühlung bzw. Verwertung der Abwärme genutzt. Zudem handelt es sich häufig um kleine Rechenzentren einzelner

Unternehmen, deren Anschluss aufgrund geringer Leistungen selten wirtschaftlich dargestellt werden kann. Für die Einbindung der Abwärme größerer Rechenzentren liegen jedoch schon weltweit Referenzprojekte vor.

Effekt auf das verbundene Energiesystem

Bei Ersatz von Kühlaggregaten zur Nutzung der Abwärme ist ein positiver Beitrag zur Entlastung der Stromnetze möglich. Häufig erzeugen Kälteanlagen in der Industrie im Sommer Strom-Spitzenlasten am Nachmittag. Industriekunden bezahlen ihre Stromkosten nach bezogener Maximalleistung (Leistungspreis) und genutzter Strommenge (Arbeitspreis). Hohe Lastspitzen durch Kühlaggregate im Sommer können die im Jahr maximal bezogene Leistung massiv steigern, sodass der zu zahlende Leistungspreis gesteigert wird.

4.5.3 Technische Beschreibung von Abwärme aus der Klärschlammverbrennung

Bei der Abwasserreinigung fällt kontinuierlich Klärschlamm an, aus dem durch Faulung Faulgas gewonnen wird, welches vor Ort energetisch verwertet wird. Der Klärschlamm wird anschließend entweder direkt der eigenen thermischen Klärschlammverwertung zugeführt oder in Müllheizkraftwerken thermisch verwertet.

Da jedoch die Klärschlammverordnung dahingehend verändert wurde, dass künftig höhere Anteile an Phosphor aus dem Klärschlamm zurückgewonnen werden müssen, sind die bestehenden Anlagen zu ersetzen oder anzupassen. Vor allem wird hierdurch die gemeinsame Verbrennung mit Abfall stark eingeschränkt.

Zeitliche und Räumliche Verfügbarkeit/Verlässlichkeit

Klärschlamm bzw. Klärgas fallen bei den entsprechenden Schritten der Abwasserreinigung bzw. Schlammbehandlung kontinuierlich über das Jahr hinweg an.

Einschränkungen für die Umsetzung

Die thermische Verwertung des Klärschlammes findet häufig in KWK-Anlagen statt, welche wiederum Wärme und Strom für die Prozesse der Abwasserreinigung und Schlammbehandlung bereitstellen. Die Deckung des hohen Eigenbedarfs der Kläranlagen steht hierbei im Vordergrund. Ob eine zusätzliche Einspeisung in ein Wärmenetz möglich ist, ist daher von der verbleibenden Energiemenge abhängig.

4.5.4 Technische Beschreibung von Abwärme aus Abwasserkanälen

Mittels Wärmetauscher kann dem städtischen Abwasserstrom Wärme entzogen und als Wärmequelle für eine Wärmepumpe genutzt werden, welche dann Wärme zur Heizung etc. bereitstellen kann. Besonders relevant ist die Auswahl der geeigneten Wärmetauscher und des Systemaufbaus (z.B. inklusive vorgefilterten Bypass für den genutzten Abwasserstrom), damit unter den widrigen Umständen möglichst viel und kontinuierlich Abwärme aus dem Abwasser entzogen werden kann.

Zusätzlich ist es möglich die Abwärme dem Abwasser direkt bei einem Klärwerk zu entziehen. Da hierbei die Wärmemengen sehr groß sind, ist die Verwendung vor allem für Nah- und Fernwärmenetze sinnvoll. Aus diesem Grund wird das Klärwerk Augsburg ein Bestandteil des Transformationsplans der Augsburger Fernwärme.

Anforderungen und Einschränkungen für die Umsetzung

Es bestehen schwankende und vertraglich nicht garantierbare Rahmenbedingungen im Abwasserstrom bzw. -kanal, wie z. B. Temperatur und Durchfluss (z. B. wegen Maßnahmen am Kanal, Änderung der Betriebsweise oder witterungsbedingten Störungen). Allerdings können durch entsprechende Messungen und Erfahrungswerte der Betreiber der Abwasserkanäle gute Prognosen erstellt werden, welche eine Einordnung der Varianz der relevanten Parameter erlauben. Zudem sind die Wärmetauscher im Abwasserstrom stark verschmutztem Abwasser ausgesetzt, sodass sie regelmäßig gereinigt werden müssen und ggf. beschädigt werden.

Während des Einbaus des Wärmetauschers bzw. des Bypasses muss der Kanalabschnitt "abwasserfrei" gemacht werden können. Daher sollte der Einbau eines Wärmetauschers vorzugsweise erfolgen, wenn ein Kanal saniert oder neu gebaut wird. Weiterhin muss beachtet werden, dass eine Zugänglichkeit des Wärmetauschers kontinuierlich gewährleistet ist, dieser Kanal über eine größere Strecke eine gerade Führung aufweist und das Abflussvermögen durch die Einbauten des Wärmetauschers nicht beeinträchtigt wird. Bei diesen Überlegungen müssen auch zukünftige Entwicklungen im Kanal beachtet werden.

4.6 Biomasse

4.6.1 Technische Beschreibung

Biomasse subsumiert eine breite Palette verschiedener Brennstoffe biogenen Ursprungs. Bezogen auf ihre Herkunft wird zwischen Rest- und Abfallstoffen sowie

Anbaubiomasse unterschieden. Auch der biogene Anteil des Siedlungs- und Industrieabfalls wird als Biomasse eingestuft.

Im Bereich der Gebäudewärme wird Biomasse insbesondere in Form von Holz (Pellets, Scheitholz, Holzhackschnitzel) eingesetzt. Der Einsatz erfolgt in modernen Heizkesseln (v. a. Zentralheizungen, z. T. Einzelraumöfen) und (oftmals ineffizienten) Kaminöfen. Letztere fungieren in der Regel als sekundäres Heizsystem. In der zentralen Wärmeerzeugung wird Biomasse in Form verschiedener Wandlungsprozesse (Dampfkraftprozesse, Holzvergasung) in Heiz- und Heizkraftwerken eingesetzt.

Mit der Verbrennung von Biomasse (fest, gasförmig, flüssig) lassen sich hohe Temperaturen erreichen, was ihren Einsatz in unsanierten Gebäuden und auch für die Erzeugung von Prozesswärme interessant macht.

Details zu Potenzialen, Emissionsbilanzen und Kriterien für die Nachhaltigkeit finden sich in der Studie „Nachhaltigkeit von holzartiger Biomasse – Begleitstudie zum Projekt „Nachhaltigkeitskodex für den Einsatz von Biomasse in Tiefstack“, veröffentlicht 2022 von der FfE (Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH) und Bredow Valentin Herz Rechtsanwälte.

Zeitliche Verfügbarkeit

Grundsätzlich ist Biomasse (fest, flüssig, gasförmig) als speicher-/lagerfähiger Brennstoff ganzjährig einsetzbar und unterliegt keinen tageszeitlichen Schwankungen. Zur Vermeidung einer zu häufigen Taktung dezentraler Kessel im Sommer bietet sich eine Kombination mit einem separaten System (z. B. Solarthermie) zur Trinkwarmwasserversorgung an.

Räumliche Verfügbarkeit

Bei dezentralen Biomasseanlagen hängt die räumliche Verfügbarkeit im Kern davon ab, ob ein Gebäude über ausreichend Platz/Raum für die Lagerung des Brennstoffs verfügt. Bei zentralen Anlagen ist die räumliche Verfügbarkeit abhängig von den Möglichkeiten der Brennstoffanlieferung (Lieferlogistik) sowie den Lagermöglichkeiten vor Ort.

Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit nachhaltiger Biomasse sollte der Einsatz von Biomasse auf Gebäude beschränkt werden, die nur schwer sanierbar sind (z. B. bei Denkmalschutz / erhaltenswerten Fassaden), sofern diese nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können und über keine Potenziale anderer dezentraler erneuerbarer Wärmeenergien (z. B. Umweltwärme) verfügen.

Einschränkungen für die Umsetzung

Aufgrund der Konkurrenz zur Produktion von Lebens- und Futtermitteln ist Anbaubiomasse sehr umstritten („Tank/Teller-Diskussion“). Eine infolge des Biomasseanbaus geänderte Landnutzung kann zudem zu signifikanten Treibhausgas-Emissionen führen. Aus diesem Grund ist der Import von Biomasse aus Übersee kritisch zu sehen und sollte vermieden werden. Die Verfügbarkeit regionaler Biomasse aus nachhaltiger Forst- und Landwirtschaft (z. B. Holzhackschnitzel) ist zudem begrenzt und sollte sinnvoll in sehr effizienten Anlagen genutzt werden. Hier sind zentrale, effiziente Großanlagen (z.B. systemdienlich betriebene KWK-Anlagen) den Einzelheizungen in Gebäuden vorzuziehen.

Die Verbrennung fester Biomasse geht mit Emissionen von Luftschadstoffen (Feinstaub, Stickoxide usw.) einher. Dies gilt vor allem für dezentrale Anlagen. So sind Holzheizungen beispielsweise eine wesentliche Quelle von Feinstaub. Gerade im verdichteten innerstädtischen Raum muss deswegen auf einen besonders schadstoffarmen Betrieb der Anlagen geachtet werden.

Im Hinblick auf die Verwendung von Biomasse zur Erzeugung von Fernwärme ist langfristig ein Übergang von einem Einsatz in der Grundlast zu einem eher punktuellen systemdienlichen Einsatz notwendig. Kurz- und mittelfristig wird die Biomasse jedoch als Grundlasttechnologie in der Fernwärme noch benötigt, um die Versorgungssicherheit, die sukzessive Umstellung auf erneuerbare Energien und den Fernwärmeausbau sicherstellen zu können.

4.6.2 Ermittlung der Potenziale

Für die dezentrale Wärmeerzeugung wird nur in Ausnahmefällen die Nutzung von Biomasse angesetzt. Für die Fernwärme wird Biomasse in den Grenzen der Bundesförderung effizienter Wärmenetze angenommen. Hier wird von maximal 15 % der Jahreserzeugung ausgegangen.

4.7 Emissionsarme Gase

Neben dem lokalen Einsatz erneuerbarer Energien und der direkten Nutzung von erneuerbar erzeugtem Strom zur Bereitstellung von Wärme werden auch emissionsarme Gase für die Dekarbonisierung im Wärmesektor viel diskutiert. Generell kommen hierfür Biogas, Klärgas sowie Wasserstoff und auf Wasserstoff basierende synthetische Energieträger in Betracht. Die Potenziale von nachhaltig erzeugtem Biogas und von Klärgas sind, gemessen am Energiebedarf des Wärmesektors in Augsburg, von untergeordneter Bedeutung und werden größtenteils

bereits genutzt (beispielsweise Einspeisung in das Gasnetz der Stadtwerke Augsburg bei der Abfallverwertung Augsburg (kurz: AVA)), daher sind die folgenden Analysen auf Wasserstoff und seine Folgeprodukte fokussiert. Weiterhin ist aktuell der bundesweite Markt an Biogas ausgeschöpft, was gemäß Expertenschätzung perspektivisch auch darüber hinaus so bleibt.

Die Aktualisierung der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung (BMWK, 2023) erwartet bis 2030 einen Gesamtwasserstoffbedarf von 95 bis 130 TWh. Dieser wird nach Einschätzung der Bundesregierung zu 50-70 % durch Importe aus dem Ausland gedeckt werden. Die restlichen 30-50 % müssen demnach durch einheimische Erzeugung bereitgestellt werden. Dazu hat die Bundesregierung in ihrer aktualisierten Wasserstoffstrategie das Elektrolyseziel (2030) von 5 GW auf 10 GW verdoppelt.

Um die Daten zu konkretisieren, findet im ersten Quartal 2024 eine Marktabfrage bei den in Deutschland ansässigen Unternehmen zu ihren Wasserstoffbedarfen und -Einspeisemöglichkeiten statt. An dieser Abfrage beteiligen sich auch Augsburger Unternehmen, darunter die swa Netze GmbH als Netzbetreiber. Bedarfe und Einspeisungen können demnach in einer Aktualisierung des ENP Wärme für Augsburg spezifischer betrachtet werden.

Die Strategie der Bundesregierung sieht weiterhin eine vorrangige Verwendung wasserstoffbasierter Produkte in den Anwendungen vor, deren Energiebedarf nicht direkt mit Strom gedeckt werden kann, insbesondere bei den Grundstoffen für die Industrie, im Luft- und Seeverkehr und im Schwerlastverkehr an Land. Ein breiter Einsatz von Wasserstoff in der Wärmeversorgung ist demnach nicht vorgesehen. Verschiedene Szenarien für die Entwicklung zu einem klimaneutralen Deutschland (z. B. (Agora , 2020) (Prognos AG , 2021)) sehen eine begrenzte Rolle von Wasserstoff in diesem Sektor bereits ab dem Jahr 2030, vor allem in der Spitzenlasterzeugung der Fernwärme und in einem stromgeführten Betrieb der KWK.

4.7.1 Technische Beschreibung

Im Wesentlichen gehören zu den synthetischen Gasen, die für den Einsatz im Wärmesektor in Frage kommen:

- Wasserstoff, erzeugt v. a. durch Elektrolyse; idealerweise aus erneuerbar erzeugtem Strom
- Auf Basis von erneuerbarem Wasserstoff und nachhaltig gewonnenem CO₂ erzeugtes synthetisches Methan

Die entscheidende Technologie, von deren Entwicklung der künftige Einsatz von Wasserstoff abhängig sein wird, ist die Elektrolyse, in der Wasser mit Hilfe von Strom in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Dieser Prozess ist zwar generell erprobt und wird schon über lange Zeiträume eingesetzt. Wesentlicher Entwicklungsbedarf besteht jedoch in Richtung einer höheren Effizienz des Prozesses, einer größeren Flexibilität bei der Stromnachfrage (um den Betrieb dem schwankenden Dargebot von erneuerbarem Strom anzupassen) und der kostengünstigen, industriellen Fertigung von Elektrolyseuren.

In der nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung wird die „Farblehre des Wasserstoffs“ genauer skizziert, hier wird auf die beiden als am wichtigsten erachteten Möglichkeiten eingegangen. In den bisherigen Überlegungen war angestrebt, zunächst „blauen“ Wasserstoff einzusetzen, der auf der Reformierung von Erdgas in Verbindung mit der Abscheidung und Ablagerung von CO₂ basiert. Hiermit sollte der vorbereitende Wechsel hin zu Wasserstoff-nutzenden Technologien ermöglicht werden, auch schon bereits bevor grüner Wasserstoff verfügbar ist. Allerdings wurde in diesem Zuge auf günstig verfügbaren Wasserstoff aus Russland gesetzt. Die mit dem russischen Angriffskrieg in der Ukraine einhergehenden Entwicklungen, inklusive der Verwerfungen an den Energiemärkten, machen diese Perspektive jedoch nicht realistisch. Weiterhin ist die gesellschaftliche Akzeptanz dieses Produktionspfades unklar; in der Industrie besteht aktuell ausschließlich Nachfrage nach grünem Wasserstoff. Nichtsdestotrotz bietet blauer Wasserstoff aus heutiger Sicht prinzipiell die zuverlässigere Möglichkeit, langlebige Infrastrukturen, z. B. in der Stahlindustrie, relativ frühzeitig auf eine künftig vollständig auf erneuerbaren Energien basierende Wasserstoffwirtschaft umzustellen. Blauer Wasserstoff erlaubt gegenüber dem Einsatz von Erdgas eine deutliche Emissionsreduktion, basiert aber auf einem fossilen Energieträger und kann daher nur eine Brücke sein bis zu dem Zeitpunkt, in dem ausreichende Mengen an grünem Wasserstoff zu akzeptablen Kosten zur Verfügung stehen.

Die Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu synthetischem Methan erfordert zusätzliche, mit signifikanten Kosten verbundene Prozessschritte, die auch die Verluste im Vergleich zur ursprünglich eingesetzten Menge an Strom weiter erhöhen. Daher kann nach heutigem Stand davon ausgegangen werden, dass im Bereich der gasförmigen Energieträger zur Wärmeerzeugung Wasserstoff dominierend sein wird.

Einen umfassenden Überblick über die Erzeugungstechnologien und voraussichtlichen Kosten, die erwartbare Nachfrage und die infrastrukturellen Voraussetzungen für die Nutzung von Wasserstoff und wasserstoffbasierten Energieträgern bietet (Matthes, 2020).

Zeitliche Verfügbarkeit

Um grünen Wasserstoff in großen Mengen verfügbar zu machen, muss die Technologie der Elektrolyse technisch stark skaliert und es müssen große Leistungen an Elektrolyseuren realisiert werden.

Damit der Wasserstoff als emissionsfrei gelten kann, muss für den Strombedarf der Elektrolyse zudem eine entsprechende Kapazität an erneuerbarer Stromerzeugung zusätzlich zum bereits politisch fixierten Ausbauziel (definiert als Anteile am Strombedarf der klassischen Verbrauchssektoren) aufgebaut werden. Der für die Herstellung des Wasserstoffs benötigte Strom muss also vollständig aus zusätzlichen erneuerbaren Kraftwerken stammen, die ohne die Stromnachfrage der Elektrolyse nicht betrieben würden. Angesichts des stockenden Ausbaus der inländischen Stromerzeugung aus Windkraft und der begrenzt realisierbaren Potenziale inländischer erneuerbarer Stromerzeugung ist absehbar, dass ein überwiegender Teil des für ein klimaneutrales Deutschland erforderlichen Wasserstoffs importiert werden muss.

Aufgrund der Entwicklungs- und Vorlaufzeiten für den Ausbau von Elektrolyse und erneuerbarer Stromerzeugung ist damit zu rechnen, dass die in Deutschland bis 2035 verfügbaren Mengen an Wasserstoff stark begrenzt sind. Sie werden voraussichtlich vorrangig in diejenigen Nachfragesektoren kanalisiert, in denen frühzeitig langfristig bedeutende Pfadentscheidungen getroffen werden müssen, wie z. B. in der Stahlerzeugung und weiteren Teilen der Industrie.

Räumliche Verfügbarkeit

Aufgrund der räumlichen Verteilung kostengünstiger Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung ist nicht davon auszugehen, dass größere Mengen an Wasserstoff in der Region Augsburg hergestellt werden. Um die Stromnetze nicht zusätzlich zu belasten, bieten sich für die Erzeugung von grünem Wasserstoff, sofern er nicht ohnehin importiert wird, eher Regionen in Norddeutschland an.

Blauer Wasserstoff könnte an Orten entlang der bestehenden Transportwege von Erdgas erzeugt werden. Aufgrund der deutlich geringeren Energiedichte im Vergleich zu Erdgas und der damit verbundenen reduzierten Kapazität vergleichbar dimensionierter Transportleitungen wird die Umwandlung vermutlich erst nach einem größeren Teil der Transportstrecke erfolgen, also in der Nähe des endverbrauchenden Landes. Ein weiterer wichtiger Standortfaktor ist die Möglichkeit zum Abtransport des abgeschiedenen CO₂ in eine Lagerstätte. Vom Ort der Erzeugung aus bis zum

Endverbrauchenden muss dann eine Transport-Infrastruktur für Wasserstoff geschaffen werden.

Als Grundlage für einen zügigen Einsatz von Wasserstoff, vor allem in der Industrie, planen die deutschen und europäischen Fernleitungsnetzbetreiber den Aufbau eines „European Hydrogen Backbone“, dessen Leitungsnetz nach aktuellen, ambitionierten Planungen nach Auskunft des zuständigen Ferngasnetzbetreibers bayernets GmbH bis zum Jahr 2032 auch nach Augsburg reichen soll. Insofern ist die Annahme, dass Wasserstoff bis 2032 auch in Augsburg grundsätzlich verfügbar sein wird, aus heutiger Sicht zwar ambitioniert, aber nicht unrealistisch.

Auch wenn Wasserstoff grundsätzlich nach Augsburg transportiert werden kann, bedeutet dies noch nicht eine flächendeckende Verfügbarkeit im Stadtgebiet. Aufgrund der erforderlichen Priorisierung des Einsatzes dieses Energieträgers wird davon ausgegangen, dass nur die dieser Priorisierung entsprechenden Anlagen, z. B. große Industrieunternehmen oder die großen Erzeugungsanlagen für Strom und Fernwärme der Stadtwerke Augsburg, an eine Wasserstoffversorgung angeschlossen werden.

Als Alternative zum „sortenreinen“ Transport von Wasserstoff wird auch die anteilige Beimischung in das Leitungsnetz für fossiles Erdgas diskutiert. Dies würde allerdings den politisch gewollten zielgenauen Einsatz von Wasserstoff in bestimmten Sektoren und Anwendungen nicht ermöglichen und wird daher als keine wahrscheinliche Lösung angesehen. Weiterhin können diverse Anwendungen in Industrie und Gewerbe nur entweder mit reinem Erdgas oder reinem Wasserstoff betrieben werden. Daher ist aktuell auch technisch bei vielen Gasnetzbetreibern, wie auch beim Augsburger Gasnetzbetreiber swa Netze GmbH, eine signifikante Beimischung nicht absehbar.

Verlässlichkeit

Wasserstoff ist – sofern eine entsprechende Transportinfrastruktur existiert – gut speicherbar und kann daher flexibel genutzt werden. Für den im Inland erzeugten Wasserstoff kann von einer zuverlässigen Versorgung ausgegangen werden, sofern es gelingt, die erneuerbare Stromerzeugung entsprechend auszubauen und im Stromsystem ausreichend Flexibilität bereitzustellen, um die fluktuierende Stromerzeugung und den nur teilweise steuerbaren Stromverbrauch ausgleichen zu können.

Für den Import von Wasserstoff kann grundsätzlich das Entstehen eines funktionierenden Weltmarkts erwartet werden. Allerdings können globale Erzeuger-Oligopole und die teilweise politisch instabilen Erzeugerregionen eine sichere

weltweite Versorgung erschweren. Daher kommt einer diversifizierten europäischen Beschaffungsstrategie ebenso eine hohe Bedeutung zu wie der strikten Beachtung sowohl umweltseitiger wie auch gesellschaftlicher Nachhaltigkeitskriterien bei der Erzeugung von Wasserstoff für den Export nach Deutschland bzw. Europa.

Einschränkungen für die Umsetzung

Bei der Herstellung und Bereitstellung von auf Elektrolyse basierendem Wasserstoff kommt es zu Umwandlungsverlusten von derzeit bis zu 35 % des eingesetzten Stroms. Je nach Anwendungstechnologie kommt es beim Einsatz des Brennstoffs zu weiteren Verlusten. Perspektivisch wird die Effizienz bei der Herstellung von Wasserstoff voraussichtlich weiter verbessert werden können. Auch langfristig ist aber mit Verlusten von 20 bis 25 % zu rechnen. Daher sind hohe Mengen an zusätzlich erzeugtem, erneuerbarem Strom nötig, um den Wasserstoff tatsächlich klimaneutral zu erzeugen.

Wasserstoff wird als Energieträger aller Voraussicht nach auch langfristig deutlich teurer sein als Erdgas. Auch unter Berücksichtigung der CO₂-Bepreisung von Erdgas in großen Anlagen durch den EU-Emissionshandel wird sein Einsatz daher aller Voraussicht nach zu höheren Kosten führen.

4.7.2 Ermittlung der Potenziale

Da Wasserstoff gemäß der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung primär in denjenigen Anwendungen eingesetzt werden soll, in denen es keine praktisch verfügbare Alternative für die Dekarbonisierung gibt, ist in den Szenarien im Rahmen dieser Studie keine Anwendung in dezentralen Heizungsanlagen vorgesehen.

Die Anwendung von Wasserstoff in den Anlagen von Großunternehmen oder den Kraftwerken der Stadtwerke Augsburg liegt außerhalb des Betrachtungsrahmens und wurde daher nicht weiter untersucht. Für die Anlagen der Stadtwerke werden die Untersuchungen, ob ein Einsatz von Wasserstoff notwendig wird, im "Transformationsplan Fernwärme" fortgeführt.

4.8 Fazit und Ausblick

Die Potenzialanalyse für Augsburg hat gezeigt, dass viele Potenziale noch nicht oder nicht vollumfänglich erhoben werden konnten und es spezifischer Potenzialanalysen bedarf.

Im Einzelnen sollten vor allem die Grundwasserdaten aus dem GeoSPOT Projekt nach Beendigung des Projektes weiter aufbereitet werden. Hierfür ist eine geodatenbasierte

Datenform sinnvoll, um die Potenziale mit den Augsburger Gebäuden verschneiden zu können.

Eine weitere Datenquelle zur Vervollständigung der Potenzialdaten ist der "Transformationsplan Fernwärme" der Stadtwerke Augsburg, die darin erarbeiteten Potenzialen, besonders für Geothermie und Abwärme, sollten in einer neuen Auflage des ENP Wärme und der kommunalen Wärmeplanung beachtet werden.

Neue Potenzialerhebungen sind vor allem in dem Bereich der städtischen Kläranlage und der Abwasserkanäle zu empfehlen, da hier aktuell nur punktuelle Daten vorliegen, der Einfluss und Zugriff der Stadt Augsburg auf diese Wärmepotenziale jedoch direkt ist.

Des Weiteren sollten auch Fluss-, Bach- und Kanalpotenziale erhoben werden. Hierfür bedarf es vor allem Messeinrichtungen an geeigneten Stellen, sodass langfristige Messdaten zu Jahresdurchflussmengen und -temperaturen erfasst werden, anhand dieser die Potenziale bestimmt werden können.

Eine Maßnahme zu den offenen Potenzialerhebungen befindet sich zudem im Maßnahmenkatalog, welcher in Kapitel 9 zusammengestellt ist.

5 Rahmenparameter der Wärmewende

Für die Berechnung der zukünftigen Gebäudewärmebedarfe sowie zur Deckung dieser mit erneuerbaren Energien werden in dieser Studie zwei Szenarien untersucht. In diesem Kapitel wird die Differenzierung der beiden Szenarien aufgezeigt und es werden die relevanten Parameter beschrieben.

5.1 Ausgestaltung der Szenarien

Beide Szenarien wurden als top-down Modell aufgebaut, was bedeutet, dass jeweils Parameter und Trends vorgegeben wurden und das Ergebnis zum Zieljahr 2040 nicht festgesetzt ist. Diese Methodik wurde gewählt, um Maßnahmen und realistisch erreichbare Parameter festzulegen und damit zu überprüfen, ob unter geringen bzw. hohen Anstrengungen das Ziel im Zieljahr erreicht werden kann.

Das erste Szenario (Basisszenario) beschreibt eine Fortführung des aktuellen Wegs ohne zusätzliche Anstrengungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung. Alle bis 2022 schon beschlossenen Regelungen, Gesetze oder auch gesellschaftlichen Trends wurden mit einbezogen, zusätzlich wurden die Veränderungen durch die Novellierung des Gebäudeenergiegesetzes (2023) und das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (in Kraft seit Anfang 2024) mit einbezogen.

Das zweite Szenario stellt das Klimaschutzszenario mit zusätzlichen Anstrengungen dar. Über die aktuellen Bemühungen einer klimaneutralen Wärmeversorgung hinaus werden darin ambitioniertere Parameter für die Transformation hin zu klimaneutralen Wärmequellen gesetzt, deren Erreichung durch Maßnahmen auf Kommunal-, Landes- und Bundesebene unterstützt werden muss.

In den folgenden Kapiteln werden die eingeflossenen Parameter beschrieben und die Unterschiede aufgezeigt.

5.2 Zubau von Wohnraum

Der Wohnraumzubau ist eine Größe, die den Zubau an Wohnungen und Gebäuden in der Stadt repräsentiert. Da dieser Wert zum einen durch die Wohnfläche, die Menschen für sich zu Verfügung haben möchten, und durch den Zuzug nach Augsburg beeinflusst wird, ist die reale Entwicklung bis zum Jahr 2040 starken Unsicherheiten ausgesetzt. Der Wert für den Wohnraumzubau wird daher für beide Szenarien identisch angesetzt.

In Abstimmung mit dem Stadtplanungsamt der Stadt Augsburg wurde ein jährlicher Zubau von 850 Wohneinheiten festgelegt. Jede Wohneinheit wird dabei mit 100 m² Bruttogeschossfläche angenommen. Als Effizienzhausstandard (EH) für den Neubau wird wiederum KfW-EH- 40 festgeschrieben, was einem Gebäudewärmebedarf von ca. 32,4 kWh/m² im Jahr entspricht. Insgesamt erhöht der Wohnraumzubau den städtischen Wärmebedarf pro Jahr um 2,75 GWh, was ca. 0,1 % des gesamten Gebäudewärmebedarf in Augsburg ausmacht.

Obwohl der Anteil am gesamten Gebäudewärmebedarf sehr gering ist, ist die Versorgungsart im Neubaubereich relevant, da die Lebensdauer von Heizungstechnologien im Schnitt 20 Jahre beträgt und eine fossile Heizungsanlage im Neubau daher Einfluss auf das Ergebnis noch im Jahr 2040 hat. Aus diesem Grund und da in einem Neubau ohne große Schwierigkeiten direkt eine erneuerbare Heizungsanlage konzipiert und eingebaut werden kann, werden in beiden Szenarien für alle Neubauten erneuerbaren Heizung angenommen und betrachtet. Die dazugehörige Maßnahme, damit diese Prämisse auch in der Realität zu greifen kommt, befindet sich in Kapitel 9.

Neben einer erneuerbaren Heizungsanlage sollte bei Neubauten auch die Bauteilaktivierung in Betracht gezogen werden. Dabei werden massive Bauteile wie Decken oder Wände zur Temperaturregulierung genutzt, indem Wasserleitungen integriert werden, die Wärme oder Kälte speichern und abgeben können. Dieses System verbessert die Energieeffizienz und kann durch frühzeitige Planung kosteneffizient umgesetzt werden.

Da nicht jede Wohneinheit ein neues Gebäude darstellt, benötigt auch nicht jede Einheit jeweils eine eigene Heizungsanlage bzw. einen eigenen Anschluss an das Fernwärmenetz. Daher wurden jeweils 8,5 neue Wohneinheiten in einem neuen Gebäude zusammengefasst, sodass in beiden im Rahmen der Studie betrachteten Szenarien insgesamt pro Jahr jeweils 106 neue Gebäude in Augsburg errichtet werden. Die Verteilung der Gebäude auf das Stadtgebiet wurde anhand der bereits bebauten und noch freien Flächen gewichtet über die Stadt verteilt. Einzelne schon geplante Gebiete wurden dabei nicht berücksichtigt.

5.3 Sanierung

Die Sanierung als Haupttreiber der Wärmewende in Augsburg wurde in beiden Szenarien unterschiedlich angesetzt. Zudem wurden jeweils die Sanierungsraten und die Sanierungstiefen für die einzelnen Jahre festgelegt, die im Weiteren beschrieben werden.

5.3.1 Sanierungsrate

Die Sanierungsrate gibt an, zu welchem Prozentsatz Gebäude in einem definierten Gebiet saniert werden. Die aktuelle Sanierungsrate in Deutschland liegt bei rund 1 % (Behr, et al., 2023). Da für Augsburg kein spezifischer Wert ermittelt werden konnte, wurde dieser Wert als Anhaltspunkt herangezogen.

Die folgende Abbildung 5-1 zeigt die Sanierungsraten, die innerhalb des ENP Wärme angesetzt wurden.

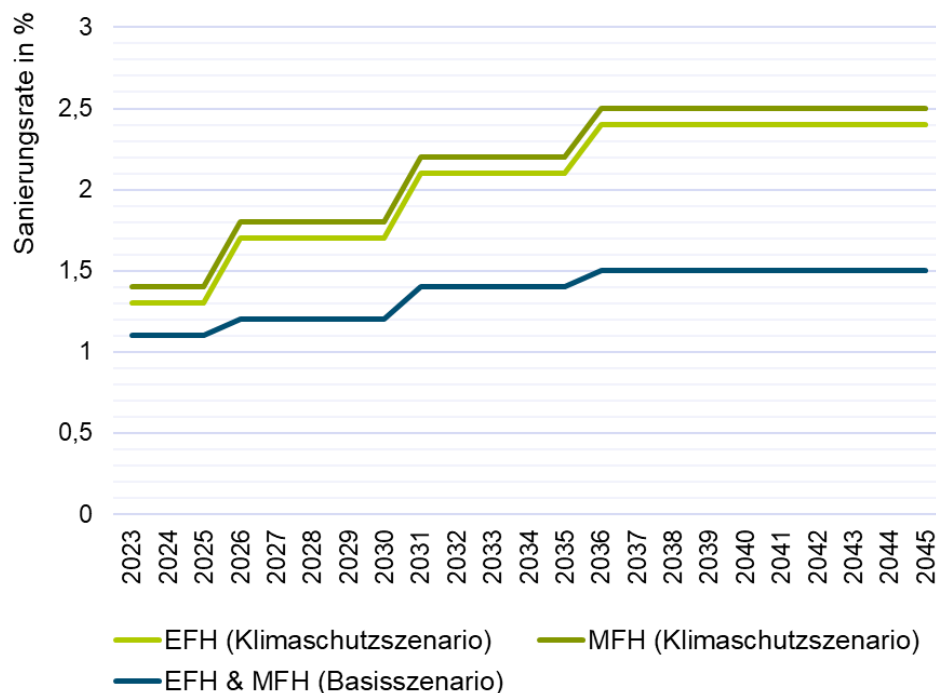


Abbildung 5-1: Sanierungsraten der Szenarien

Die Grafik zeigt den deutlichen Unterschied der beiden Szenarien in Bezug auf die Sanierung. Zum einen liegt die Sanierungsrate im Klimaschutzszenario im Maximum um 1 Prozentpunkt und damit deutlich über der Rate im Basisszenario, zum anderen wird die Sanierungsrate im Klimaschutzszenario noch einmal differenziert, sodass die Mehrfamilienhäuser jeweils eine 0,1 % höhere Sanierungsrate als Einfamilienhäuser aufweisen. Dieses Vorgehen rührt daher, dass die Stadt Augsburg im

Mehrfamilienhausbereich beispielsweise durch die Wohnbaugruppe Augsburg Leben GmbH einen direkteren Einfluss auf die Sanierungsmaßnahmen nehmen kann.

Bei einer Kumulation der Sanierungsraten über die Jahre bis 2040 ist erkennbar, dass im Klimaschutzszenario rund 35 % aller Bestandsgebäude in Augsburg saniert werden würden. Dazu im Vergleich sind es bei dem Basisszenario lediglich rund 24 %. Bezogen auf die 40.131 Bestandsgebäude, die innerhalb des ENP Wärme betrachtet wurden, ergibt dies eine Differenz von ca. 4.500 Gebäuden, die durch die geringeren Sanierungsraten in Augsburg bis 2040 nicht saniert werden würden.

In der Studie "Klimaschutz 2030", die durch KlimaKom eG erstellt wurde, wird zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes auf eine notwendige Sanierungsrate ab 2023 von 2 % und ab 2025 von 3 % hingewiesen. Da diese Werte im Vergleich zur aktuellen Sanierungsrate nicht erreichbar scheinen, wurden für das Klimaschutzszenario die dargestellten Prozentsätze angenommen, die jedoch ebenfalls als sehr ambitioniert eingestuft werden müssen. Das Ziel der Erhöhung der Sanierungsrate ist damit eine wichtige Maßnahme für die Stadt Augsburg, um die Augsburger Wärmewende zum Erfolg zu führen. Diese Maßnahme wird in Kapitel 9 ausgeführt.

5.3.2 Sanierungstiefe

Als zweiten Parameter im Bereich Sanierung wird die Sanierungstiefe herangezogen. Die Sanierungstiefe gibt an, in welcher Intensität eine Sanierung stattgefunden hat, sie ist daher eng mit der Sanierungsrate verknüpft. Ohne die Sanierungstiefe kann über die Sanierungsrate lediglich quantifiziert werden, wie viele Bestandsgebäude saniert werden, ein Rückschluss auf die Minderung des Gebäudewärmebedarfs kann jedoch erst in Verbindung mit der Sanierungstiefe gezogen werden.

Für den ENP Wärme wurden die Sanierungstiefen über KfW-Klassen definiert. Die Annahmen für die zwei Szenarien können den folgenden Tabellen entnommen werden.

Tabelle 5-1: Sanierungstiefen der Szenarien

Klimaschutzsz.	Bis 2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040	2041 -2045
EFH	KfW-85	KfW-70	KfW-55		
MFH	KfW-70		KfW-55	KfW-40	
FW-Gebiet	KfW-70				
Denkmal- geschützt	KfW Denkmal				
Basissz.	Bis 2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040	2041 -2045
EFH	KfW-120*	KfW-120*	KfW-100	KfW-85	KfW-85
MFH	KfW-100	KfW-100	KfW-85	KfW-85	KfW-85
Denkmal- geschützt	KfW Denkmal				

*keine KfW-Klasse, jedoch als Mittel zwischen KfW-140 und KfW-100 angesetzt

In beiden Szenarien gleich ist die Sanierungstiefe der denkmalgeschützten Gebäude mit der KfW-Klasse Denkmal. Für die anderen Bestandsgebäude sind im Klimaschutzszenario erheblich tiefer greifende Sanierungsmaßnahmen angenommen.

Die dargestellten KfW-Klassen entsprechen den in Tabelle 5-2 Gebäudewärmebedarfen in kWh/m² bezogen auf die Bruttogeschossfläche. Die zu sanierenden Bestandsgebäude werden so weit saniert, bis sie den jeweiligen Wert erreicht haben. Die Sanierungstiefe gibt demnach in den Szenarien den Endwert aus, auf den gemäß diesen Annahmen saniert wird.

Tabelle 5-2: KfW-Klassen in kWh/m²

Bezeichnung	Trinkwarmwasser [kWh/m ² a]	Raumwärme [kWh/m ² a]	Gesamt [kWh/m ² a]
KfW-40	15	17,4	32,4
KfW-55	15	29,8	44,8
KfW-70	15	42,1	57,1
KfW-85	15	54,5	69,5
KfW-100	15	66,8	81,8
KfW-120	15	83,3	98,3
KfW-140	15	99,9	114,9
KfW-Denkmal	15	116,4	131,4

5.3.3 Sanierungskosten

Sanierungskosten können grob unter zwei Voraussetzungen quantifiziert werden. Der eine Weg besteht darin die Kosten nur für die energetischen Mehraufwendungen in die Betrachtung einzubeziehen. Dies folgt der Annahme, das Gebäude aus nicht energetischen Gründen saniert werden (bspw. Dacherneuerung) und die energetische Sanierung dann aus Synergieeffekten zu diesem Zeitraum mitgemacht wird. Die Allgemeynkosten bspw. für das Gerüst werden bei diesem Ansatz nicht den energetischen Sanierungskosten zugerechnet, wodurch die Kosten bei diesem Vorgehen geringer sind.

Im Gegensatz dazu wurden für den ENP Wärme ein anderes Vorgehen gewählt. Es wurde angenommen, dass durch die steigenden Energieträgerkosten und durch die Notwendigkeit einer energetischen Sanierung, um bspw. effizient eine Wärmepumpe einbauen zu können, direkt aus Gründen der energetischen Sanierung eine allgemein Haussanierung stattfindet. Dieses Vorgehen sorgt für höhere Sanierungskosten und ist damit ein konservativer Ansatz.

Die Kosten für Mehrfamiliengebäude wurden für Augsburg spezifisch von der Wohnbaugruppe Augsburg Leben GmbH bereitgestellt und belaufen sich auf $595 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$. In diesen Kosten beinhaltet ist eine Modernisierung und energetische Sanierung des Daches, der Hülle mit Wärmedämmverbundsysteme, der Fester und Lüftung und der Kellerdecke sowie die Kosten für das Gerüst. Diese Kosten wurden auf Ein- und Zweifamilienhäuser und Reihenhäuser umgelegt und betragen für die genannten Gebäudetypen $818 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$.

5.4 Technologiewechselrate

Ein weiterer Parameter, der eine relevante Stellschraube für die Erreichung der klimaneutralen Gebäudewärmeversorgung darstellt, ist die Technologiewechselrate. Diese Rate ist angelehnt an die natürliche Kesseltauschrates, die angibt, wie häufig ein Kessel auf Grund der erreichten technischen Lebensdauer ausgewechselt werden muss. Für die Zielerreichung sollte jeder ausgetauschte Kessel durch eine erneuerbare Wärmeversorgung ersetzt werden, daher wurde hier der Begriff Technologiewechselrate eingeführt.

Die Technologiewechselrate wird im Klimaschutzszenario bis 2030 mit 5 % und ab 2031 mit 6 % angesetzt. Im Basisszenario wird jeweils ein Prozentpunkt weniger angenommen, sodass bis 2030 4 % und ab 2031 5 % in das Szenario einbezogen werden.

5.5 Klimateffekt

Besonders bei der Erstellung von Studien mit Aussagen über die Klimawirkung sollten die Effekte, die der bereits eingesetzte Klimawandel auf unsere Systeme hat, nicht vernachlässigt werden. Im Bereich der Gebäudewärmeversorgung ist die Abnahme des Wärmebedarfes durch steigende Temperaturen ein Parameter, der innerhalb des ENP Wärme betrachtet wird und in die Szenarien eingebracht wird.

Zur Berücksichtigung dieses Klimateffektes wurde auf eine Analyse der Stadtwerke München zurückgegriffen. Diese haben für München eine Reduktion des Raumwärmebedarfs von 0,22 % pro Jahr festgestellt. Die Minderung kann dabei nicht auf den Warmwasserbedarf übertragen werden, da dieser nicht in direkter Korrelation zu den Außentemperaturen steht (SWM, 2020).

5.6 Preisszenarien

Für die Energieträgerpreise wurden einzelne Szenarien aufgestellt, die sich jedoch auf die identischen Annahmen der Marktentwicklung stützen. Im Folgenden werden die Preiskomponenten und die einzelnen Energieträgerpreise dargestellt.

5.6.1 Emissionspreis durch Brennstoffemissionshandelsgesetz

Für die Emissionspreisberechnung nach Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) wurden die für 2022 dokumentierten Zertifikatspreise angesetzt und von dem Nominalpreis in einen Realpreis umgerechnet. Da für das Jahr 2026 keine Festlegung mehr erfolgt, sondern lediglich ein Minimal- und ein Maximalpreis genannt wurde und für die darauffolgenden Jahre keine Zertifikatspreise veröffentlicht sind, wurden hier die Szenarien aus dem Bericht „Klimaneutrale Wärme München 2035“ angesetzt (FfE GmbH und Öko-Institut e. V., 2021).

Die folgende Tabelle zeigt die Annahmen für die Emissionspreise nach Brennstoffemissionshandelsgesetz.

Tabelle 5-3: Emissionspreis nach BEHG	
Jahr	[€/t CO ₂]
2024	33,0
2026	54,9
2030	115,0
2035	128,0
ab 2040	175,0

5.6.2 Strompreise

Da es im Bereich Strom verschiedene Tarife für Kundinnen und Kunden gibt, wurden insgesamt drei Strompreisszenarien aufgestellt. Die Szenarien „Niederspannung (Haushaltskundinnen und -kunden)“ und „Mittelspannung (Industriekundinnen und -kunden)“ werden nicht spezifisch dargestellt, da im weiteren Verlauf primär das Szenario „Niederspannung (Wärmekundinnen- und -kunden)“ verwendet wurde.

Zur Bestimmung der Strompreisentwicklung wurde der Strompreis zunächst in seine Komponenten aufgeteilt. Jede Komponente wurde einzeln hinsichtlich der Entwicklung bewertet und prognostiziert. Dies ist der folgenden Tabelle zu entnehmen, wobei der Börsenpreis separat dargestellt wird.

Tabelle 5-4: Entwicklung der Strompreiskomponenten

Strompreiskomponente	Entwicklung	Wert 2022 [ct/kWh] / [%]
Stromsteuer	bis 2035 lineare Absenkung auf die Hälfte; danach konstant weiter	2,05
Konzessionsabgabe	konstant	1,56
Umlage nach § 60 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)	entfällt	0,00
Aufschlag nach § 26 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)	lineare Absenkung bis 2045 auf die Hälfte	0,38
Umlage nach § 19 (2) der Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV)	konstant	0,44
Offshore-Netzumlage nach § 17f Abs. 5 EnWG	konstant	0,42
Umlage nach § 18 Verordnung zu abschaltbaren Lasten (AbLaV)	entfällt	0,00
Netzentgelt Arbeitspreis	1 % Anstieg pro Jahr	2,25
Mehrwertsteuer [%]	Senkung auf 7 % bis März 2024; Normalwert von 19 % ab 2025	7

Der Börsenpreis für Strom wurde im November 2022 bei der European Energy Exchange AG (kurz eex) abgerufen. Die Börsenpreise wurden dann weiter in die Zukunft prognostiziert. Die angesetzten Werte sind in Tabelle 5-5 festgehalten.

Tabelle 5-5: Angesetzte Strombörsenpreise

Jahr	Börsenpreis [ct/kWh]
2023	34,60
2024	25,10
2025	18,15
2026	14,20
2027	11,10
2028	8,60

Über die Börsenpreise wurden ein hohes und ein moderates Preisszenario aufgespannt, indem beim hohen Szenario der Wert von 14,2 ct/kWh (2026) und beim moderaten Szenario der Preis von 8,6 ct/kWh (2028) in der Zukunft fortgeschrieben wurde. Das moderate Szenario bildet dabei die Berechnungsgrundlage für die Ergebnisse in Kapitel 8, wohingegen das hohe Preisszenario zur Sensitivitätsanalyse verwendet wurde.

Die Kombination der oben aufgezeigten Komponenten des Strompreises „Niederspannung (Wärmekundinnen und -kunden)“ für das moderate Börsenpreisszenario ist in Abbildung 5-2 dargestellt, dabei ist für das Jahr 2023 die Strompreisbremse in dem Szenario integriert.

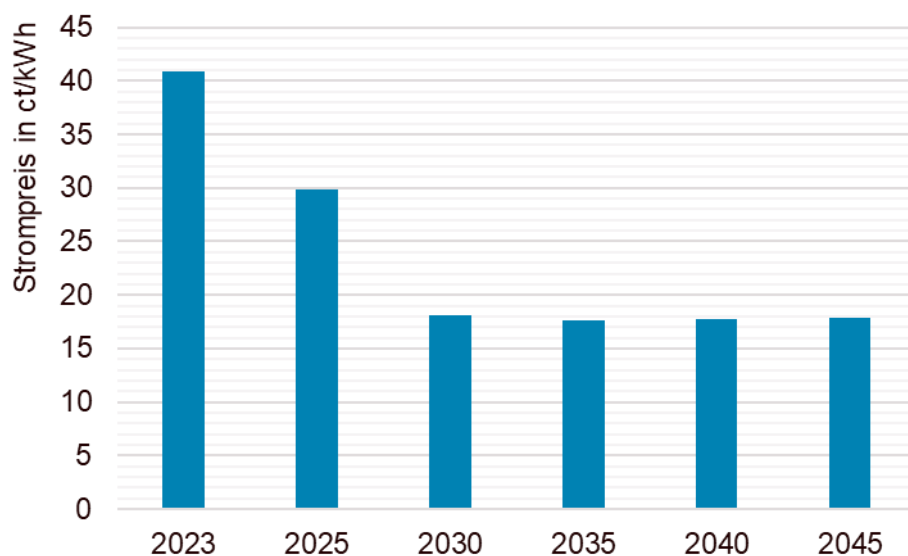


Abbildung 5-2: Moderates Strompreisszenario „Niederspannung (Wärmekundinnen und -kunden)“

5.6.3 Erdgaspreise

Analog zu den Strompreisszenarien wurde für den Erdgaspreis auch eine Komponentenanalyse erstellt, die in Tabelle 5-6 dargestellt ist.

Tabelle 5-6: Entwicklung der Erdgaspreiskomponenten

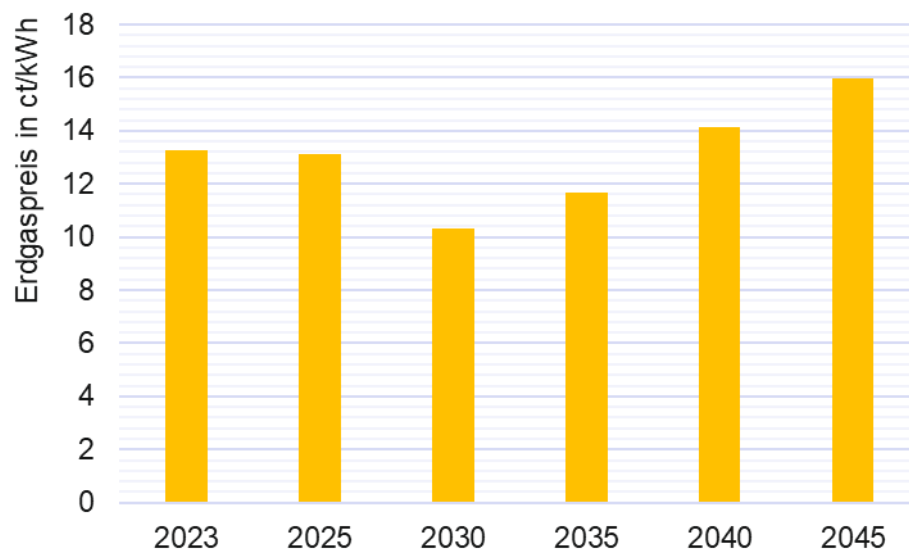
Erdgaspreiskomponente	Entwicklung	Wert 2022 [ct/kWh] / [%]
Netzentgelte	6 % Anstieg pro Jahr	1,59
Konzessionsabgabe	konstant	0,33
Gasspeicherumlage	konstant	0,06
Erdgassteuer	konstant	0,55
EU-ETS	nach BEHG	0,58
Mehrwertsteuer [%]	Senkung auf 7 % bis März 2024; Normalwert von 19 % ab 2025	7

Die Börsenpreise für Erdgas wurden im November 2022 an der eex abgelesen und weiter prognostiziert. Die folgende Tabelle zeigt die angesetzten Werte. Auch hierbei wurden erneut zwei Szenarien (hoch und moderat) aufgespannt. Das hohe Szenario behält den Wert von 5,4 ct/kWh für die Zukunft bei, wohingegen das moderate Szenario bis ins Jahr 2028 auf 2,9 ct/kWh heruntergeht und bei diesem Börsenpreisniveau stagniert.

Tabelle 5-7: Angesetzte Erdgasbörsenpreise

Jahr	Börsenpreis [ct/kWh]
2023	13,85
2024	10,58
2025	7,37
2026	5,40
2027	3,90
2028	2,90

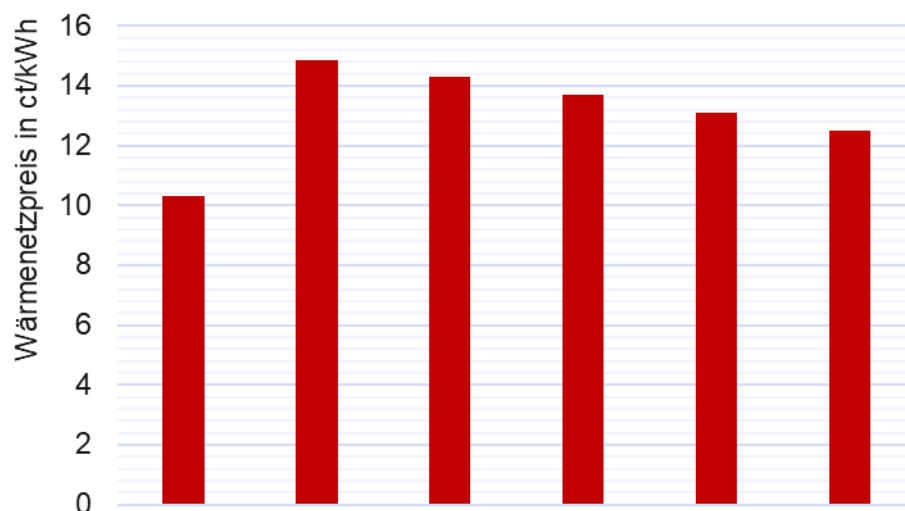
Bei der Berechnung des Energieträgerpreises für Erdgas wurde identisch zum Strompreisszenario das moderate Szenario gewählt (und damit die niedrigeren Erdgaspreise für Augsburger BürgerInnen unterstellt). Zudem ist die Erdgaspreisbremse berücksichtigt worden. Der angesetzte Erdgaspreis für die Stützjahre kann der Abbildung 5-3 entnommen werden.

*Abbildung 5-3: Moderates Erdgaspreisszenario*

5.6.4 Wärmenetzpreise

Für die Preise bei Wärmenetzen wurde ein Mischpreis angesetzt, der Nah- und Fernwärme gleichermaßen beachtet. Zudem wurde in Kleinverbraucher und Sondervertrag getrennt, die jedoch im Folgenden zusammen und damit als durchschnittlicher Wärmenetzpreis dargestellt werden.

Der Wärmenetzpreis setzt sich zum einem aus dem Preis des Wärmenetzanbieters (in Augsburg den Stadtwerken Augsburg) und der Mehrwertsteuer zusammen. Für beides wurden die Absenkungen bis März 2024 integriert, sodass sich für den Wärmenetzpreis folgende Entwicklung abbildet.

*Abbildung 5-4: Wärmenetzpreisszenario*

5.6.5 Biomassepreise

Innerhalb der Biomassepreisszenarien wurden Preisentwicklungen für Pellets und Holzhackschnitzel aufgestellt.

Durch das sehr hohe Energieträgerpreisniveau in Folge der Energiekrise ist die vergangene Entwicklung der Pelletspreise nicht repräsentativ. Der Preis von 665 €/t_{Pellets}, der im November 2022 bei C.A.R.M.E.N. e.V. abgelesen wurde, wird daher als maximaler Preis angesehen. In den folgenden Jahren wird dann von einer linearen Senkung des Preises auf 304 €/t_{Pellets} im Jahr 2025 ausgegangen. Nach der Reduzierung der Pelletspreise auf ein erhöhtes Vor-Energiekrisen-Niveau wird von einer Preissteigerung von 2 % pro Jahr ausgegangen.

Im Gegensatz zu den Pelletspreisen hat die Energiekrise die Holzhackschnitzelpreise nicht im selben Ausmaß beeinflusst. Daher wurde der Wert von 98 €/t_{Holzhackschnitzel}, der im November 2022 bei C.A.R.M.E.N. e.V. abgelesen wurde, angesetzt und eine Preissteigerung von 2 % pro Jahr ab dem Jahr 2024 angenommen.

Die sich ergebenden und angesetzten Biomassepreisszenarien sind in der Abbildung 5-5 dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Werte in ct/kWh inkl. Mehrwertsteuer umgerechnet wurden, um eine Vergleichbarkeit der Energieträger zu ermöglichen.

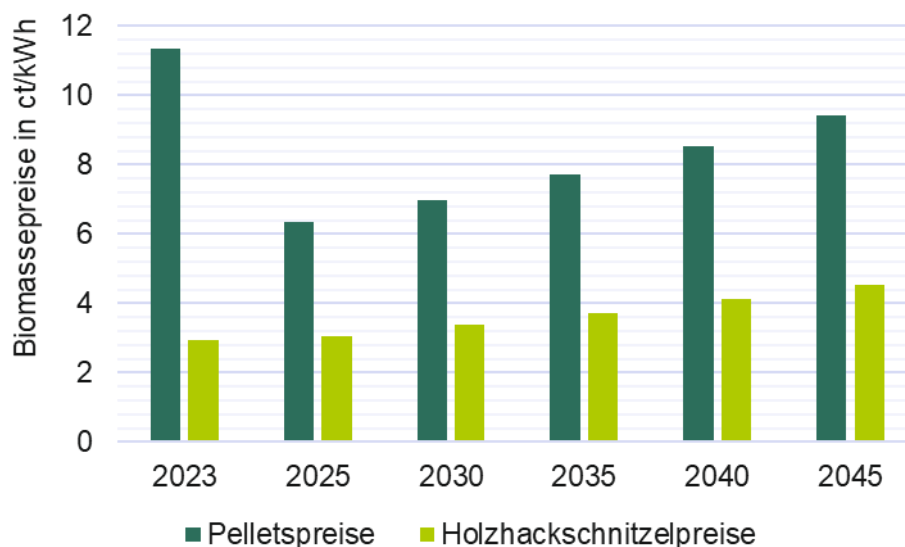


Abbildung 5-5: Biomassepreisszenarien

5.6.6 Heizölpreise

Zur Bestimmung der Heizölpreise wurde der aktuelle Preis im November 2022 abgerufen (TotalEnergies, 2022). Dieser lag bei 140,7 €/100 l. Analog zu den

Annahmen bei den Pellets wird auch beim Heizöl von einem Maximalpreis zu diesem Zeitpunkt ausgegangen, sodass der Preis bis zum Jahr 2025 wieder auf ein erhöhtes Vor-Energiekrisen-Niveau abgesenkt wird. Danach wird von einem gleichbleibenden Preis von 87,2 €/100 l ausgegangen, der lediglich durch die Emissionskosten aus dem BEHG erhöht wird. In der folgenden Abbildung ist das Heizölpreisszenario für die Stützjahre in ct/kWh abgebildet.

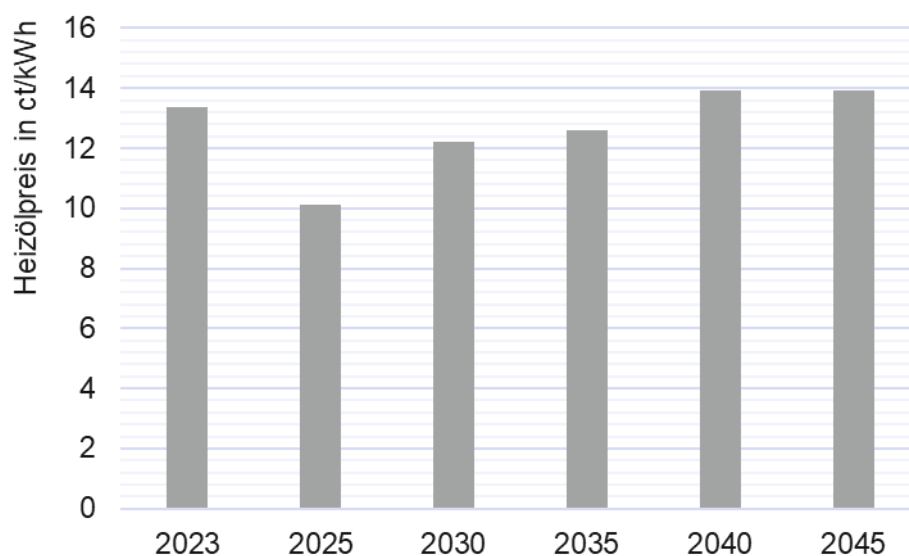


Abbildung 5-6: Heizölpreisszenario

5.6.7 Wasserstoffpreise

Die Wasserstoffpreise sind, durch die noch nicht bekannten Bezugsmöglichkeiten und den heute nicht gesicherten Produktionsmix, mit der größten Unsicherheit behaftet. Für das Preisszenario wurde daher auf schon bekannte Preisszenarien zurückgegriffen, wobei der Fokus auf Szenarien mit Grünem Wasserstoff (Wasserstoff, der aus erneuerbaren Energien generiert wird) lag. Als Grundlage wurden die folgenden Werte gewählt:

Tabelle 5-8: Annahmen Grundpreis Grüner Wasserstoff
(Deutscher Bundestag, 2020)

2019	16,5	16,5
2030	12,0	9,0
2045	9,0	6,0

Da die herangezogenen Szenarien im Jahr 2020 erstellt und veröffentlicht wurden, sind die Preisentwicklungen am Energiemarkt im Jahr 2022 in Folge der Energiekrise nicht einbezogen. Um dies zu bereinigen, wurde der Wert für 2022 auf 26,5 ct/kWh erhöht, was die gestiegenen Strompreise widerspiegelt. Für die weitere Entwicklung wurden Stützjahre aus Tabelle 5-8 angesetzt und die Werte der Zwischenjahre interpoliert.

Zusätzlich zu den Preisen für die Grüne Wasserstoffproduktion müssen weitere Komponenten in den Wasserstoffpreis integriert werden, um beispielsweise die Infrastrukturbereitstellung mit abzubilden. Da für diese Umlagen keine weitreichende Datengrundlage zur Verfügung steht, werden für das Wasserstoffpreisszenario die Netzentgelte, die Konzessionsabgabe, die Erdgassteuer analog zu dem Erdgaspreisszenario aus Tabelle 5-6 angenommen. Zusätzlich dazu wird die Mehrwertsteuer mit 19 % angesetzt.

Analog zu den bereits beschriebenen Preisszenarien wurde im Bereich des Grünen Wasserstoffes auch das moderate Preisszenario angesetzt. Die sich ergebenden Preise für die Stützjahre können der folgenden Abbildung entnommen werden.

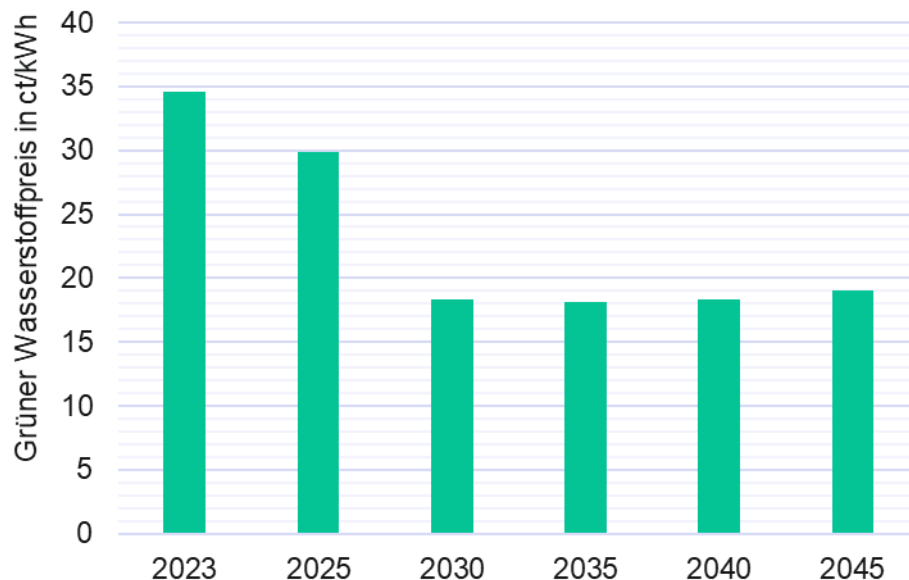


Abbildung 5-7: Moderates Grünes Wasserstoffpreisszenario

5.7 Entwicklung spezifischer Emissionen

Sowohl für die Entwicklungen der Energieträgerpreise durch die Einbeziehung des Emissionspreises und für die Überprüfung der Zielerreichung ist die Entwicklung der Emissionen der einzelnen Energieträger entscheidend. Dabei kann zwischen Energieträgern mit gleichbleibendem Emissionsfaktor und Energieträgern mit veränderbarem Emissionsfaktor unterschieden werden. Zu den Energieträgern mit gleichbleibenden Emissionsfaktoren innerhalb dieses ENP Wärme gehören Erdgas, Heizöl, Biomasse und Wasserstoff. Die angesetzten Werte für die drei erstgenannten Energieträger können der Tabelle 3-2 in Kapitel 3.3 entnommen werden. Da analog zum Wasserstoffpreisszenario auch in der Emissionsentwicklung von grünem Wasserstoff ausgegangen wird, liegen die Emissionen für Wasserstoff im Scope 1 bei 0 g CO₂e/kWh. Für die Vorketten-Emissionen von Wasserstoff wurde der Scope 3-Wert von Erdgas mit 24 g CO₂e/kWh (DEFRA, 2020) angesetzt, da die Infrastruktur sich stark ähnelt.

Die Entwicklung der Emissionsfaktoren für Strom, Fernwärme und Nahwärme ist in Abbildung 5-8 zu sehen.

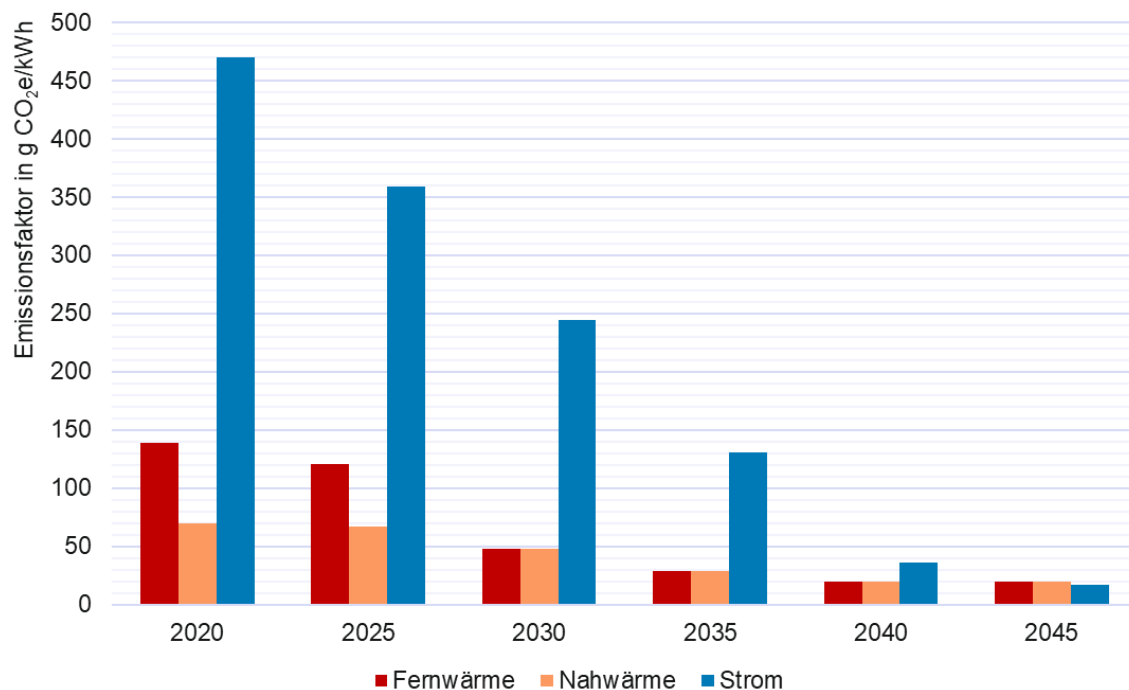


Abbildung 5-8: Entwicklung der veränderbaren Emissionsfaktoren

Die Entwicklung des Stromemissionsfaktors wurde von unveröffentlichten Prognosen der FfE übernommen. Die Darstellung zeigt, dass unterstellt wird, dass das Ziel der

Bundesregierung, den Stromsektor bis 2035 auf 100 % erneuerbare Energien umzustellen, nicht erreicht wird. Die Dekarbonisierung im Stromsektor ist durch den stark sinkenden Emissionsfaktor jedoch klar erkennbar. Die Emissionsfaktoren der Fernwärme gehen aus den aktuellen Dekarbonisierungsplänen für die Fernwärme der swa hervor. Hierbei ist das Ziel bis 2040, die Fernwärme aus 100 % erneuerbaren Energien inklusive Abwärme zu erzeugen. Die Restemissionen von 20 g CO₂e/kWh folgen aus den Vorketten der eingesetzten erneuerbaren Energieträger. Diese Restemissionen sind bei den weiteren zwei veränderbaren Emissionsfaktoren (Strom und Nahwärme) wie auch beim Wasserstoffemissionsfaktor zu finden. Für den Emissionsfaktor der Nahwärme wurde eine Annäherung über die Emissionsfaktoren der Fernwärme und von Biomasse hinterlegt. Die in den ersten Jahren deutlich niedrigeren Faktoren resultieren daraus, dass bei einem neuen Wärmenetz ein großer Fokus auf die sofortige Einbindung von erneuerbaren Energien gesetzt wird und damit der Erdgasanteil in diesen Netzen nur für die Abdeckung von Spitzenlasten eine Rolle spielt.

6 Festlegung von Eignungsgebieten und Priorisierung von Versorgungsarten

Nachdem die Grundlagen in Form von Bestand- und Potenzialanalyse sowie zukünftigen Rahmenparametern abgesteckt wurden, müssen diese Daten zusammengebracht werden, um unter Berücksichtigung der Versorgungssicherheit und der Wirtschaftlichkeit die geeignetste erneuerbare Wärmeversorgung für einzelne Gebiete im Stadtgebiet Augsburg herauszuarbeiten.

Hierbei wird zunächst auf die Sinnhaftigkeit und gewünschte Aufteilung der Eignungsgebiete eingegangen, dann auf die verfügbaren Daten und zuletzt auf die Festlegung der Gebiete sowie die Priorisierung innerhalb der Gebiete. Zur Steigerung der Verständlichkeit werden im Folgenden teilweise Textpassagen aus dem Bericht zur zweiten Stufe der Wärmeplanung in München, welche im Bericht „Wärmestrategie München“ (Stadt München, 2023) veröffentlicht sind, genutzt.

6.1 Hintergrund zu Eignungsgebieten

Definition des Begriffs „Eignungsgebiete“

Analog zur Definition in „Wärmestrategie München“ wird ein Eignungsgebiet im Rahmen des ENP Wärme als ein räumlich umrissenes Gebiet mit ähnlichen Eigenschaften und somit ähnlichen Lösungen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung verstanden. Die Teilgebiete eines Eignungsgebietes müssen nicht zwangsläufig direkt nebeneinander verortet sein, sondern können auch über Augsburg verteilt sein. In diese Festlegungen wurden einbezogen:

- Wärmebedarfs- und Wärmebelegungsdichten,
- Gebäude- sowie ggf. Eigentümerstrukturen,
- bereits bestehende Versorgung und
- lokale Potenziale klimaneutraler Wärmequellen.

Je Eignungsgebiet ist festzulegen, welche Technologien zur Wärmeversorgung bzw. Bedarfsreduktion besonders geeignet sind.

Hierbei ist zu unterstreichen, dass alle in diesem Eignungsgebiet liegenden Gebäude diesem zugeordnet sind, sich die individuell beste technische Lösung jedoch pro Gebäude unterscheiden kann. Somit sind Eignungsgebiete keine „Muss-Gebiete“, sondern es wird eine präferierte Lösung für den Großteil der Gebäude vorgeschlagen.

Gewünschte Struktur der Eignungsgebiete

Durch die sich ändernde Gesetzeslage während der Erstellung des ENP Wärme der Stadt Augsburg wurden die Eignungsgebiete im Verlauf angepasst und abschließend die Formulierungen aus dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) vom 20. Dezember 2023 übernommen.

Damit konnten im ENP Wärme fünf Typen von Eignungsgebieten identifiziert werden:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| Wärmenetzverdichtungsgebiet: | Teilgebiete, in denen der Anschluss an ein Wärmenetz sinnvoll erscheint und bereits ein Wärmenetz besteht, sodass weitere Verbraucherinnen und Verbraucher mit verringertem Aufwand angeschlossen werden können. Hier sollte im Sinne einer effizienten Wärmewende ein erheblicher Anteil der ansässigen Letztverbraucherinnen und -verbraucher über das Wärmenetz versorgt werden. Häufig gibt es für die vorhandenen Gebäude auf Grund des jeweiligen Wärmebedarfs und der Verfügbarkeit alternativer Technologien nur wenig andere Optionen für die individuelle Wärmeversorgung. Dabei ist die Sinnhaftigkeit eines Anschlusses von Gebäuden mit besonders geringem Bedarf, z.B. Einfamilienhäuser oder Passivhäuser, individuell zu bewerten, da hier die Nutzung, z.B. einer Luft-Wärmepumpe, sowohl aus systemischer Sicht als auch aus der Sicht des individuellen Akteurs die zu präferierende Lösung darstellen kann. |
| Wärmenetzausbaugebiete: | Teilgebiete, in denen eine Versorgung über Wärmenetze sinnvoll ist, es bislang jedoch kein Wärmenetz gibt. Auch hier ist der Anschluss von Gebäuden mit besonders geringen Bedarfen gegenüber einer individuellen Versorgung zu prüfen. |

Gebiet für die dezentrale
Wärmeversorgung:

Teilgebiete, die aus technischer, ökologischer oder ökonomischer Sicht prioritär durch individuelle, auf erneuerbaren Quellen basierenden Wärmeerzeugern versorgt werden sollten.

Prüfgebiet:

Teilgebiete, in denen eine finale Entscheidung zur Zuordnung zu einem der o.g. Gebiete noch nicht getroffen werden kann. Dies liegt meist daran, dass die für eine Zuordnung erforderlichen Informationen noch nicht ausreichend bekannt sind. Hier ist auch eine kleinteilige Kombination, z.B. auf Blockebene, zwischen netzbasierter und individueller Versorgung möglich.

Prüfgebiet – Sondernutzung:

Diese Teilgebiete weisen die gleiche Zuordnung auf wie Prüfgebiete, allerdings umfassen sie insbesondere Gewerbe, Industrie oder Sondernutzung. Da Prozesswärme im ENP Wärme nicht betrachtet wurde, sind nicht alle erforderlichen Informationen bekannt. Eine Untersuchung je Einzelfall und ein darauf basierend getroffenes Fazit für das gesamte Gebiet, kann hier in einem nächsten Schritt eine belastbare Einschätzung liefern.

6.2 Festlegung von Eignungsgebieten und Versorgungslösungen

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Überblick über die Methodik zur Festlegung einzelner Eignungsgebiete und Wärmeerzeuger, wie sie für die Erstellung des ENP Wärme für Augsburg angewendet wurde.

Angestrebte Art der Priorisierung

Um die in Kapitel 5 genannten Rahmenparameter angemessen zu berücksichtigen, sollte die Priorisierung der einzelnen Versorgungslösungen durch eine Kombination aus lokaler Verfügbarkeit von Potenzialen und CO₂-Verminderungskosten durchgeführt werden. Dies basiert auf Erfahrungen aus der ersten Stufe der Wärmeplanung für die Stadt München, welche im Projekt „Klimaneutrale Wärme München 2035“ von FfE und Öko-Institut e.V. erarbeitet wurden und im entsprechenden Bericht in Kapitel 7 enthalten sind. Auf Grund der für Augsburg eingeschränkt vorliegenden Informationen wurde diese Priorisierung vereinfacht angewendet, wie dies auch in „Fortschreibung der strategischen Energieplanung der Stadt Köln“ umgesetzt wurde.

Festlegung der Gebiete der netzgebundenen Wärmeversorgung

Die netzgebundene Wärmeversorgung, sowohl über Fernwärme als auch über individuelle Wärmenetze, stellt zunächst eine Versorgungsart dar, die in allen Gebäuden unabhängig von deren Struktur möglich ist. Aktuell liegt der erneuerbare Energieanteil - inklusive der Abwärme der AVA - bei der Augsburger Fernwärme bei 59 %. Da die Stadtwerke Augsburg durch die Regelungen im Gesetz zur kommunalen Wärmeplanung dazu verpflichtet sind, diesen Wert bis 2045 auf 100 % zu steigern (was auch den bereits vor gesetzlicher Regelung festgehaltenen Zielen der Stadtwerke Augsburg entspricht, die sogar bis 2040 das Ziel erreichen wollen), wird die Fernwärme auch in diesem Konzept als eine Möglichkeit der klimaneutralen Wärmeversorgung verstanden.

Wie bereits beschrieben, lagen Daten zu den von den Stadtwerken Augsburg angestrebten Gebieten für eine netzbasierte Wärmeversorgung, gestaffelt nach Wärmenetzverdichtungsgebiete und Wärmenetzausbaugebiete, vor. Diese Ausbauplanung fußt auf verschiedenen Parametern wie Wärmebelegungsdichte, Zustand des aktuellen Gasnetzes, vorhandenen Schlüsselkundinnen und -kunden, den wirtschaftlichen Erschließungsmöglichkeiten sowie Netz- und Baurestriktionen. Dies wurde innerhalb des ENP Wärme einer Validierung unterzogen.

Darin wurden die Gebiete hinsichtlich der Gebäudestruktur und Verfügbarkeit von alternativen Versorgungsmöglichkeiten visuell durch die FfE geprüft. Hierbei wurde die Ausbauplanung der Stadtwerke insgesamt für fundiert und sinnvoll erachtet. Im Zusammenhang mit der Prüfung wurden kleine Veränderungen an den Zuschnitten der Gebiete mit den Stadtwerken diskutiert und angepasst bzw. durch Begründungen und Analysen der Stadtwerke Augsburg für den jeweiligen Zuschnitt validiert. Zu

unterstreichen ist, dass dieser Prozess nach Vorlage des Transformationsplanes der Fernwärme durch die Stadtwerke Augsburg wiederholt wird.

Priorisierung der Versorgungslösungen in der dezentralen Wärmeversorgung

Nach der Prüfung der angestrebten Wärmenetz-Gebiete wurden die verbleibenden Gebiete auf ihre Tauglichkeit für die dezentrale Wärmeversorgung geprüft.

Gemäß der CO₂-Verminderungskosten, Details siehe „Klimaneutrale Wärme München 2035“, konnte im Rahmen der dezentralen Wärmeversorgung für die verschiedenen Wärmepumpen-Technologien, basierend auf den vorliegenden Kostenfunktionen und Energiepreiszeitreihen, folgende Priorisierung untereinander abgeleitet werden. Insgesamt sind aus CO₂-Verminderungskosten-Sicht bei allen betrachteten Gebäudetypen Grundwasser- und Erdwärmepumpen gegenüber Luft-Wärmepumpe zu präferieren. Aufgrund der tendenziell geringeren Investitionen bei höherer Effizienz sind hierbei wiederum Grundwasser-Wärmepumpen gegenüber den Erdkollektor-Wärmepumpen zu präferieren. In den Analysen sind ebenfalls Pelletkessel enthalten, welche zu deutlich höheren CO₂-Verminderungskosten führen als die verschiedenen Wärmepumpen. Gleiches gilt für Pelletkessel, die mit Solarthermie-Anlagen gekoppelt sind. Deshalb und auch weil der Einsatz von nachhaltig verfügbarer Biomasse relevant beschränkt ist (vgl. 4.6), wird diese Lösung gering priorisiert.

Bestimmung der Eignungsgebiete in der dezentralen Wärmeversorgung

Aufgrund der Priorisierung wurde zunächst abgeschätzt, in welchen Gebieten, in denen keine Versorgung über Wärmenetze angestrebt ist, eine Versorgung durch Grundwasser-Wärmepumpen möglich erscheint. Zunächst wurden mit Hilfe der Grundwasserdaten des Forschungsvorhabens GeoSPOT (siehe Kapitel 4.2.2) und den gebäudescharfen Leistungsbedarfen, die Gebiete identifiziert, in denen bereits heute in einem signifikanten Anteil der Gebäude eine Grundwasser-Wärmepumpe eingesetzt werden kann. Für die verbleibenden Gebiete wurden im nächsten Schritt die Grundwasserdaten mit einem reduzierten Leistungsbedarf der Gebäude verglichen, welcher zum einen durch eine Sanierung und zum anderen durch eine Unterstützung der Wärmepumpe durch einen Gaskessel erreicht werden kann. Um auch die Anwendbarkeit anderer Wärmepumpen bewerten zu können, wurden parallel hierzu die Gebäude auf ihren Abstand zu Nachbargebäuden und dem jeweiligen Verhältnis zwischen Bruttogeschossfläche und unbebauter Außenfläche untersucht.

Nach der Lokalisierung der Gebiete in Augsburg, in denen weder ein Wärmenetz noch die verschiedenen Arten von Wärmepumpen eingesetzt werden können, blieben Gebiete übrig. Hierbei handelte es sich beispielsweise um Gebiete, in denen

Denkmalschutz besteht. In diesen sind keine tiefgreifende Sanierung und kein ausreichendes Potenzial eigener Wärmequellen verfügbar, sodass ein Einsatz von Wärmepumpen nicht möglich ist. Diese wurden erneut auf die Möglichkeit einer Versorgung über Wärmenetze geprüft und in Einzelfällen Anpassungen der Netzgebiete durchgeführt. Bei den danach verbleibenden Gebieten handelte es sich beispielsweise um Gebiete, in denen ein Denkmalschutz besteht, weshalb unter anderem keine tiefgreifende Sanierung möglich ist. In einigen Fällen mussten im Rahmen der Erstellung dieses ENP Wärme komplett neue Lösungen in Form von separaten Wärmenetzen oder die Verwendung von Biomasse, dann tendenziell Pelletheizungen, festgelegt werden.

Resultierende räumliche Verteilung der Eignungsgebiete

Durch das beschriebene Vorgehen konnte jedem Gebäude in Augsburg ein Eignungsgebiet und mindestens eine zukünftig anwendbare, erneuerbare Technologie zugeordnet werden.

Einen räumlichen Überblick über die Festlegung der verschiedenen Eignungsgebiete gibt die folgende Karte.

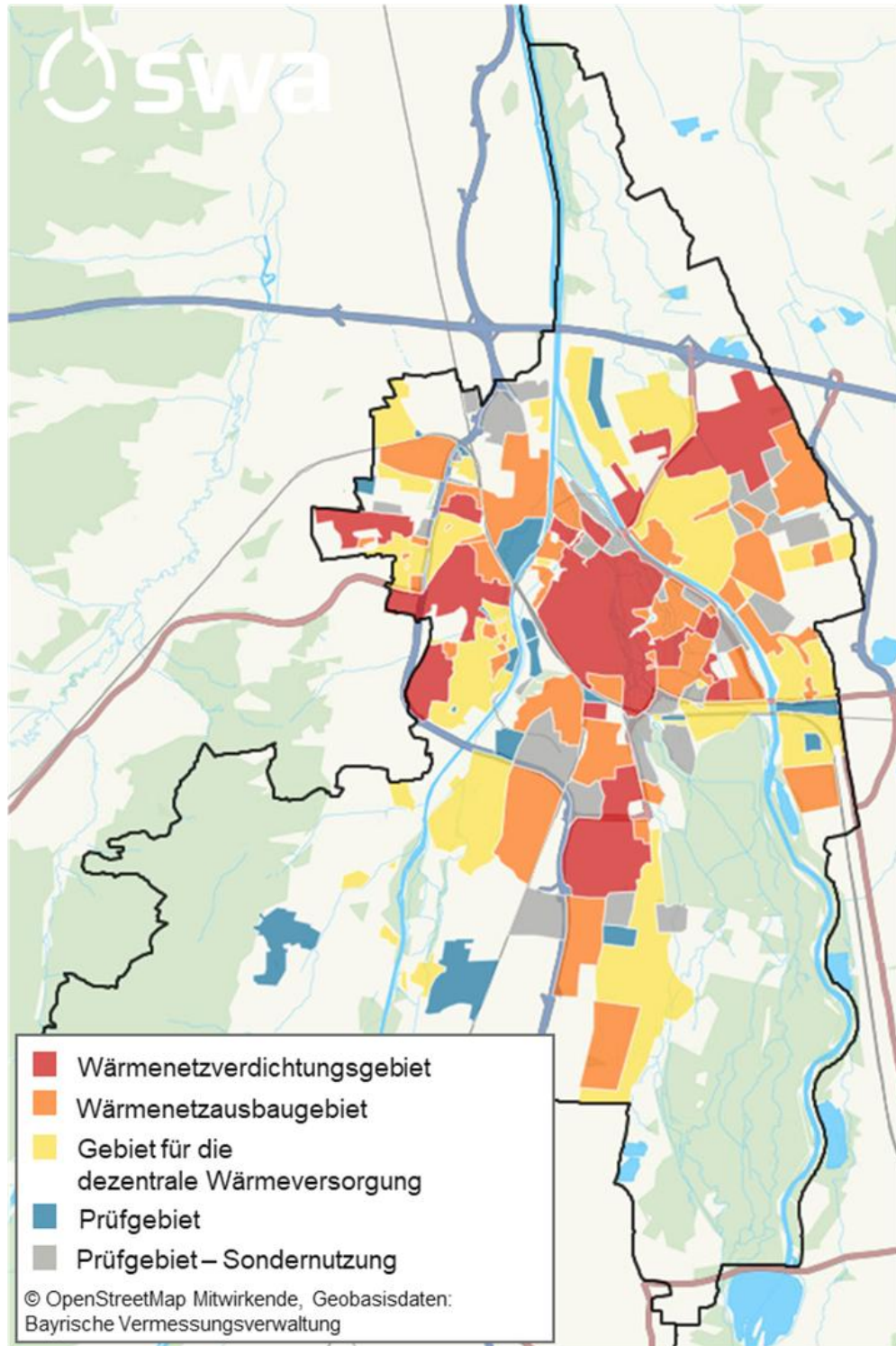


Abbildung 6-1: Eignungsgebiete der Stadt Augsburg

7 Eigenschaften der Eignungsgebiete der Stadt Augsburg und festgelegte Szenarioparameter

Im Folgenden werden die Eigenschaften der Gebäude in den einzelnen Eignungsgebieten sowie die je Gebiet festgelegten Szenarioparameter beschrieben.

7.1 Wärmenetzverdichtungsgebiete

Innerhalb der Wärmeverdichtungsgebiete liegen im Basisjahr rund 5.900 Gebäude, wobei es sich dabei um 55 % Mehrfamilienhäuser handelt. Insgesamt weisen die Verdichtungsgebiete einen Wärmebedarf von 800 GWh auf, der bereits zu knapp 60 % über die Fernwärme gedeckt wird. Der nächstgrößere in diesen Gebieten vertretene Energieträger ist mit ca. 27 % der Wärmebereitstellung das Erdgas.

In den Wärmenetzverdichtungsgebieten wird im Klimaschutz- und im Basisszenario von der gleichen Rate für einen Kesseltausch ausgegangen. Dabei wechseln 85 % der Mehrfamilienhäuser und 65 % der Einfamilienhäuser zur Fernwärme, die verbleibenden 15 % der Mehrfamilienhäuser bzw. 35 % der Einfamilienhäuser wechseln in Abhängigkeit der jeweils verfügbaren Potenziale auf die Grundwasser- oder Luft-Wärmepumpe.

Die Emissionen, die im Zeitverlauf bis zur Klimaneutralität anfallen, werden innerhalb der Szenarien mit angesetzt.

7.2 Wärmenetzausbaugebiete

Die Wärmenetzausbaugebiete beinhalten rund 8.600 Gebäude, wobei in diesen Gebieten die Ein- und Zweifamilienhäuser mit 44 % aller Gebäude dominieren. Der Wärmebedarf aller Gebäude beläuft sich auf 718 GWh, welcher zu 65 % durch Erdgas, 17 % durch Heizöl und 11 % durch Fernwärme gedeckt wird. Die verbleibenden 7 % teilen sich unter Wärmepumpen, Biomasse und Elektrospeicherheizungen auf.

Auch innerhalb der Wärmenetzausbaugebiete unterscheiden sich die Szenarien in den jährlichen Wechselraten der Kessel nicht. So wechseln rechnerisch 90 % der Mehrfamilienhäuser und rund 68 % der Einfamilienhäuser zur Fernwärme. Die verbleibenden Gebäude teilen sich, analog zum Wärmenetzverdichtungsgebiet, je nach Verfügbarkeit, auf die Varianten der Wärmepumpen auf.

7.3 Gebiete für die dezentrale Wärmeversorgung

In den Gebieten, die zur dezentralen Wärmeversorgung vorgesehen sind, stehen im Basisjahr 2020 rund 20.400 Gebäude, welche jedoch im Gegensatz zur hohen Anzahl nur einen Wärmebedarf von 802 GWh aufweisen. Dies liegt daran, dass es sich zu 89 % um Einfamilien- und Reihenhäuser handelt, die einen geringen Wärmebedarf pro Gebäude aufweisen. Der aktuelle Hauptenergieträger in diesen Gebieten ist mit 65 % Erdgas, gefolgt von Heizöl mit 24 %. Innerhalb dieser Gebiete ist zudem im Basisjahr mit weiterhin geringen ca. 5 % ein höherer Anteil an Biomasse zu verzeichnen.

In den Gebieten unterscheiden sich die jährlichen Raten des Kesseltauschs zwischen Klimaschutz- und Basisszenario. Im Klimaschuttszenario wechseln die Mehr- und Einfamilienhäuser zu rund 43 % zu Grundwasser-Wärmepumpen, zu 45 % zu Luft-Wärmepumpen und zu 12 % zu Erd-Wärmepumpen. Bei den Reihenhäusern sind auf Grund der notwendigen Abstände zu Nachbargebäuden, deutlich weniger Luft-Wärmepumpen möglich. Bei diesem Gebäudetyp werden vermehrt die anderen Wärmepumpenarten eingesetzt.

Dahingegen wechseln im Basisszenario, über alle Gebäudetypen hinweg, rund 19 % der Gebäude zu Hybrid-Wärmepumpen. Auch der Einsatz von Wärmepumpen ohne Zusatztechnologie kommt im Basisszenario deutlich vor. Allerdings steigt der Anteil der Biomasse in diesen Gebieten auf 20 %.

7.4 Prüfgebiete

Die Prüfgebiete umfassen rund 4.500 Gebäude, wobei auch hier mit 80 % die Einfamilien- und Reihenhäuser dominieren. Insgesamt weisen die Gebiete einen Wärmebedarf von lediglich 194 GWh auf, der im Basisjahr zu 92 % durch die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl gedeckt wird.

Im Prüfgebiet ist die Vielfältigkeit der Kesselwechsel größer, siehe Definition oben auf Grundlage des Gesetzes zur kommunalen Wärmeplanung. So wechseln in den Szenarien 29 % der Gebäude auf Nahwärme, 8 % auf verschiedene Wärmepumpen, 17 % auf Biomasse, 32 % auf Biomasse mit Solarthermie und 14 % auf Wasserstoff.

7.5 Prüfgebiet – Sondernutzung

Die Prüfgebiete mit Sondernutzung stellen mit 664 Gebäuden und 130 GWh Wärmebedarf die kleinste Gebietsart dar.

Auch bei diesen Gebieten ist der Wechsel zu anderen Wärmeerzeugern vielfältiger. Dabei kommt bei der Sondernutzung hinzu, dass sowohl im Basis- als auch im Klimaschutzszenario anfangs zu fossilen Energieträgern gewechselt wird.

Die Wechselraten in beiden Szenarien sehen einen Wechsel zu 15 % Fernwärme, 20 % Wärmepumpen und 25 % Biomasse bzw. Biomasse kombiniert mit Solarthermie vor. Da in den Sondernutzungsgebieten auch ein Anteil Prozesswärme vorkommen wird, muss hier eine detailliertere Betrachtung im engen Austausch mit den angesiedelten Unternehmen stattfinden. Um deren Umstellung zu beachten, wurde daher eine Wechselrate zu 40 % auf andere erneuerbare Energien angenommen, dessen Spezifizierung noch geklärt werden muss. Ein Beispiel hierfür wäre auch Wasserstoff, aber auch die schon genannten Wärmequellen können nach genauerer Analyse zur Deckung beitragen.

8 Ergebnisse der Szenarien

Mit den in Kapitel 5 dargestellten Rahmenparametern und dem in Kapitel 7 aufgeführten gebietsspezifischen Wechselverhalten erfolgten Simulationen für das Basis- und das Klimaschutzszenario. Die Ergebnisse der Szenarien werden in diesem Kapitel vorgestellt und erläutert.

Insgesamt wurden die folgenden Parameter für jedes Gebiet über die Jahre von 2020 bis 2045 bilanziert:

- Anzahl von Gebäuden je Versorgungsart Gebäudewärmebedarf
- Endenergiebedarf
- Emissionen
- Kosten (Energieträger-, Investitions- (Anlagen und Sanierung), Wartungskosten)

In diesem Kapitel werden vor allem die Bilanzen für die Gesamtstadt herausgestellt. Einzelne Einblicke in die verschiedenen Gebiete, werden zur Erläuterung gegeben, die Bilanzen der Gebiete jedoch nicht vollumfänglich dargestellt.

8.1 Verlauf der Anzahlen von Gebäuden je Versorgungsart

Bei der „Anzahl von Gebäuden je Versorgungsart“ geht es darum zu beurteilen, in wie vielen Gebäuden welche Versorgungsart eingebaut ist. Diese Größe hat keine Aussagekraft für die Verbrauchsdaten, kann aber dafür genutzt werden, um den Arbeitsaufwand für den Tausch von Wärmeerzeugern abzuschätzen. Hier wird zuerst auf die Ergebnisse im Klimaschutzszenario eingegangen, dann im Basisszenario und zuletzt auf beispielhafte Teilgebiete.

8.1.1 Anzahl Gebäude je Versorgungsart im Klimaschutzszenario

In der Abbildung 8-1 ist die Anzahl von Gebäuden je Versorgungsart über die Stützjahre im Klimaschutzszenario dargestellt.

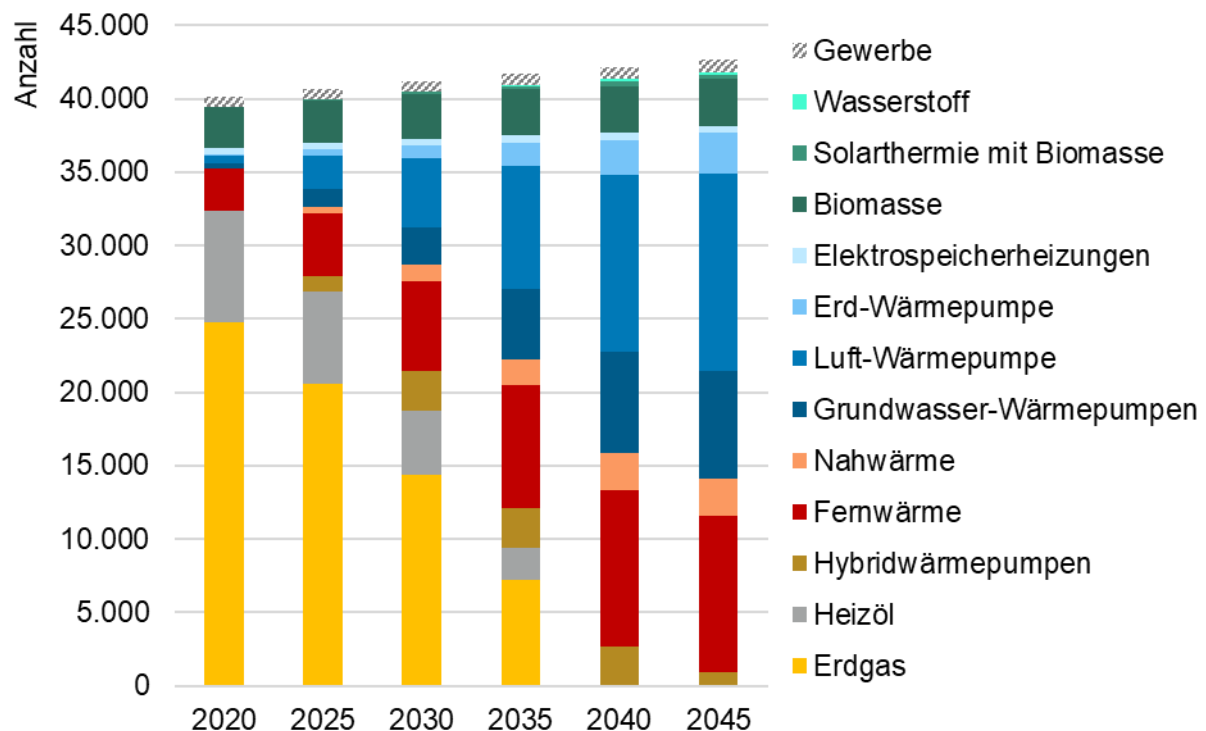


Abbildung 8-1: Verlauf Anzahl an Gebäuden je Versorgungsart im Klimaschutzszenario

Bei einer Betrachtung der summierten Anzahl an Gebäuden ist ein Zuwachs über die Jahre erkennbar, der aus dem Zubau resultiert. Der Zubau bis zum Zieljahr 2040 liegt bei rund 2.000 Gebäuden, was 100 Gebäuden im Jahr entspricht (siehe Kapitel 5.2). Im Schnitt weist jedes der neuen Gebäude 8,5 Wohneinheiten auf, was sich durch die verschiedenen Gebäudetypen (Einfamilien-, Reihen- und Mehrfamilienhaus) auf die Gebäude sehr unterschiedlich aufteilt.

Über den Verlauf der Stützjahre hinweg kann eine Reduktion der fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl beobachtet werden. Während diese Energieträger im Basisjahr 2020 noch in rund 80 % der Gebäude genutzt wurden, liegt der Anteil im Stützjahr 2030 nur noch bei 46 % und im Zieljahr 2040 bei 0 %. Nichtsdestotrotz werden mit genutztem Tool und Szenarien im Zieljahr noch Technologien eingesetzt, welche u.a. mit Erdgas assoziiert werden können, was durch den ockerfarbenen Balken der Hybridwärmepumpen zu erkennen ist. Im Zieljahr 2040 werden noch rund 2.700 Gebäude mit Hybridwärmepumpen versorgt, was einem Anteil von ca. 6 % entspricht. Im Jahr 2045 geht dieser Anteil auf 3 % zurück, da die ersten Anlagen am Ende der Lebensdauer angelangt sind und gegen bspw. reine Wärmepumpen ausgewechselt werden. Da gemäß Bundesgesetzgebung in 2045 keine fossilen Energieträger mehr eingesetzt werden sollen, müsste man hier vorsorgen, dass

Hybridwärmepumpen frühestmöglich aus einer Wärmepumpe und einer elektrischen Zusatzheizung im Gegensatz zu einem Erdgaskessel ausgestattet werden.

Prägnant ist der Hochlauf der verschiedenen Wärmepumpentechnologien in der Abbildung 8-1 zu sehen. Ihr Anteil steigert sich von rund 3 % in 2020 auf 51 % im Zieljahr 2040, wobei die Luft-Wärmepumpen den größten Zuwachs verzeichnen. Eine weitere wichtige Säule ist die Fernwärme, die in 2020 noch ca. 7 % der Gebäude versorgt, aber 25 % in 2040.

Die weiteren Technologien können der Abbildung 8-1 entnommen werden. Es ist darauf hinzuweisen, dass Anschlüsse an das Wasserstoffnetz erst ab dem Jahr 2033 geschehen, da vor diesem Jahr nicht mit einem Anschluss von Augsburg an das nationale Wasserstoffnetz zu rechnen ist.

8.1.2 Anzahl Gebäude je Versorgungsart im Basisszenario

Wie in der Abbildung 8-2 zu sehen ist, ist die Anzahl Gebäude je Versorgungsart im Basisjahr der beiden Szenarien identisch.

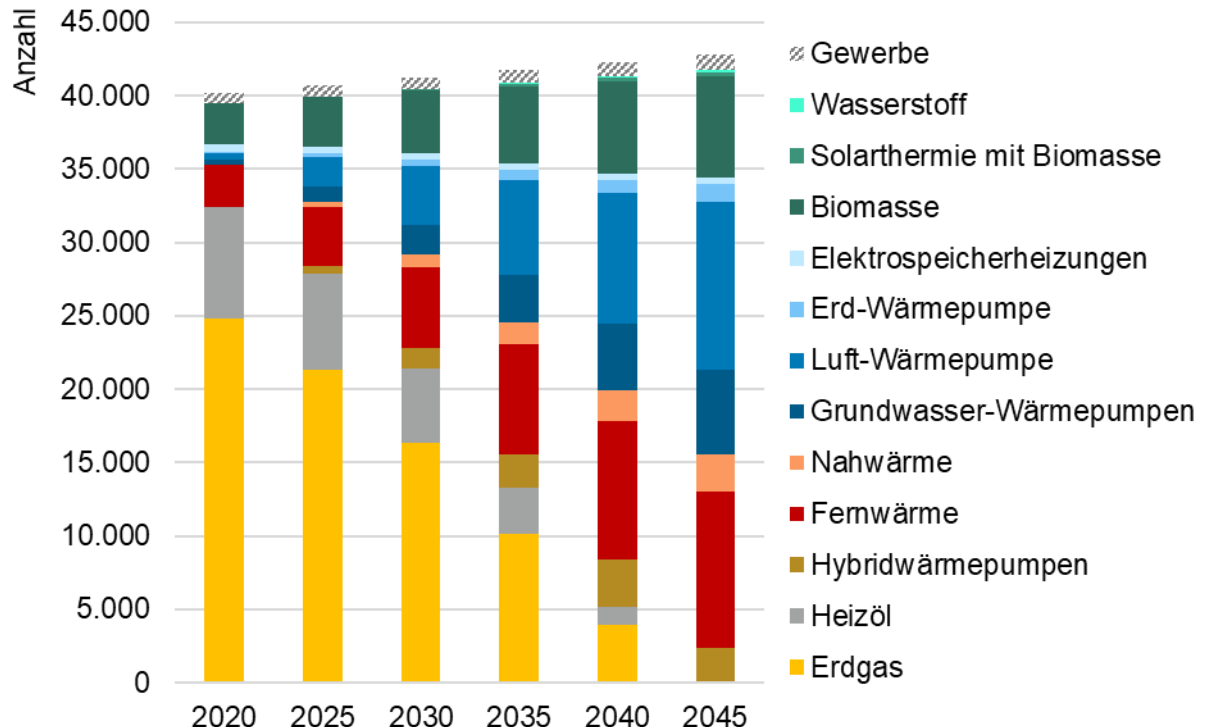


Abbildung 8-2: Verlauf Anzahl an Gebäuden je Versorgungsart im Basisszenario

Im Basisszenario ist im Zieljahr 2040 noch klar eine Nutzung von Erdgas- und Heizöl erkennbar, welche als Summe des gelben und grauen Balkens ca. 12 % ausmachen.

Zudem liegen im Zieljahr noch rund 8 % Hybridwärmepumpen vor. Die Auswirkungen dieser noch bestehenden fossilen Heizungsanlagen können in den Verlaufskurven des Gebäudewärme- und Endenergiebedarfs in Kapitel 8.2 und 8.3 nachgeschlagen werden.

Durch die Annahme, dass in den Wärmenetzgebieten im Basisszenario das gleiche Wechselverhalten angenommen wird wie im Klimaschutzszenario, jedoch eine geringere Technologiewechselrate vorliegt ist der Hochlauf der Fernwärme in beiden Szenarien ähnlich. Im Basisszenario werden im Zieljahr ca. 22 % der Gebäude mit Fernwärme versorgt. Die Wärmepumpen verzeichnet in Summe dahingegen eine schlechtere Durchdringung. Mit einem Anteil an allen versorgten Gebäuden von 34 % liegen sie im Basisszenario 16 % unter dem Klimaschutzszenario.

Auffällig im Basisszenario ist der stark wachsende Anteil der Biomasse, der sich vom Basisjahr 2020 bis zum Zieljahr 2040 verdoppelt (von 7 % auf 14 %).

8.1.3 Einblick in Anzahl Gebäude je Versorgungsart in Beispielgebieten

Die beiden vorangegangenen Unterkapitel zeigen jeweils die Entwicklung der Gesamtstadt. Innerhalb der einzelnen Eignungsgebiete, die in Kapitel 6 und Kapitel 7 erläutert wurden, verhält sich die Entwicklung unterschiedlich, was in den kumulierten Zahlen nicht abgelesen werden kann. Daher werden in diesem Abschnitt und in Abbildung 8-3 ein Wärmenetzausbaubereich (WNAG) und ein Gebiet zur dezentralen Wärmeversorgung (DW) anhand der Ergebnisdaten im Klimaschutzszenario gegenübergestellt und exemplarisch genauer beleuchtet.

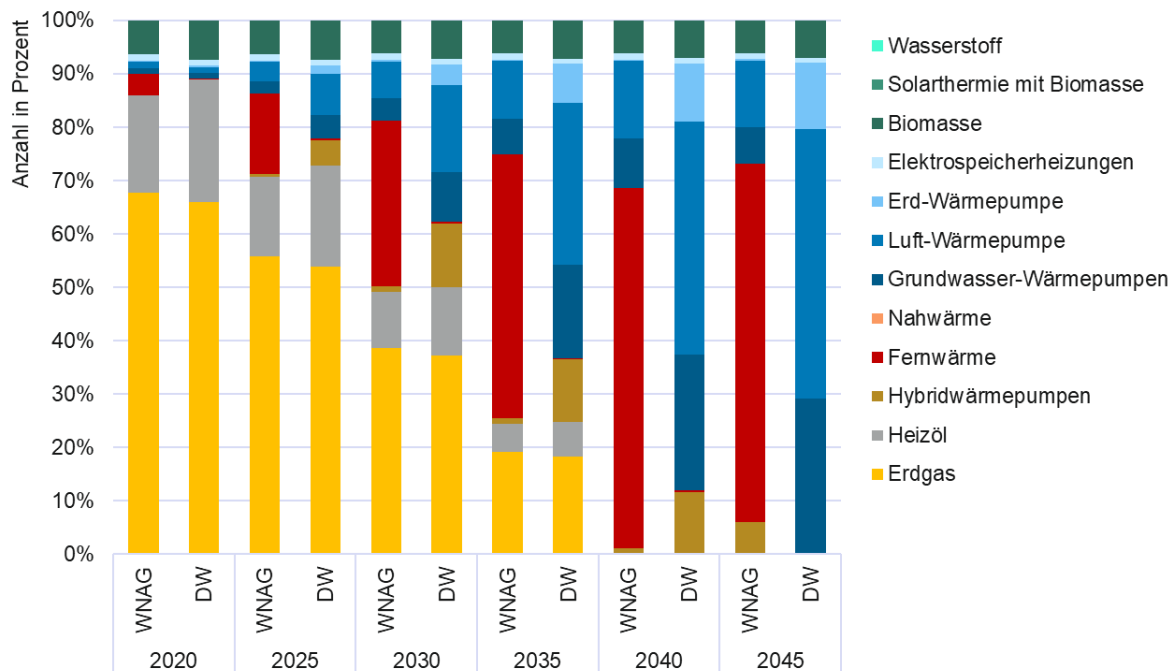


Abbildung 8-3: Verlauf Anzahl an Gebäude je Versorgungsart als Gegenüberstellung des Wärmenetzausbaubereiches (WNAG) zu den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung (DW) aus dem Klimaschutzszenario

Die Ordinate in der Abbildung 8-3 ist in Prozent aufgeführt. Dies hat den Hintergrund, dass in den Wärmenetzausbaubereichen im Basisjahr nur 8.628 Gebäude vorhanden sind, dahingegen in den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung rund 20.500 Gebäude und somit eine Gegenüberstellung der absoluten Zahlen nicht zielführend ist.

In der Abbildung sind für die Stützjahre jeweils beide Gebiete dargestellt. Dabei fällt bereits im Basisjahr 2020 auf, dass in den Wärmenetzausbaubereichen ein deutlich sichtbarer Anteil schon mit Fernwärme versorgt wird. In den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung werden dagegen gerade einmal 60 Gebäude mit Fernwärme versorgt, sodass es sich um Einzelfälle handelt. Bei der Betrachtung der gelben und grauen Balken ist zu erkennen, dass in beiden Gebieten die Anzahl der fossilen Anlagen im zukünftigen Zeitverlauf ähnlich abnimmt. Lediglich im ersten Stützjahr 2025 ist in den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung ein um 2 % höherer Anteil von fossilen Anlagen zu erkennen als in den Wärmenetzausbaubereichen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass in den dezentral zu versorgenden Gebieten mehr Gebäude eine Sanierung benötigen, bevor bspw. eine Wärmepumpe eingebaut werden kann, als es in den Wärmenetzgebieten notwendig ist, um auf die Fernwärme zu wechseln.

Ein Blick in das Zieljahr 2040 zeigt die Unterschiede der beiden Gebietsarten sehr gut auf. In den Wärmenetzausbaubereichen werden rund 68 % der Gebäude mit Fernwärme versorgt. Auch Wärmepumpen finden mit kumuliert 24 % eine große Anwendung in den Gebieten. In den dezentralen Gebieten haben hingegen rund 80 % der Gebäude eine reine Wärmepumpe verbaut, wobei noch 12 % mit einer Hybridwärmepumpe hinzukommen. Die Fern- oder Nahwärme wird in diesen dezentralen Gebieten nicht ausgebaut, wodurch es bei den anfänglichen 60 Gebäuden bleibt.

8.2 Veränderung des Gebäudewärmebedarfs

Die für den ENP Wärme besonders relevante Gebäudewärme, bezieht sich auf die Energie, die für Raumwärme und Trinkwarmwasserbereitung durch die Heiztechnologie bereitgestellt wird (Abgrenzungen siehe Kapitel 8.3). Die folgenden Unterkapitel zeigen, wie sich die Sanierung auf den Gebäudewärmebedarf der beiden Szenarien auswirkt und wie dieser durch die verschiedenen Technologien gedeckt wird. Wichtig ist hierbei, dass es sich nicht um die einzukaufenden Energieträger handelt, da dafür die Nutzungsgrade und Leistungszahlen noch beachtet werden müssen. Diese Bilanzen befinden sich in Kapitel 8.3. Erneut wird zuerst auf die Ergebnisse im Klimaschutzszenario eingegangen, dann im Basisszenario und zuletzt auf beispielhafte Teilgebiete.

8.2.1 Gebäudewärmebedarf im Klimaschutzszenario

In Abbildung 8-4 wird die Entwicklung des Gebäudewärmebedarf im Klimaschutzszenario für die Gesamtstadt dargestellt.

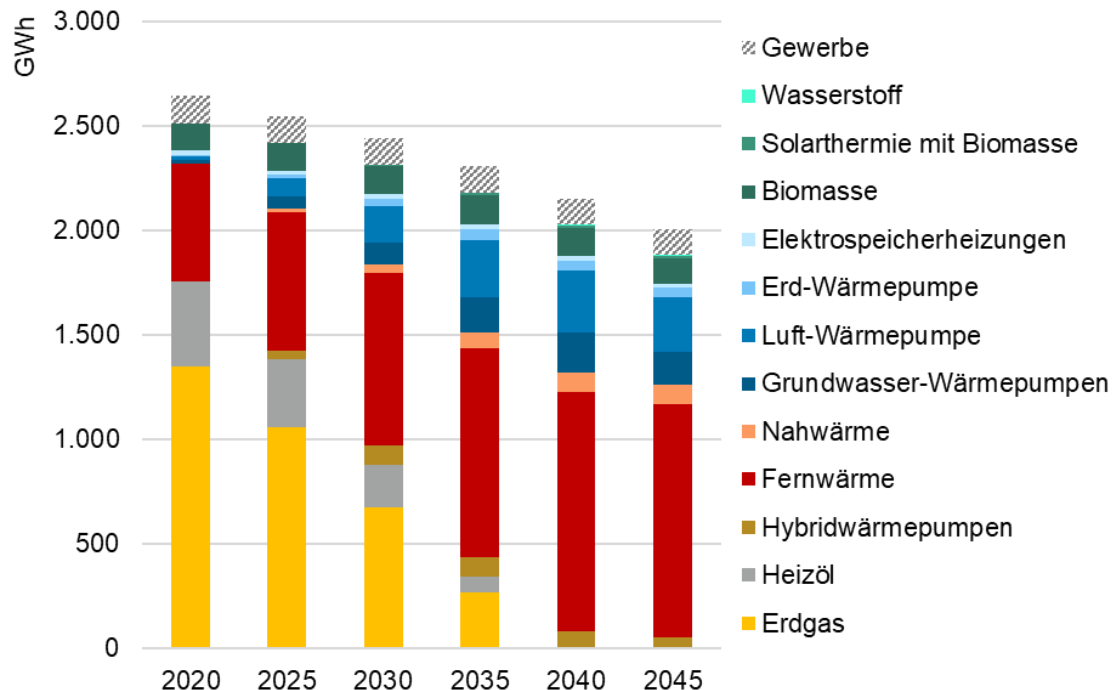


Abbildung 8-4: Verlauf des Gebäudewärmebedarfs im Klimaschutzszenario

Die erste Auffälligkeit in der Grafik ist die Abnahme des Gebäudewärmebedarfs. Dieser nimmt von 2020 bis 2040 trotz Zubau um ca. 19 % ab, da sich der durchschnittliche spezifische Gebäudewärmebedarf von 163 kWh pro m² auf 120 kWh pro m² verringert. Die Reduktion des Gebäudewärmebedarfs ist auf die Sanierung zurückzuführen.

Die Deckung des Gebäudewärmebedarfs geschieht im Zieljahr 2040 zu rund 56 % über Fernwärme, was sich vom Anteil der Fernwärme an den insgesamt vorliegenden Gebäuden unterscheidet. Dies lässt sich auf zwei Aspekte zurückführen: Zum einen werden besonders die großen Gebäude mit hohem Gebäudewärmebedarf über die Fernwärme versorgt, da dies tendenziell technisch und ökonomisch sinnvoll ist und eine alternative dezentrale Versorgung meist nicht oder nicht wirtschaftlich realisiert werden kann (vgl. Kapitel 6). Zum anderen gehen rund 85 % der Sanierungskapazitäten in die Gebiete zur dezentralen Wärmeversorgung, da diese hier zur Ermöglichung der Umstellung auf Wärmepumpen benötigt werden und in diesen Gebieten rund 50 % der gesamten Augsburger Gebäude stehen.

Weitere rund 26 % des Gebäudewärmebedarfs, der im Zieljahr 2040 bei 2.150 GWh liegt, wird über Wärmepumpen (Hybridwärmepumpen ausgenommen) gedeckt. Die verbleibenden 18 % werden über die anderen Technologien gedeckt, wobei hier Biomasse und die Hybridwärmepumpen dominieren.

8.2.2 Gebäudewärmebedarf im Basisszenario

Das Basisszenario weist im Zieljahr 2040 einen Gebäudewärmebedarf von 2.300 GWh auf, was einer Reduktion von ca. 12 % entspricht und damit ca. 7 % unter der Reduktion im Klimaschutzscenario liegt. Dies lässt sich vor allem auf die geringeren Sanierungsraten und -tiefen zurückführen und ist am absoluten Wert in Abbildung 8-5 zu sehen.

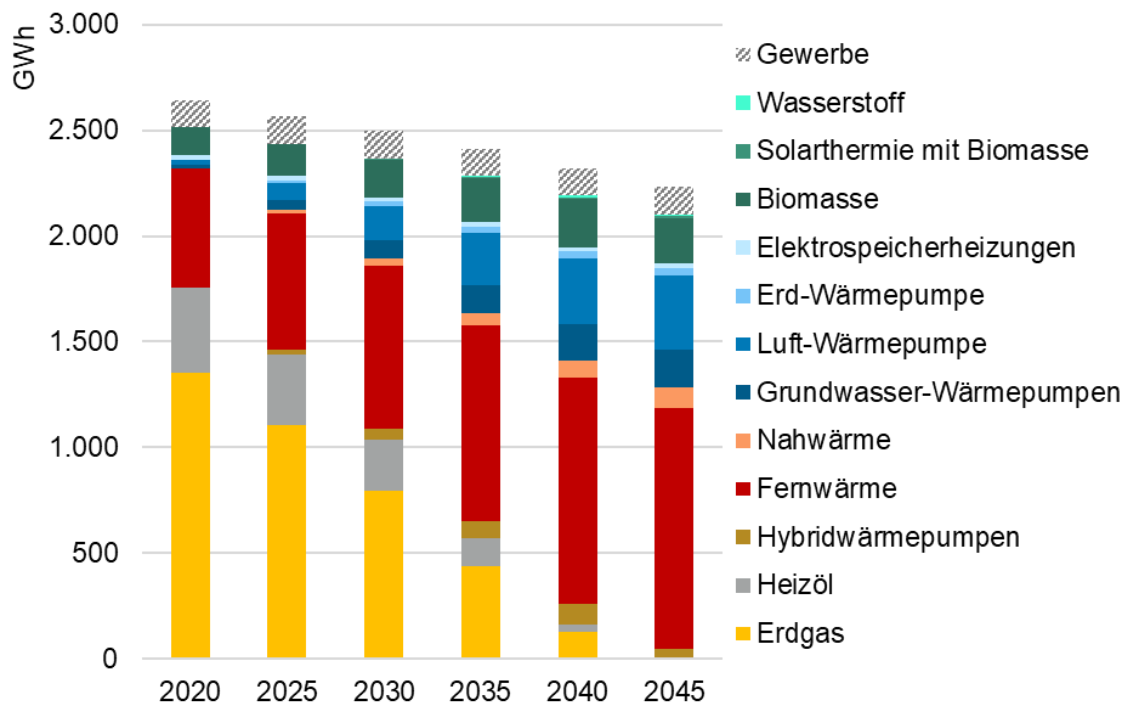


Abbildung 8-5: Verlauf des Gebäudewärmebedarf im Basisszenario

Die Zusammensetzung der Technologien, mit denen der Gebäudewärmebedarf im Zieljahr 2040 gedeckt wird, greift die in Kapitel 8.1.2 erwähnten verbleibenden potenziell fossil betriebenen Anlagen wieder auf. So wird der Bedarf noch zu rund ca. 8 % durch rein fossile Technologien gedeckt und zu zusätzlichen ca. 5 % durch die Hybridwärmepumpe. Darüber hinaus macht jedoch auch im Basisszenario die Fernwärme mit ca. 49 % einen beachtlichen Anteil der Wärmebereitstellung aus und die Wärmepumpen bleiben mit 23 % auf einem ähnlichen Deckungsanteil wie im Klimaschutzscenario. Der Anteil der Biomasse ist jedoch mit knappen 11 % um mehr als 50 % höher gegenüber dem Klimaschutzscenario.

Insgesamt unterscheiden sich die Gebäudewärmebedarfe bezüglich des Technologienmixes nur geringfügig, wobei der verbleibende Anteil an fossil gedeckten Bedarfen einen großen Einfluss auf die Zielerreichung hat. Zudem muss beachtet

werden, dass die prozentuale Aufteilung ähnlich ist, durch die geringere Sanierung im Basisszenario der absolute Gebäudewärmebedarf jedoch höher ist.

8.2.3 Einblick in den Gebäudewärmebedarf in Beispielgebieten

Um den Effekt der gelenkten Sanierungskapazitäten im Klimaschutzszenario genauer zu erläutern (vgl. Kapitel 8.2.1), wird in diesem Kapitel die Entwicklung des Gebäudewärmebedarfes in den Wärmenetz-Verdichtungsgebieten mit den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung verglichen. Im Basisszenario wurde die Sanierungsrate gleichmäßig auf das gesamte Stadtgebiet aufgeteilt, sodass hier keine Unterschiede hinsichtlich der Reduktion des Gebäudewärmebedarfs bestehen.

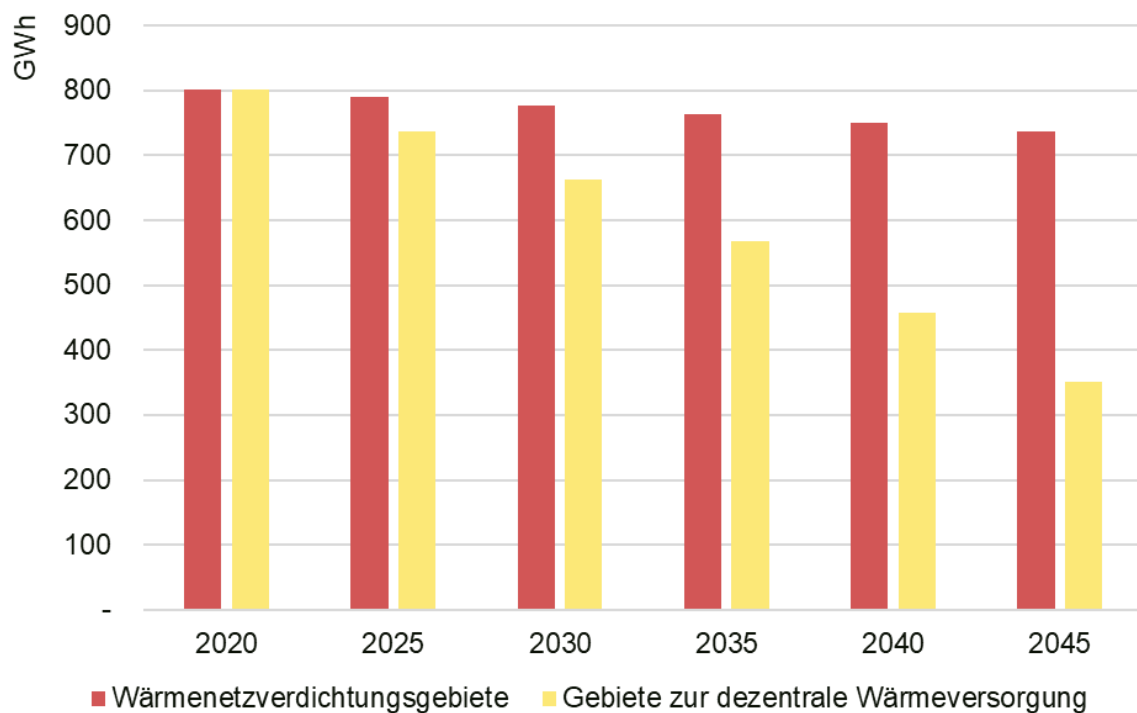


Abbildung 8-6: Gebäudewärmebedarf als Gegenüberstellung des Wärmenetzverdichtungsgebietes zu den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung aus dem Klimaschutzszenario

Die Abbildung 8-6 zeigt, dass in beiden Gebieten der Gebäudewärmebedarf sinkt, was auf die Sanierung zurückzuführen ist. Da jedoch nur rund 5 % der Sanierungskapazitäten in die Wärmenetzverdichtungsgebiete gehen und auch die Tiefe der Sanierung geringer ist (vgl. Tabelle 5-1), sinkt der Gebäudewärmebedarf von 2020-2040 nur um ca. 7 % gegenüber 43 % im Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung. Zusätzlich kommt dazu, dass auch die Tiefe der Sanierung in dem Wärmenetzausbaubereich geringer ist, sodass die Gebäude, wenn sie saniert werden, nur auf den KfW-70 Standard saniert werden (vgl. Tabelle 5-1).

Im gleichen Zeitraum wird in den Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgungen der Wärmebedarf um rund 43 % gesenkt. Dies wird in einigen Bestandsgebäuden dringend benötigt, damit die priorisierte Wärmepumpe eingebaut werden kann. Eine Versorgung mittels Wärmepumpe ist in vielen Bestandsgebäuden sogar auch ohne Sanierung möglich, jedoch verbessert sich die Effizienz (Leistungszahl) der Wärmepumpe bei einem sanierten Gebäude, was am Ende zu geringeren Energieträgerkosten für den Strom führt. Die hohe Reduktion in den dezentralen Gebieten hängt dabei auch an den vorgegebenen Sanierungstiefen, die ebenfalls in der Tabelle 5-1 nachgelesen werden können. Dadurch, dass die Sanierungstiefen im Laufe der Zeit ambitionierter werden, ist auch die unterschiedliche Steigung in der Abbildung 8-6 von Stützjahr zu Stützjahr zu erklären.

Neben dem Einfluss der Sanierungsrate auf den Gebäudewärmebedarf, lässt sich an den Beispielgebieten noch ein anderer Aspekt erläutern. Im Basisjahr 2020 weisen die Gebiete einen ähnlichen Gebäudewärmebedarf mit jeweils rund 800 GWh auf, obwohl die Wärmenetzverdichtungsgebiete mit 5.900 Gebäuden weit weniger Gebäude haben als die Gebiete zur dezentralen Wärmeversorgung (20.400 Gebäude). Dies verdeutlicht anschaulich den wesentlich höheren Wärmebedarf von Einzelgebäuden in den Wärmenetzverdichtungsgebieten. Daher wurde in diesen Gebieten die Fernwärme in der Vergangenheit schon ausgebaut.

8.3 Verlauf des Endenergiebedarfs

Wie bereits bei der Bestandsanalyse in Kapitel 3 wurden aus dem Gebäudewärmebedarf mithilfe der Nutzungsgrade der Wärmeerzeuger aus Tabelle 3-1 die Endenergiebedarfe berechnet. Anders als bei der Anzahl versorgter Gebäude und Gebäudeenergiebedarfen werden beim Endenergiebedarf nicht die unterschiedlichen Technologien betrachtet, sondern der Energieträger. So wurde bspw. die Hybridwärmepumpe in einen Strom- und einen Erdgasbedarf aufgeteilt. Die Fern- und Nahwärme wurde als ein Energieträger angesetzt und nicht weiter in die einzelnen Bestandteile aufgeteilt. Dies liegt zum einen daran, dass die Fern- und Nahwärme als ein Energieträger der Endkundin und dem Endkunden abgerechnet werden. Zum anderen wird die Zusammensetzung innerhalb der Fernwärme aktuell noch im „Transformationsplan Fernwärme“ separat aufgearbeitet (vgl. Kapitel 9 Maßnahme ZV1).

8.3.1 Endenergiebedarf im Klimaschutzscenario

Während sich der Gebäudewärmebedarf im Klimaschutzscenario im Jahre 2040 auf 2.150 GWh beläuft, liegt der Endenergiebedarf bei nur noch 1.800 GWh. Dies scheint im ersten Moment merkwürdig, da weniger Energie aufgewendet werden muss, als genutzt werden kann, ist jedoch darin begründet, dass die von der Wärmepumpe eingesetzte Umweltwärme nicht bilanziert wird, sondern nur deren Stromverbrauch.

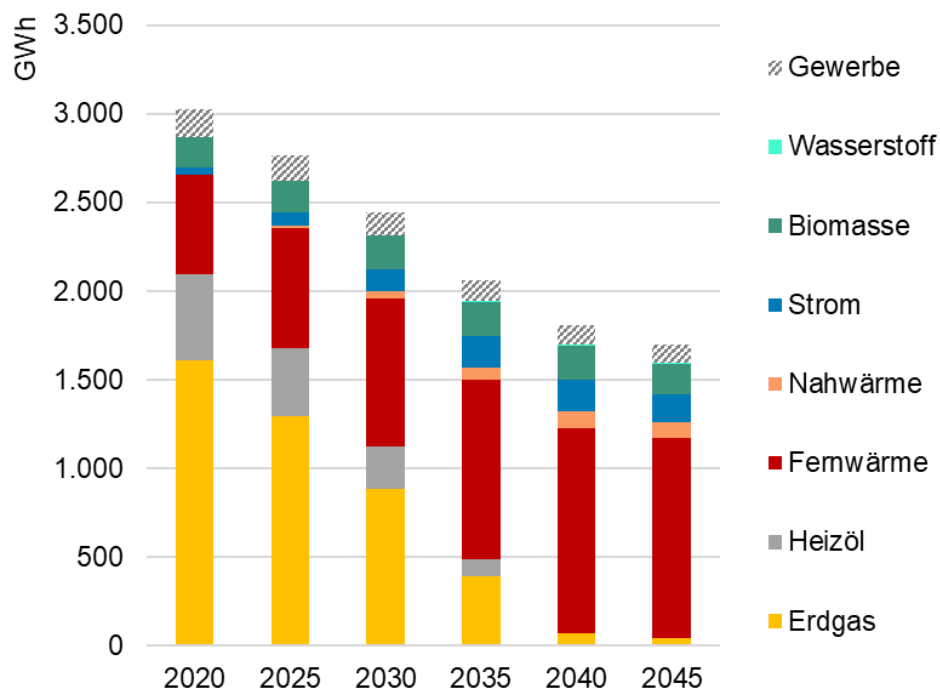


Abbildung 8-7: Verlauf des Endenergiebedarfs im Klimaschutzscenario

Zusätzlich zu dem beschriebenen Effekt des steigenden Anteils an Wärmepumpen hat die Sanierung einen Einfluss auf die Reduktion des Gesamtwärmebedarfes und somit des Endenergiebedarfes.

Ein weiterer eindrücklicher Aspekt in Abbildung 8-7, ist der mit 4 % noch bestehende Erdgasbedarf im Klimaschutzscenario. Dieser entsteht durch die Hybridwärmepumpen, die zwar den Gebäudewärmebedarf zu 70 % mittels einer Wärmepumpe (entsprechend Stromanteil) decken, die restlichen 30 % jedoch in den erarbeiteten Szenarien über Erdgas gedeckt werden. Hier könnte man, wie bereits beschrieben, statt der Erdgaskessel auch durch Direktstromheizungen unterstützen.

Zudem ist der hohe Fernwärmeanteil am Endenergiebedarf (68 %) auffällig, besonders vor dem Hintergrund, dass die Fernwärme als Ziel der des Augsburger Stadtrates bisher nur einen Versorgungsanteil von 40 % des Wärmebedarfes hat. Dies

liegt an zwei bereits genannten Effekten. Zum einen erfolgt die Sanierung hauptsächlich in den dezentral versorgten Gebieten. Zum anderen weisen Wärmepumpen einen geringeren Endenergieverbrauch auf im Vergleich zu dem zu deckenden Gebäudewärmebedarf. Bei einem Vergleich der absoluten Zahlen, fällt jedoch auf, dass der Fernwärmeabsatz, der für das Jahr 2040 als 40 % Ziel des Stadtrates angesetzt wurde (1.190 GWh), nahezu der Menge der im Szenario errechneten 68 % (1.160 GWh) entspricht.

8.3.2 Endenergiebedarf im Basisszenario

Mit dem Hintergrundwissen der bereits beschriebenen Ergebnisse, lassen sich die Ergebnisse des Endenergiebedarfs im Basisszenario, siehe Abbildung 8-8, leicht nachvollziehen.

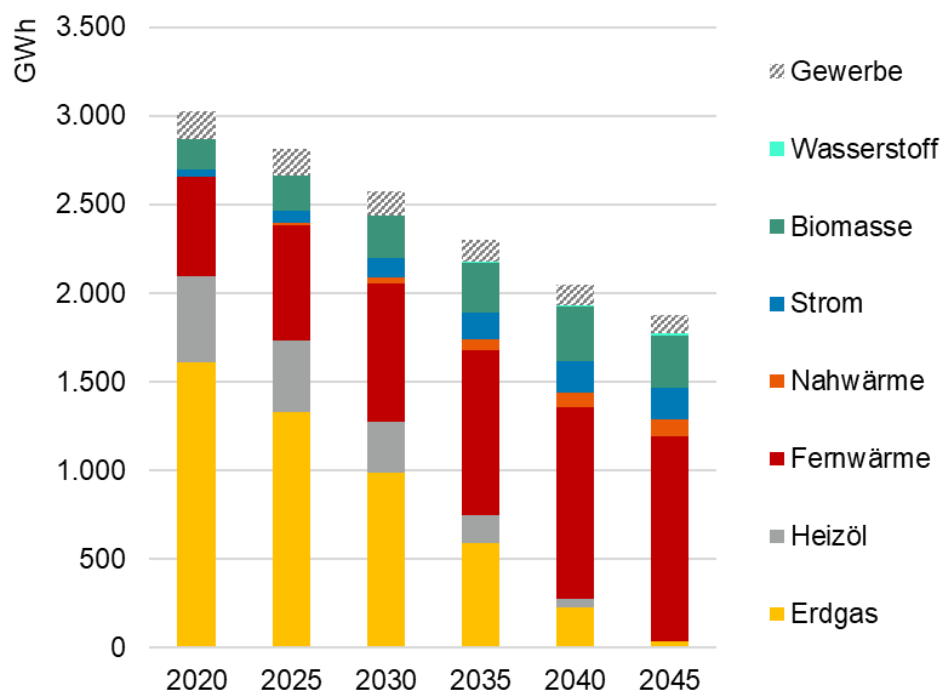


Abbildung 8-8: Verlauf des Endenergiebedarfs im Basisszenario

Die Reduktion des Bedarfes lässt sich erneut mit der Sanierung und der Effizienz der Wärmepumpen erklären. Zudem ist auch im Basisszenario ein hoher Fernwärmeanteil von 56 % zu erkennen. Dieser ist jedoch 12 % geringer als im Klimaschutzszenario, was hauptsächlich mit der un gelenkten Sanierung bzw. einer verstärkten Sanierung in Wärmenetzgebieten gegenüber dem Klimaschutzszenario zusammenhängt. Es ist ersichtlich, dass im Basisszenario in 2040 noch einen Anteil von rund 14 % aus

fossilen Energieträgern bereitgestellt wird, der sich aus den reinen Erdgas- und Heizölanlagen sowie den Erdgaskesseln der Hybridwärmepumpen kumuliert.

Mit Hinblick auf die Zielerreichung im Sinne des Restbudgets ist jedoch nicht nur das Zieljahr 2040 von Interesse, sondern auch die gesamten fossilen Energieträger, die bis zur Erreichung der Klimaneutralität emittiert werden. Die deutlich höheren gelben und grauen Balken in den Stützjahren, werden sich daher auch in der Emissionsbetrachtung in Kapitel 8.5 widerspiegeln.

8.3.3 Einblick in den Endenergiebedarf in einem Beispielgebiet

In den vorhergehenden Kapiteln wurden jeweils systematische Zusammenhänge, Wechselwirkungen oder Synergien der einzelnen Gebiete aufeinander oder die Gesamtstadt erläutert. In diesem Unterkapitel wird dahingegen ein bisher nicht explizit beleuchtetes Gebiet, das Prüfgebiet, aufgezeigt.

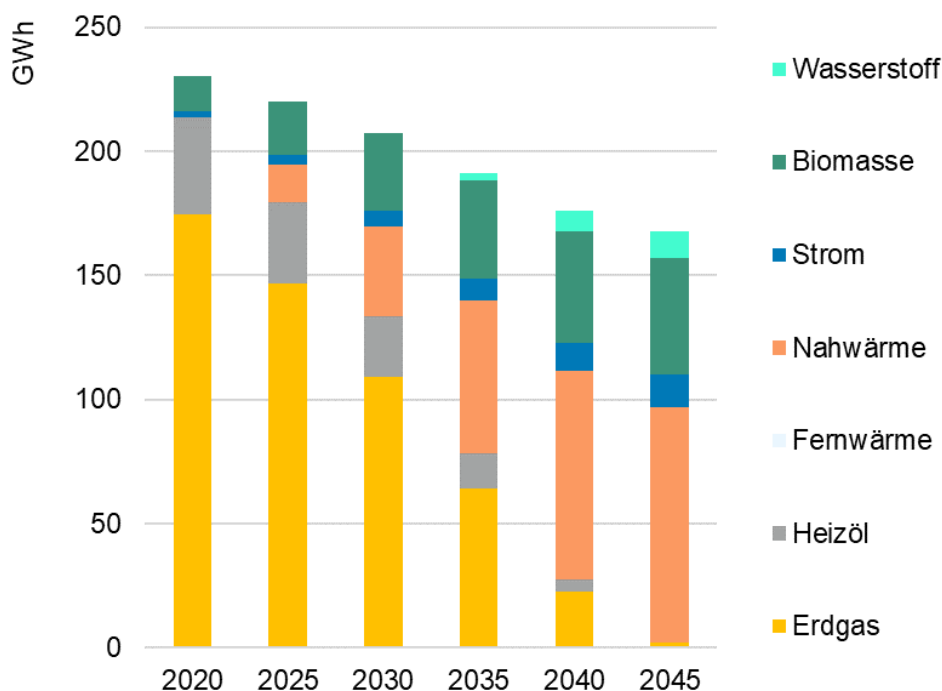


Abbildung 8-9: Verlauf des Endenergiebedarfs der Prüfgebiete im Basisszenario

Die Abbildung 8-9 zeigt die Entwicklung der Endenergiebedarfe der Prüfgebiete. Da es sich um das Basisszenario handelt, ist die Entwicklung des Anteils fossiler Energien in den Prüfgebieten ähnlichen der Betrachtung der Gesamtstadt. Im Gegensatz zu allen anderen Grafiken, die innerhalb des Ergebniskapitels aufgezeigt wurden, sind die anderen Energieträger zu deutlich anderen Anteilen vertreten. So hält die Nahwärme rund 48 % des Energieträgermixes. Da innerhalb dieser Gebiete der

gesamte Endenergiebedarf, im Vergleich zu den anderen Gebieten, gering ist, entsprechen die 48 % lediglich 84 GWh. Der Effekt der Wärmepumpen tritt auch in diesem Gebiet auf. So haben ca. 20 % der Gebäude eine Wärmepumpe verbaut, wodurch ein Strombedarf von nur 11 GWh resultiert. Daneben ist in diesem Gebiet mit 25 % am gesamten Endenergiebedarf die Biomasse ein präsender Energieträger, siehe auch Wechselraten in Kapitel 7.4

Eine Besonderheit in diesem Gebiet ist die Entwicklung von Wasserstoff, welcher mit rund 8 % deutlich in der Grafik erkennbar ist. Wie bereits in Kapitel 8.1.1 erläutert, wird dieser jedoch erst nach dem Jahr 2033 in die Simulationen eingebunden.

8.4 Verlauf der Gesamtkosten

Die Kosten der Wärmewende für Augsburg können in vier Kostenarten aufgeteilt werden:

- Investitionen Heizungsanlagen
- Investitionen Sanierung
- Wartungskosten
- Betriebskosten, insbesondere Energieträgerkosten

Dabei wurden jeweils die Realpreise herangezogen.

Zusätzliche Kosten bspw. zur Dekarbonisierung der Fernwärme oder den Aufbau von personellen Kapazitäten bei Handwerksbetrieben oder der Stadt Augsburg wurden nicht gesondert ausgewiesen, sie sind jedoch bspw. im Fernwärmepreis oder in den Investitionskosten näherungsweise mit abgebildet.

8.4.1 Kosten im Klimaschuttszenario

In Abbildung 8-10 ist die Aufschlüsselung der resultierenden Kosten im jeweiligen Stützjahr im Klimaschuttszenario dargestellt. Die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten von 2020 bis 2040 betragen hier 607 Mio.€ pro Jahr.

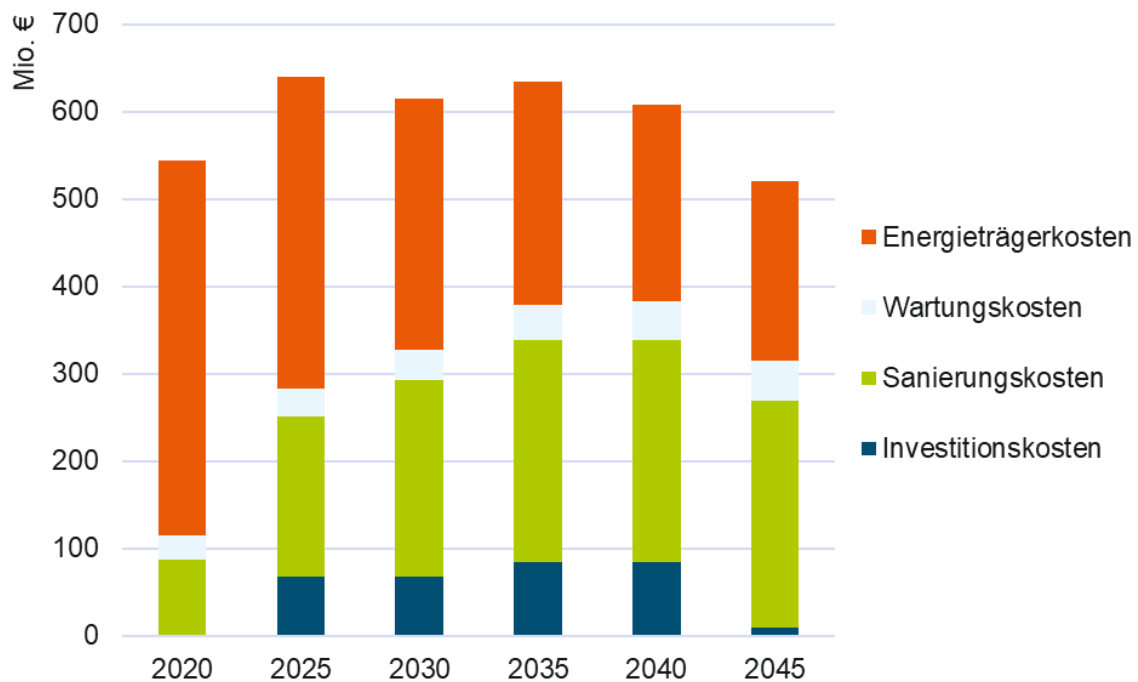


Abbildung 8-10: Verlauf der Kosten im Klimaschutzszenario

Im jährlichen Mittel werden rund 37 % der Kosten durch die Energieträger verursacht. Die Einflüsse der Energiekrise sind mit abgebildet. Durch die Prognose von steigenden Erdgaspreisen für Endkunden (vgl. Kapitel 5.6.3) im Vergleich zu fallenden Strompreisen (vgl. Kapitel 5.6.2) wirkt sich der große Anteil der Wärmepumpen positiv auf die insgesamt resultierenden Betriebskosten aus. Die Sanierung verursacht im Mittel mit 198 Mio.€/a ca. 42 % der jährlichen Kosten der Gesamtstadt ohne diese würde aber die insgesamten Betriebskosten relevant steigen. Neben der Einsparung der Energieträgerkosten hat die Sanierung noch weitere positive Effekte, die nicht eingepreist sind wie bspw. der Komfortzugewinn.

Bei den Investitionskosten kann der Grafik entnommen werden, dass bis zum Jahr 2020 noch nicht in neue Heizungsanlagen investiert wurde, was darauf zurückzuführen ist, dass hier die Simulation erst startet. Zudem ist im Jahr 2045 ein geringer Posten an Investitionen zu sehen. Zu diesem Zeitpunkt sind im Klimaschutzszenario in Augsburg schon nahezu alle die zur Zielerreichung festgelegten Heizungsanlagen verbaut, sodass es fast keine Technologiewechsel mehr benötigt, weitere Wechsel auf Grund der Lebensdauer sind aber selbstverständlich bei allen Anlagen weiterhin notwendig. Der Kostenpunkt Wartung verursacht rund 36 Mio.€ im Jahr und hat daher einen Anteil von 7 % der jährlichen Gesamtkosten.

Insgesamt werden im Klimaschutzszenario rund 12,8 Mrd.€ Investitions- und Betriebskosten kumuliert bis 2040 benötigt, um den Umbau des Gebäudewärmemarktes in Augsburg zu bestreiten.

8.4.2 Kosten im Basisszenario

Der größte Unterschied innerhalb der Kostenstruktur der beiden Szenarien liegt darin, dass im Basisszenario durch die geringeren Sanierungsraten und -tiefen, die Kosten für die Sanierung lediglich bei durchschnittlichen 135 Mio. €/a über den Zeitraum von 2020-2040 liegen. Dahingegen liegen die Energieträgerkosten mit jährlichen 318 Mio. €/a rund 13 Mio.€/a über denen des Klimaschutzszenarios. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch die geringere Sanierung und die geringere Auswechslung in den späteren Jahren noch ein höherer Bedarf an Erdgas besteht, das auf Grund der Netzentgelte und der steigenden Emissionskosten eine Preissteigerung erfährt.

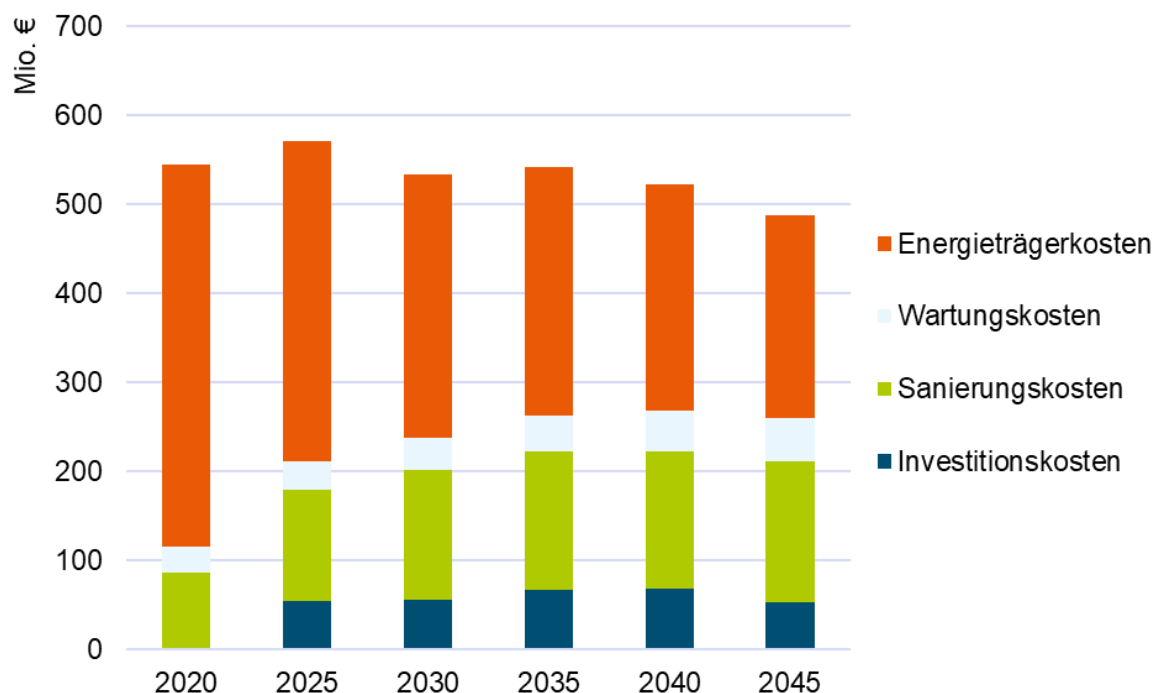


Abbildung 8-11: Verlauf der Kosten im Basisszenario

Prozentual verhalten sich die Wartungs- und Investitionskosten wie beim Klimaschutzszenario, jedoch kann im Jahr 2045 ein Unterschied festgestellt werden. Da im Basisszenario im Jahr 2040 noch fossile Anlagen im Einsatz sind, müssen diese

bis 2045 noch gewechselt werden, wodurch auch in dem Jahr noch Investitionen anfallen.

Vom gesamten Zeitraum 2020 bis 2040 aufsummiert, wird im Basisszenario eine Summe von 11,4 Mrd.€ benötigt. Da jedoch die im Vergleich zum Klimaschutzszenario nicht getätigten Sanierungen noch längerfristig eine Auswirkung auf den Energieträgerpreis haben werden, ist der Vergleich der beiden Szenarien auf kumulierten Zahlen nur zur Annäherung gedacht.

8.5 Verlauf der Emissionen

Wie in Kapitel 3 beschrieben, wurden die Emissionen mittels der Endenergiebedarfe und der Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 5.7) berechnet und sind in Abbildung 8-12 dargestellt.

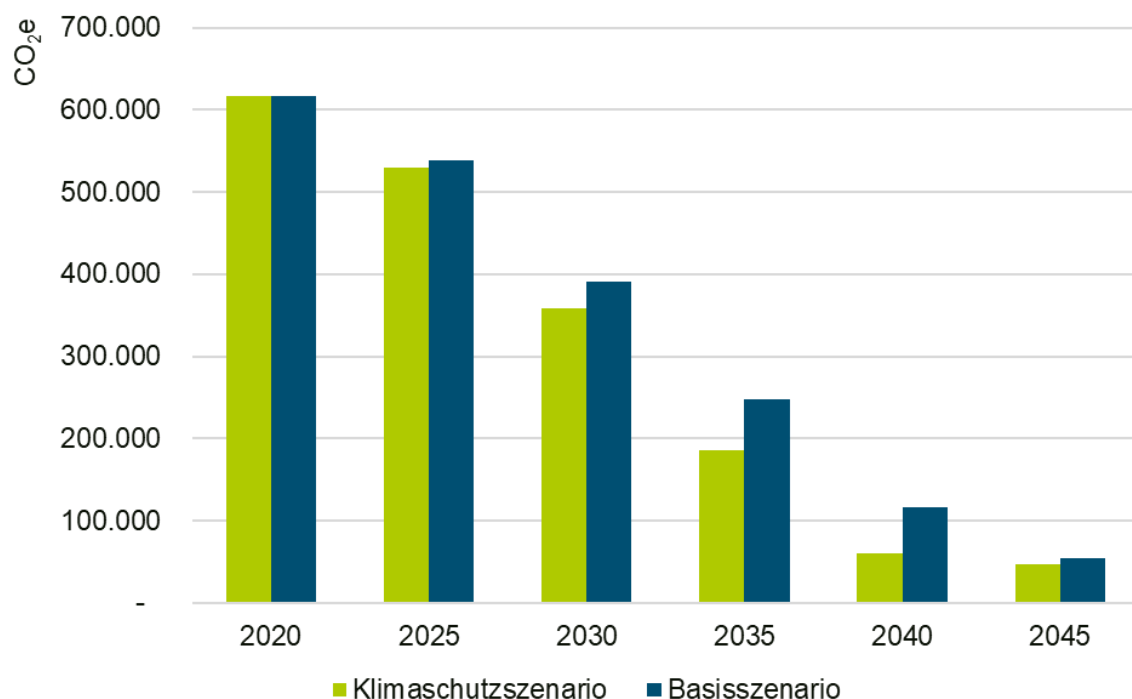


Abbildung 8-12: Gegenüberstellung der Emissionen im Klimaschutz- und Basisszenario

Die Grafik veranschaulicht, wie die Emissionen innerhalb der Szenarien sinken. Während im Basisjahr 2020 noch Emissionen in gleichem Umfang emittiert werden, wird der Unterschied zwischen den beiden Szenarien mit zunehmender Zeit immer größer, bis er 2040 sein Maximum erreicht.

Im Zieljahr 2040 werden im Klimaschutzszenario noch 60.400 tCO₂e ausgestoßen. Ein Abgleich mit der Zielformulierung aus Kapitel 1.2 zeigt, dass damit das Ziel einer Klimaneutralität bis 2040 erreicht werden kann, da 10 % der Restemissionen kompensiert werden dürfen bspw. für die energetischen Vorketten. Durch die Anfangsemissionen im Jahr 2020 von 616.000 tCO₂e, ergibt dies eine mögliche Kompensation von 61.600 tCO₂e, die im Klimaschutzszenario gering unterboten werden.

Das Basisszenario dahingegen weist im Jahr 2040 mit 116.700 tCO₂e einen knapp doppelt so hohen Emissionsausstoß auf. Das Ziel der Klimaneutralität kann damit, selbst mit Kompensationsmöglichkeit, nicht erreicht werden. Ein Blick auf die hinteren Balken der Abbildung 8-12 zeigt, dass im Basisszenario bis 2045 eine deutliche Reduktion auf 54.000 tCO₂e erreicht werden kann. Mit diesem Wert und 10 % Kompensation kann im Basisszenario das Ziel mit 5 Jahren Verzug erreicht werden. Dazu ist jedoch festzuhalten, dass das Basisszenario als Business-As-Usual-Szenario aufgebaut wurde und somit die ambitionierten Pläne, die im GEG 2024 festgehalten wurden, bereits mit beachtet wurden. Dies führt dazu, dass auch zu dieser Erreichung zusätzliche Anstrengungen gegenüber dem Status Quo auf die Stadt Augsburg, die Bürgerinnen und Bürger und die anderen Stakeholderinnen und Stakeholder zukommen.

Auch die Emissionen des Klimaschutzszenarios fallen in den letzten Jahren um weitere rund 15.000 tCO₂e. Die abflachende Reduktion liegt daran, dass die stark emittierenden Energieträger 2040 schon nahezu aus dem Wärmebereich verdrängt sind. Die restlichen Emissionen lassen sich hauptsächlich auf die Vorketten und die Verbrennungen von Biomasse zurückführen. Da nicht nur die Energiebranche, sondern auch andere Sektoren eine Emissionsminderung vorantreiben, kann davon ausgegangen werden, dass die Vorkettenemissionen schneller gegenüber den hier dargestellten Ergebnissen sinken. Damit würden auch die Gesamtemissionen schneller sinken. Hierzu bestehen jedoch hohe Unsicherheiten, sodass dies keine Anwendung im ENP Wärme gefunden hat.

Neben dem Ziel der Klimaneutralität wurde das festgelegte Restbudget der Stadt Augsburg in die Betrachtung einbezogen. Dieses Budget beläuft sich für den Wärmebereich bis 2040 auf 10,35 Mio.tCO₂e. Da im ENP Wärme lediglich die Raumwärme und Trinkwasserbereitung bilanziert wurde, musste der Wert nach unten bereinigt werden. Der neue Wert zur Einhaltung beläuft sich, nach einer Schätzung des Prozesswärmeanteils, auf 6,9 Mio.tCO₂e bis 2040. Das Klimaschutzszenario kommt kumuliert von 2020 bis 2040 auf einen Ausstoß von 7,4 Mio.tCO₂e, was das

geschätzte Restbudget nicht einhält, jedoch noch innerhalb einer Abweichung um unter 10 % Range liegt. Dahingegen liegen die summierten Emissionen im Basisszenario mit 8,1 Mio.tCO₂e nochmal darüber.

Beide Ergebnisse zeigen, dass die Einhaltung des Restbudgets eine Herausforderung für die gesamte Stadt ist, die sich durch Verzug vergrößert, da dann ein deutlich steilerer Abfall der Emissionen benötigt wird.

9 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

Bei der kommunalen Wärmeplanung handelt es sich um weit mehr als die einmalige Erstellung eines Wärmeplans: Sie ist der langjährige, gesamtheitliche Prozess, der die Umsetzung erforderlicher Maßnahmen steuern und Akteure gezielt unterstützen kann.

Die gesetzliche Verpflichtung der Kommunen beschränkt sich dabei weitgehend auf die Erstellung einer kommunalen Wärmeplanung mit dem Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis spätestens 2045, diese in einem Fünf-Jahres-Rhythmus zu prüfen und ggf. fortzuschreiben (Teil 2 des WPG). Verpflichtende Vorgaben zur Realisierung einer CO₂e-neutralen Wärmeversorgung bestehen hingegen für Wärmenetzbetreiber u.a. gemäß Teil 3 WPG und für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer gemäß Gebäudeenergiegesetz GEG.

In Kapitel 7 wurden die gebietsbezogenen Ergebnisse des ENP Wärme dargestellt und erläutert. Auch wenn diese Ergebnisse im Laufe der Jahre Detaillierungen, Erweiterungen und Aktualisierungen erfahren werden, ist für das Gelingen der Wärmewende entscheidend, frühzeitig eine effiziente Struktur zur Realisierung der vorgeschlagenen oder anderer CO₂e-armen Wärmeversorgungslösungen aufzubauen.

Der Schwerpunkt des folgenden Maßnahmenkatalogs liegt daher darauf aufzuzeigen, welche Strukturen, Prozesse und Angebote zur Erstellung, Fortschreibung und Unterstützung der Umsetzung einer kommunalen Wärmeplanung erforderlich bzw. förderlich sind. Die derzeit 65 Maßnahmen sind 14 Handlungsfeldern zugeordnet und umfassen zum Teil eine Vielzahl kleinteiliger oder in weiteren Schritten zu prüfende Ansätze und Inhalte. Auch der Maßnahmenkatalog wird Detaillierungen, Erweiterungen, Aktualisierungen sowie Priorisierungen erfahren, zeigt zum gegenwärtigen Zeitpunkt aber bereits die Vielschichtigkeit des Gesamtprozesses einer ambitionierten kommunalen Wärmeplanung.

In welchem Umfang und mit welchen Ressourcen dies durch die Stadt Augsburg – auch unter Berücksichtigung der Haushaltslage – geleistet werden kann und soll, ist Gegenstand einer auf Grundlage von Maßnahme KW1 vorgeschlagenen Organisationsuntersuchung (s. BSV/24/10439).

Zehn der aufgeführten Maßnahmen sind in Steckbriefen näher beschrieben. Die Auswahl erfolgte durch das Projektteam „ENP Wärme“ anhand einer Priorisierung von Handlungsfeldern im Fachworkshop 4 (Juni 2023) sowie Priorisierungen in Bezug auf die zu erstellende kommunale Wärmeplanung lt. WPG und den möglichen Beratungs- und Informationsbedarf von Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern.

9.1 Übersicht der Wärmeplanungs-Maßnahmen

St in Spalte „Kürzel“: s. auch Steckbrief in Kapitel 9.2

Kürzel	Maßnahme
Handlungsfeld 1 – Fortschreibung/Ausbau ENP Wärme	
F1 St	Gap-Analyse vorhandene / benötigte Daten für eine Wärmeplanung lt. WPG
F2	Datenerhebung systematisieren
F3	Detailgrad der Eingangsdaten und Analysen steigern
F4	Rahmenparameter und Annahmen aktualisieren
F5	Themen Prozesswärme- und Kältebedarf integrieren
F6	Umsetzungskapazitäten im Baugewerbe und Handwerk berücksichtigen
F7	Sektorübergreifende Effekte und Netzanalysen einbinden
F8	Klimawandel-Folgekosten und graue Energie berücksichtigen
F9	Flächenbedarfe ableiten und in Flächenplanung einbringen
F10 St	Maßnahmen zur Veröffentlichung der Wärmeplanung vorbereiten
Handlungsfeld 2 – Verstetigung der KWP als kontinuierlichen Prozess	
KW1 St	Erforderliche Prozesse, Schnittstellen und Querschnittsaufgaben definieren
KW2	Zuständigkeiten klären und städtische Ressourcen schaffen
KW3	Schulungsangebot für beteiligte städtische Dienststellen konzipieren
KW4 St	Datenmanagement und Datenaustausch zw. Stadtverwaltung und swa einrichten
KW5	Ziele, Meilensteine und Monitoringsystem für den Gesamtprozess und auf Ebene der Handlungsfelder definieren
KW6	Toolchain "Kommunale Wärmeplanung" definieren und einrichten
KW7	Marktentwicklung im Bereich spezialisierter Dienstleistungen verfolgen
Handlungsfeld 3 – Akteursbeteiligung	
AB1	Analyse relevanter Akteure und deren Interessens-/Motivationsstruktur
AB2	Beteiligungsstruktur unter Nutzung vorhandener Netzwerke aufbauen
AB3	Kommunikation von Ergebnissen und Themen an Stadtrat, Presse, Akteure strukturieren
AB4	Handlungsempfehlungen nach Akteursgruppen differenziert aufbereiten
Handlungsfeld 4 – Kooperation auf kommunaler Ebene	
KO1	Abstimmung mit Regionalplanung und/oder Nachbarlandkreisen
KO2	Erfahrungsaustausch mit Kommunen ähnlicher Struktur

Handlungsfeld 5 – Politische Einflussnahme auf Bundes-/Landesebene	
BP1	Wesentliche Forderungen und Adressaten identifizieren
BP2	Kommunikationsstrategie in Kooperation mit geeigneten Akteuren erarbeiten
Handlungsfeld 6 – Umsetzungskapazitäten sichern	
UM1	Personalbedarf nach Qualifikation abschätzen
UM2	Effizienzpotenziale im Bereich der Ressourcen- und Arbeitsplanung analysieren
UM3	Fachkräfte mobilisieren, schulen, umschulen
UM4	Netzwerkbildung für Fachkräfte unterstützen
Handlungsfeld 7 – Genehmigungsverfahren, Planungs- und Steuerungsinstrumente	
KS1	Strukturierte Übersicht über relevante Verfahren und Instrumente zusammenstellen
KS2	Verfahren und Instrumente umsetzungsorientiert gestalten
KS3	Entwicklung und Umsetzung von Energieprojekten durch Stadtverwaltung und Stadtpolitik aktiv unterstützen
Handlungsfeld 8 – Quartierskonzepte, kooperative Angebote	
Q1	Modelle und Förderprogramme sondieren
Q2 St	Gebiete mit besonderem energetischem Handlungsbedarf oder Modellcharakter benennen
Q3 St	Gebäudetypen und Gebiete mit Eignung für gemeinschaftliches Sanieren identifizieren
Q4	Niederschwellige Quartiersangebote entwickeln/anpassen
Q5	Energetische Quartierskonzepte / gebietsbezogenes Sanierungsprogramm erarbeiten
Q6	Energieversorgungskonzepte für neue Baugebiete erstellen
Handlungsfeld 9 – Beratungs- und Informationsangebot	
B1	Relevante Themen und Adressaten zusammenstellen
B2	Vorhandene Angebotsstruktur analysieren
B3	Künftige Beratungsstruktur und -formate ableiten
B4 St	Umsetzungshilfen erarbeiten und Toolbox "Einfache Maßnahmen" zusammenstellen
B5	Pilotprojekte auswählen, begleiten und auswerten
Handlungsfeld 10 – Wärmebedarf minimieren	
WB1 St	Sanierungsfahrpläne bewerben und unterstützen
WB2 St	Seriell Sanieren: Pilotvorhaben anstoßen/unterstützen
WB3	Hohe energetische Standards bei Neubau und Sanierung unterstützen/ermöglichen

Handlungsfeld 11 – Dezentrale Wärmeversorgungslösungen

DV1	Lösungen für typische Konstellationen von Gebäuden und Anlagentechnik zusammenstellen
DV2	Umsetzungsmodelle und Energiedienstleistungsangebote anstoßen
DV3	Wärmepumpen: Anwendbarkeit in dicht bebauten Gebieten
DV4	Wärmepumpen: Anwendbarkeit im Gebäudebestand
DV5	Wärmepumpen in Verbindung mit Solarenergienutzung
DV6	Wärmepumpen: Perspektive Anwendbarkeit in Wasserschutzgebieten

Handlungsfeld 12 – Zentrale Wärmeversorgungslösungen (Wärmenetze)

ZV1 St	Fernwärme: Transformationsplan Fernwärme erstellen und mit KWP abgleichen
ZV2	Nahwärme: nutzbare Wärmequellen identifizieren, gebietsbezogene Konzepte skizzieren
ZV3	Übergangslösungen bis Anschluss an ein Wärmenetz konzipieren
ZV4	Kontakt zu möglichen Netzbetreibern und Investoren aufbauen
ZV5	Effizienten Aufbau von Nahwärmenetzen / Inselnetzlösungen / dezentralen Sekundärnetzen unterstützen
ZV6	Perspektive zur Integration von Nahwärmenetzen ins Fernwärmenetz erarbeiten

Handlungsfeld 13 – Integrierte Infrastrukturplanung und -umbau

IN1	Netze (Strom, Gas, Fernwärme, Trinkwasser, Abwasser, Glasfaser, Kabel-TV) verstärkt integriert planen
IN2	Gasnetz: Entflechtung / Stilllegung planen und koordinieren
IN3	Transportinfrastrukturen (H2, Biogas) aufbauen/erhalten
IN4	Geplante Netzbauten an Bevölkerung kommunizieren
IN5	Sektorenkopplung und Wechselwirkungen berücksichtigen

Handlungsfeld 14 – Potenziale und Nutzbarkeit von Wärmequellen

WQ1	Wärmequellen analysieren, strukturiert aufbereiten und Ergebnisse bereitstellen		
WQ2	Abwärme AVA	WQ10	Geothermie - oberflächennah
WQ3	Abwärme Industrie, Gewerbe u.a.	WQ11	Geothermie - tief
WQ4	Abwärme Abwasserkanäle	WQ12	Flusswärme
WQ5	Abwärme Kläranlage	WQ13	Solarthermie
WQ6	Biogas	WQ14	Photovoltaik
WQ7	Biomasse	WQ15	kalte Nahwärme
WQ8	Luft	WQ16	H2-basierte Lösungen
WQ9	Geothermie - Grundwasser	WQ17	Groß-Wärmepumpen

9.2 Steckbriefe einzelner Maßnahmen

F1		Gap-Analyse vorhandene / benötigte Daten für eine Wärmeplanung lt. WPG		
Federführend	Umweltamt			
Mitwirkend	swa			
Zielgruppe	s.o.			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☒ sehr hoch ☐ hoch ☐ normal	☒ hoch ☐ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☒ konzeptionell ☐ regulativ ☒ organisatorisch ☐ informierend	☐ neu ☒ anknüpfend ☐ Umbruch ☐ no regret	☒ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☐ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Abgleich des ENP Wärme mit den Anforderungen und Möglichkeiten lt. KWP-Gesetz		Die inhaltliche Erarbeitung des ENP Wärme in Augsburg begann bereits deutlich vor dem Bekanntwerden erster Entwürfe des WPG und orientierte sich an den Leitfäden der Länder Baden-Württemberg (Wärmeplanung) und Bayern (Energienutzungspläne) sowie am Vorgehen in der Stadt München. In einigen Punkten gehen die Anforderungen an eine Kommunale Wärmeplanung lt. WPG über den ENP Wärme hinaus; zugleich erweitert das WPG die Möglichkeiten, Informationen bei relevanten Akteuren einzuholen. Da auch im Falle einer Anerkennung des ENP Wärme als Kommunale Wärmeplanung die Anforderungen des Wärmeplanungs-Gesetzes (WPG) bis spätestens 2030 zu erfüllen sind und eine Erweiterung und Vertiefung des ENP Wärme inhaltlich sinnvoll ist, wird eine systematische Gap-Analyse in Bezug auf das WPG durchgeführt. Die folgende Liste gibt einen Ausblick aus der Erstellungsphase des ENP Wärme heraus (noch ohne Abgleich mit WPG): • Prozesswärmebedarf • Kältebedarf integrieren • Gebiete „dezentrale Versorgung“ differenzieren • Detail-Ergebnisse „GeoSPOT“ (u.a. Potenzial Grundwasser-Wärmepumpen) integrieren • Gebiete "Nahwärme": Wärmequellen konkretisieren • Gebiete der Kategorie „Prüfgebiet“ vertieft analysieren • Wärmepotenziale detaillieren, bzgl. Umsetzbarkeit differenzieren und Flächenbedarfe ableiten • Sanierungsraten / -tiefen differenzieren • Kommunale Liegenschaften als mögliche Ankerkunden • Netzanalysen einbinden (Gas-, Strom-, Fernwärme-, Abwassernetz) • Umsetzungskapazitäten berücksichtigen • Sektorübergreifende Effekte integrieren • Klimawandel-Folgekosten und graue Energie berücksichtigen • Gebäudedatenbank / Verbrauchsdaten weiter detaillieren • Meilenstein-Plan konkretisieren • Beteiligungsprozess ausbauen		
Synergien, Anknüpfungspunkte				
Hemmnisse und Konflikte				
Z.T. noch fehlende Klarheit über die Auslegung und Praxistauglichkeit von Anforderungen an eine KWP lt. Bundesgesetz				
Indikator / Meilenstein				
Gap-Analyse liegt vor				
Anmerkungen, Hinweise				

F10		Maßnahmen zur Veröffentlichung der Wärmeplanung vorbereiten		
Federführend	Hauptabteilung Kommunikation			
Mitwirkend	Umweltamt, Energieberatung, Geodatenamt; swa			
Zielgruppe	Gebäudeeigentümer			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☒ sehr hoch ☐ hoch ☐ normal	☒ hoch ☐ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☒ organisatorisch ☒ informierend	☐ neu ☒ anknüpfend ☐ Umbruch ☐ no regret	☒ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☐ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Bevölkerung informieren und frühzeitig Akzeptanz schaffen		Die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung werden von vielen Akteuren mit großem Interesse erwartet. Für eine erfolgreiche Wärmewende müssen darüber hinaus auch bisher weniger interessierte Hauseigentümerinnen und -eigentümer erreicht werden. Frühzeitig vermittelt werden sollte, welche Ziele die Wärmeplanung verfolgt, welche Antworten sie realistischerweise geben kann und inwiefern Verbindlichkeiten aus der Veröffentlichung des Wärmeplans resultieren. Das dient auch dazu, vermeidbare Anfragen „abzufangen“ und Kapazitäten für weiterführende Infos zu gewährleisten.		
Synergien, Anknüpfungspunkte		Da für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer die Vorgaben des GEG relevant sind, sollten mit der Veröffentlichung der Wärmeplanung auch gezielte Informationen zu technischen Lösungen und Fördermitteln sowie kompetente Anlaufstellen bei individuellen Fragen vermittelt werden. Ggf. sind auch Fehlinformationen aufzufangen, die im Zuge der Diskussion der verschiedenen GEG-Entwürfe durch einige öffentliche Quellen und Medien verbreitet wurden.		
Hemmnisse und Konflikte				
Breite Masse kommunikativ erreichen				
Indikator / Meilenstein		Komponenten der Maßnahme können sein:		
Aufrufe der erstellten Internetseite Anrufe bei der telefonischen Beratungsstelle Anteil vermeidbarer Anrufe bei der Beratungsstelle		• Aktive Bewerbung der Veröffentlichung der Wärmeplanung • Vermittlung von Ergebnissen an Firmen und Dienstleister • Sammlung relevanter Informationsbedarfe und bereits geeigneter Plattformen (unter Berücksichtigung der Informationen des “Leitfaden Wärmeplanung” (BMWK)) • Infoveranstaltungen, ggf. differenziert nach Zielgruppe (z.B. Gebäudegröße, Stadtteil, Eigentümerstruktur, Eignungsgebiet) • Aufbau eines aussagekräftigen, effizient nutzbaren digitalen Erstinformationsangebots mit gebietsbezogenen Informationen, idealerweise GIS-basiert, und individuell abrufbaren Gebäudeinformationen • Sicherung von Kapazitäten für telefonische Anfragen		
Anmerkungen, Hinweise				
Das digitale Erstinformationsangebot sollte so gestaltet werden, dass Interessierte selbständig zu relevanten Antworten gelangen und (zunächst) kein individueller Kontakt zum Beratungsangebot des Umweltamts erforderlich ist. Für weiterführende Beratung, Information und Unterstützung stehen u.a. die Angebote der Maßnahme B1 (Umsetzungshilfen, Toolbox), der Energieberatung der Stadt Augsburg (in Kooperation mit der Verbraucherzentrale) und der swa zur Verfügung.				

KW1 Erforderliche Prozesse, Schnittstellen und Querschnittsaufgaben definieren							
Federführend	DOIT						
Mitwirkend	Umweltamt, Stadtplanungsamt; swa						
Zielgruppe	Stadtverwaltung						
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz			
☒ sehr hoch ☐ hoch ☐ normal	☒ hoch ☐ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☒ organisatorisch ☐ informierend	☒ neu ☐ anknüpfend ☐ Umbruch ☐ no regret	☒ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☐ jährlich			
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice					
Strukturen und Prozesse schaffen für den langfristigen Prozess der kommunalen Wärmeplanung einschl. Umsetzung		Bei der kommunalen Wärmeplanung handelt es sich um weit mehr als die einmalige Erstellung eines Wärmeplans: Sie ist der langjährige Prozess, der die Umsetzung erforderlicher Maßnahmen steuert und Akteure gezielt unterstützen sollte. Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) setzt hierfür als Mindestanforderung die Überprüfung und ggf. Fortschreibung der kommunalen Wärmeplanung alle 5 Jahre bis 2045.					
Synergien, Anknüpfungspunkte		Über den Beteiligungsprozess bei der Erstellung der Wärmeplanung hinaus ist zur Fortschreibung der Wärmeplanung und zur Umsetzung der einzelnen Maßnahmen die Zuarbeit und Unterstützung durch die Stadtverwaltung in vielfältiger Weise notwendig und sinnvoll. Das betrifft z.B. die Klärung und Genehmigung von Maßnahmen für den Auf- oder Ausbau netzgebundener Versorgungslösungen, die Konzeption und Organisation von Beratungsangeboten im Bereich dezentraler Lösungen und von Aktivitäten, die das Zusammenwirken der erforderlichen Akteure fördern.					
Klimaschutzprogramm 2023							
ENP Strom							
Langfristige Planungen von Netzbetreibern							
Hemmnisse und Konflikte		Zu prüfen und zu definieren ist daher, welche Prozesse innerhalb der Stadtverwaltung erforderlich sind, welche vorhandenen Prozesse genutzt werden können, welche Schnittstellen intern und zu externen Akteuren benötigt werden und welche Querschnittsaufgaben zu etablieren sind.					
Neuartige Aufgabenstellung		Empfohlen wird, in die Entwicklung einer solchen Prozessstruktur die Stadtwerke als Hauptakteur im Bereich netzgebundener Lösung einzubinden und die Expertise eines Fachdienstleisters zu nutzen.					
Ausgeprägter Querschnittscharakter							
Indikator / Meilenstein		Ausgehend von dieser fachlichen Grundlage kann die zuständige Stelle der Stadtverwaltung den Bedarf an verwaltungsinternen Personalressourcen ermitteln und für die Stellenplanung berücksichtigen.					
Strukturierte Übersicht über erforderliche Prozesse liegt vor							
Anmerkungen, Hinweise							

KW4		Datenmanagement und Datenaustausch zwischen Stadtverwaltung und swa einrichten		
Federführend	DOIT			
Mitwirkend	Umweltamt, Geodatenamt; swa			
Zielgruppe	Stadtverwaltung, swa			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☒ sehr hoch ☐ hoch ☐ normal	hoch in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☒ organisatorisch ☐ informierend	☒ neu ☒ anknüpfend ☐ Umbruch ☐ no regret	☒ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☐ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Qualitativ hochwertige Daten nutzen und mit relevanten Akteuren teilen		Der langfristige Prozess der kommunalen Wärmeplanung erfordert einen regelmäßigen Abgleich der aktuellen Situation mit dem vorgesehenen Zielpfad, eine kontinuierliche Verbesserung bzw. Detaillierung der Eingangsdaten sowie Anpassungen von Rahmenparametern und Annahmen an die tatsächlichen Entwicklungen. Das Bundesgesetz für die Wärmeplanung (WPG) sieht für die Aktualisierung der Wärmeplanung einen 5-Jahres-Rhythmus vor. Bei energiewirtschaftlichen, rechtlichen und technischen Neuerungen, bei abweichender Siedlungsentwicklung oder mit dem Vorliegen vertiefender Fachstudien (z.B. ZV1 Transformationsplan Fernwärme) können auch kurzfristige Aktualisierungen sinnvoll sein. Aktuell liegt ein großer Teil der energiefachlich relevanten Daten bzw. Informationen ausschließlich bei der swa Netze GmbH als Betreiber der Strom-, Gas- und Fernwärmenetze sowie bei der swa Energie GmbH. Strukturdaten und ein Teil der Potenzialdaten liegen hingegen bei der Stadtverwaltung vor. Um ihre Rolle als planungsverantwortliche Stelle lt. WPG aktiv nutzen zu können, sollte die Stadtverwaltung in der Lage sein, gebietsbezogene Analysen, Auswertungen und Szenarien sowie kleinere Aktualisierungen (in Abstimmung mit swa) selbständig vorzunehmen. Hierfür ist der Zugang zu swa-Daten eine wesentliche Voraussetzung. Zu definieren sind daher Bedingungen und Übermittlungswege für regelmäßige Datenübergaben, z.B. durch eine zweckgebundene NDA (Vertraulichkeitsvereinbarung). Eine noch bessere Lösung wäre eine gemeinsame Digitalisierungsplattform (GIS-Plattform, digitaler Zwilling des Energiesystems), die aktuelle Daten- und Planungsstände verfügbar macht.		
Synergien, Anknüpfungspunkte				
Städt. Geoportal swa Infoseite Fernwärme				
Hemmnisse und Konflikte				
Abwägung des Teilens von Daten im Rahmen der DSGVO, entsprechende Expertise aufbauen und Administration gewährleisten				
Indikator / Meilenstein		Aus Datenschutzgründen ist ein unmittelbarer Austausch personenbezogener oder -beziehbarer Daten leitungsgebunden versorgter Haushalte zwischen Stadt und swa nicht möglich, sondern wird in aggregierter Form zu bewerkstelligen sein. Zu beachten ist auch, welchen Akteuren Zugriffs- und Nutzungsmöglichkeiten eingeräumt werden können/müssen; siehe auch die einschlägige EU-Richtlinie zur Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors.		
Anzahl eingearbeiteter Datensätze				
Anmerkungen, Hinweise				

Q2		Gebiete mit besonderem energetischen Handlungsbedarf oder Modellcharakter benennen		
Federführend	Umweltamt			
Mitwirkend	Stadtplanungsamt, Bauordnungsamt, Geodatenamt; swa			
Zielgruppe	Stadtverwaltung			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☐ sehr hoch ☒ hoch ☐ normal	☒ hoch ☐ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☒ organisatorisch ☐ informierend	☒ neu ☐ anknüpfend ☐ Umbruch ☒ no regret	☐ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☒ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Kritische oder besonders repräsentative Gebiete identifizieren		Die für den Wärmeplan durchgeführte Bestandsaufnahme zeigt, wie unterschiedlich die Ausgangsbedingungen für verschieden Gebiete innerhalb des Stadtgebiets ausfallen. Die Clusterung strukturell vergleichbarer Gebiete zu Eignungsgebieten trägt dem Rechnung und ermöglicht die effiziente Identifizierung von Wärmeversorgungslösungen. Diese Lösungen lassen sich weitgehend auf alle Gebiete anwenden, die dem jeweiligen Eignungsgebiet zuordenbar sind (siehe z.B. die Maßnahmen WB1 Sanierungsfahrpläne und WB2 Serielles Sanieren). Auf Ebene konkreter Einzelgebiete bieten energetische Quartierskonzepte oder Energiekonzepte die Möglichkeit, detaillierte Analysen durchzuführen und mögliche Versorgungslösungen zu konkretisieren, Umsetzungsfaktoren und Akteure zu koordinieren, eine Brücke zu technischen Planungen zu bauen und ggf. deren Umsetzung zu begleiten. Die Erstellung quartiersbezogener Konzepte ist aufwendig, so dass eine sinnvolle Auswahl in Frage kommender Gebiete zu treffen ist. Der Wärmeplan kann hierzu einen Input anhand energetischer Aspekte liefern; entsprechende Kriterien können z.B. sein: • Gebiete mit besonderem Handlungsbedarf zur Realisierung der im Wärmeplan vorgeschlagenen Lösung (z.B. hoher Sanierungsbedarf) • Gebiete, die als Prüfgebiet eingeordnet sind bzw. für die keine Empfehlung herausgearbeitet werden konnte • Gebiete, für die ein Wasserstoff-Netz angedacht ist • Gebiete mit Modellcharakter		
Synergien, Anknüpfungspunkte				
WB1, WB2, Q1				
Energiekarawane				
Quartiersbezogene Aktivitäten aus KASA				
Hemmnisse und Konflikte				
Umsetzbarkeit vor dem Hintergrund der Vielfalt denkbarer Kriterien				
und der Besserstellung der ausgewählten Gebiete				
Indikator / Meilenstein				
Anzahl identifizierter Gebiete je Kategorie				
Anteil an den identifizierten Gebieten, in denen eine quartiersbezogene Maßnahme realisiert wird				
Anmerkungen, Hinweise				
Bis 2024 stand mit dem KfW-Programm 432 ein Förderprogramm zur Erstellung energetischer Quartierskonzepte und zum energetischen Quartiersmanagement zur Verfügung. Eine Wiederaufnahme ist derzeit nicht absehbar.				

Q3 / WB2 Gemeinschaftliches und serielles Sanieren: Gebäudetypen und Gebiete identifizieren				
Federführend	Bis auf Weiteres: Umweltamt			
Mitwirkend	Stadtplanungsamt, Bauordnungsamt, Amt für Statistik, Geodatenamt; swa			
Zielgruppe	Stadtverwaltung			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☐ sehr hoch ☒ hoch ☐ normal	☐ hoch ☒ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☒ organisatorisch ☐ informierend	☒ neu ☐ anknüpfend ☐ Umbruch ☐ no regret	☒ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☐ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Gebäudetypen und Gebiete identifizieren		Um Gebäudeeigentümer und -innen in großer Anzahl für eine energetische Gebäudesanierung zu motivieren und effiziente Umsetzungsmöglichkeiten zu schaffen, sollten möglichst einfache, kosteneffiziente und übertragbare Sanierungslösungen erarbeitet werden, die breit im Stadtgebiet ausgerollt werden können. Diese Lösungen können eher beratender, organisatorischer Art oder eher technischer Art sein. Speziell das serielle Sanieren eröffnet hierzu weitreichende Potenziale: Die energetische Sanierung bestehender gleichartiger Gebäude erfolgt unter Verwendung abseits der Baustelle vorgefertigter Fassaden- bzw. Dachelemente einschließlich damit verbundener Anlagentechnik (z. B. Wärmepumpenmodule) sowie deren Montage an bestehende Gebäude. Die abseits der Baustelle vorgefertigten Elemente weisen dabei einen so hohen Vorfertigungsgrad auf, dass sich im Vergleich zur herkömmlichen Sanierung der zeitliche Aufwand vor Ort deutlich reduziert. Diese Lösungen können für im Stadtgebiet häufig vorkommende Gebäudetypen entwickelt und besonders effizient angewendet werden, wo mehrere gleichartige Gebäude in räumlicher Nähe zu größeren Projekten zusammenfassbar sind. In einem ersten Schritt ist daher vorgesehen, häufig vorkommende Gebäudekonstellationen zu identifizieren und Gebiete herauszufiltern, die stark von zumindest einem dieser Gebäudetypen geprägt sind.		
Synergien, Anknüpfungspunkte				
Sanierungsfahrplan WB1				
Energieberatung				
Solarberatung				
Hitzeschutzberatung				
Hemmnisse und Konflikte				
Flächendeckende Erhebung benötigter Daten, insbesondere aktuelle Sanierungszustände und verbaute Anlagentechnik				
Abstimmung der Auswahlkriterien vor dem Hintergrund, dass mit einer Auswahl eine Besserstellung einzelner Gebiete einhergeht				
Indikator / Meilenstein				
Liste vorrangig zu berücksichtigender Gebäudetypen und Gebiete				
Anmerkungen, Hinweise				

B4		Umsetzungshilfen erarbeiten, Toolbox "Einfache Maßnahmen" zusammenstellen		
Federführend	Umweltamt			
Mitwirkend	swa, Energieberatung, Handwerk, Immobilienwirtschaft, Stadtteilinitiativen			
Zielgruppe	Gebäudeeigentümer			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☒ sehr hoch ☐ hoch ☐ normal	☐ hoch ☒ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☐ organisatorisch ☒ informierend	☒ neu ☐ anknüpfend ☐ Umbruch ☐ no regret	☐ einmalig ☐ fortlaufend ☒ halbjährlich ☐ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Einfache Übersicht machbarer Lösungen erarbeiten		Die Anforderungen des GEG stellen viele Hauseigentümer und -eigentümerinnen vor Fragen und Herausforderungen. Darüber hinaus sind aus kommunaler Sicht die Regelungen des GEG z.T. nicht so verbindlich, wie es wünschenswert ist, um ambitionierte Klimaschutzziele zuverlässig zu erreichen.		
Synergien, Anknüpfungspunkte		Ein differenziertes Sortiment an Umsetzungshilfen („Toolbox“) unterstützt Hauseigentümerinnen und -eigentümern bei der Auswahl und Umsetzung geeigneter Lösungen und bietet der Kommune die Möglichkeit, über die Mindestanforderungen des GEG hinaus zielführende Lösungen zu vermitteln.		
Gezielte Sanierungen, Lösungen (Toolboxen) aus anderen Städten.		Dabei schließt die Toolbox an die Erstinformationsangebote (Maßnahme F10) an und bietet für typische Konstellationen (Eignungsgebiet, Gebäudeart, Modernisierungsstand)		
Hemmnisse und Konflikte		Orientierung zu in Frage kommenden Wärmeversorgungslösungen, baut eine Brücke zu den verbindlichen Planungen durch Planungsbüros, Fachfirmen etc. und begleitet idealerweise auch bei der Ausführung der geplanten Maßnahmen.		
Übergeordnete technische Kompetenz notwendig, um für den sehr diversen Gebäudebestand eine Toolbox zu erstellen.				
Indikator / Meilenstein				
Toolbox liegt vor Anzahl der Seitenaufrufe				
Anmerkungen, Hinweise				

WB1		Sanierungsfahrpläne bewerben und unterstützen		
Federführend	Hauptabteilung Kommunikation			
Mitwirkend	Umweltamt; Energieberatung, Kreishandwerkerschaft			
Zielgruppe	Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☒ sehr hoch ☐ hoch ☐ normal	☒ hoch ☐ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☒ organisatorisch ☒ informierend	☐ neu ☒ anknüpfend ☐ Umbruch ☒ no regret	☐ einmalig ☒ fortlaufend ☐ halbjährlich ☐ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Bekanntheit und Anwendung von Sanierungsfahrplänen erhöhen		Um das im Wärmeplan beschriebene Zielszenario zu erreichen, muss die durchschnittliche Sanierungsrate deutlich von rund 1 % auf über 2 % erhöht werden. Gleichzeitig ist eine entsprechend hohe Sanierungstiefe vorausgesetzt, d.h. die umzusetzenden Maßnahmen gehen deutlich über Einzelmaßnahmen wie Fenstertausch, Dämmung von Rohrleitungen oder Geschossdecken hinaus. Die Zielwerte differieren je nach Eignungsgebiet und berücksichtigen u.a. die knappen Kapazitäten im Baugewerbe.		
Synergien, Anknüpfungspunkte				
Serielles Sanieren (WB2) Energieberatung Solarberatung Hitzeschutzberatung		Zur Konkretisierung der möglichen und kosteneffizientesten Sanierung bei einzelnen Gebäuden steht mit dem vom Bund geförderten individuellen Sanierungsfahrplan (Förderung: bisher in der Regel 80 % des Beraterhonorars) ein bewährtes Instrument zur Verfügung. Hierbei werden angestrebte Sanierungstiefe und anzuwendende Versorgungstechnologie für das individuelle Gebäude ausgelegt und die beste Lösung erarbeitet.		
Hemmnisse und Konflikte		In Gebieten, welche stark von baugleichen bzw. sehr ähnlichen Gebäuden gleichen Sanierungsstands geprägten sind, kann auch serielles Sanieren als Mittel der Wahl analysiert werden. Der Sanierungsfahrplan kann als ein zeitlich gestaffelter Stufenplan oder als Komplettsanierungsplan erstellt werden. Dadurch wird schwer erfass- und strukturierbarer Sanierungsbedarf auf nachvollziehbare Schritte heruntergebrochen und eine klare Orientierungshilfe für sukzessive Investitionen geschaffen.		
Kosten für Nutzerinnen und Nutzer Inhaltliche Kohärenz Beratungsleistung / Wärmeplanung				
Indikator / Meilenstein		In Gebieten, in denen eine Sanierung besonders wichtig ist, soll der Sanierungsfahrplan daher gezielt beworben und durch Informationsangebote vermittelt werden. Beitragen kann hier eine niederschwellige Förderung für eine begrenzte Anzahl an Sanierungsfahrplänen, sei es als zusätzlicher Anstoß in geringer Höhe ähnlich dem Solarförderprogramm oder als weitgehende Übernahme der nach Bundesförderung verbleibenden Kosten. Dies ist vor allem für die Entwicklung des Angebotes seitens der Energieberatung sinnvoll. Weiterhin sollte eine Qualitätsprüfung der Sanierungsfahrpläne angeboten werden, wenn die Bürgerinnen und Bürger Zweifel an dem Ergebnis der Sanierungsfahrpläne haben.		
Anzahl und Anteil in Verbindung mit WB1 erstellter Sanierungsfahrpläne Aus Sanierungsfahrplänen umgesetzte Maßnahmen				
Anmerkungen, Hinweise				
Kontakte und Rückmeldungen aus Bewerbung, Zusatzförderung und Qualitätssicherung können auch eine Grundlage schaffen, um Anzahl und Wirkung erstellter Sanierungsfahrpläne zu erfassen und die Maßnahme ggf. zu justieren.				

ZV1		Transformationsplan Fernwärme erstellen und mit KWP abgleichen		
Federführend	swa			
Mitwirkend	Umweltamt, Stadtplanungsamt, Liegenschaftsamt, weitere gemäß Förderrichtlinie zu beteiligende Akteure			
Zielgruppe	s.o.			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☐ sehr hoch ☒ hoch ☐ normal	☐ hoch ☒ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☒ konzeptionell ☐ regulativ ☐ organisatorisch ☐ informierend	☐ neu ☐ anknüpfend ☐ Umbruch ☒ no regret	☒ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☐ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Kongruenz zwischen Fernwärme-Transformation und Energienutzungsplan herstellen		In den betrachteten Szenarien für eine weitgehend klimaneutrale Wärmeversorgung spielen zentrale Wärmenetze (Fernwärme) eine wesentliche Rolle und stellen einen erheblichen Anteil der Augsburger Wärme bereit. In Augsburg betreiben die swa ein sehr großes, gut ausgebautes Fernwärmenetz. Im deutschlandweiten Vergleich ist die Augsburger Fernwärme bereits jetzt verhältnismäßig CO2-arm aufgestellt. So gibt es hier im Gegensatz zu anderen Städten beispielsweise keine Wärmeerzeugung aus Kohle. Mit der Nutzung von Biomasse und Abwärme aus der AVA werden bereits zukunftsweisende Technologien zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Gleichzeitig hat der Energieträger Gas noch einen nennenswerten Anteil an der Wärmeproduktion.		
Synergien, Anknüpfungspunkte		Die Zielerreichung der Dekarbonisierung der Augsburger Wärmeversorgung ist daher nicht ohne eine Dekarbonisierung der Fernwärme zu bewerkstelligen, wobei gleichzeitig von einem weiteren Ausbau des Fernwärmenetzes auszugehen ist. Der Transformationsplan Fernwärme als offizielles Planungswerkzeug gemäß Anforderungen des Bundes bestätigt einerseits die Potenziale der einzelnen Wärmeerzeugungstechnologien für die Augsburger Fernwärme und stellt andererseits eine konsequente Hebung dieser regenerativen Erzeugungskapazitäten sicher. Die swa planen, die Erstellung des Trafoplane zeitnah zu beginnen. Aktuell gibt es hier noch Unsicherheiten bezüglich Rahmenbedingungen, die von der Bundesregierung z.B. im Hinblick auf Förderungen definiert werden müssen.		
Trafoplan der swa				
Hemmnisse und Konflikte				
Ggf. Datenschutzthematik und Unsicherheiten in Trafoplan, Mögliche Geschwindigkeit des Fernwärmeausbaus im Ergebnis des finalen Trafoplane		Sobald der Trafoplan erstellt ist, sollte ein Abgleich mit dem ENP Wärme erfolgen, um sicherzustellen das die Ziele der Dekarbonisierung der Augsburger Wärmebereitstellung eingehalten werden können.		
Indikator / Meilenstein				
Erstellter Abgleich von Energienutzungsplan Wärme und Trafoplan				
Anmerkungen, Hinweise				

WQ1		Wärmequellen analysieren, strukturiert aufbereiten und Ergebnisse bereitstellen		
Federführend	swa, Umweltamt			
Mitwirkend	Wirtschaftsförderung; Energieberatung, Fachhandwerk, Stadtteilinitiativen, Wasserwirtschaft, Abwasserwirtschaft			
Zielgruppe	Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer, Betreiber von Wärmenetzen			
Wichtigkeit	Dringlichkeit	Typ	Veränderungsgrad	Frequenz
☐ sehr hoch ☒ hoch ☐ normal	☒ hoch ☐ in 1 Jahr ☐ nach 2024	☐ konzeptionell ☐ regulativ ☐ organisatorisch ☒ informierend	☐ neu ☒ anknüpfend ☐ Umbruch ☐ no regret	☐ einmalig ☐ fortlaufend ☐ halbjährlich ☒ jährlich
Ziel und Strategie		Beschreibung, Best practice		
Detaillierte Aufbereitung aller verfügbaren Wärmequellen; Grundlagenkenntnisse vermitteln durch ein online abrufbares Angebot und ergänzende Infoveranstaltungen		Das GEG sieht zur Erfüllung der Vorgabe, dass mindestens 65 % der Wärme aus neu eingebauten Heizungsanlagen aus erneuerbaren Quellen stammen müssen, eine große Bandbreite an Lösungsmöglichkeiten und Ausnahmefällen vor. Dennoch wird die Wärmewende in Augsburg die Summe der Einzelentscheidungen zugunsten möglichst CO2-freier Wärmeversorgungslösungen sein. Neben der Dekarbonisierung durch große Bausteine wie die Augsburger Fernwärme und den Aufbau CO2-freier Nahwärmenetze betrifft dies auch einzelne Gebäude, welche nicht die Möglichkeit haben, sich an ein Wärmenetz anzuschließen. In allen Fällen brauchen die Entscheidungsträger eine solide, transparente Informationsgrundlage. Der ENP Wärme liefert gebietsbezogene Wärmeversorgungs-lösungen, die auf einer Priorisierung von Wärmeerzeugern basieren und die sich auf typische Gebäude einer Kategorie beziehen. Sie sind daher nicht pauschal auf einzelne Gebäude in ihrem individuellen Zustand (Sanierung, Anlagentechnik) übertragbar.		
Synergien, Anknüpfungspunkte		Um Hauseigentümerinnen und -eigentümern eine zuverlässige Grundlage zu verschaffen, mit der sie – ausgehend von der Empfehlung des ENP Wärme – ergebnisoffen und gewerkeneutral an die Auswahl einer geeigneten Wärmeversorgungslösung herangehen können, werden für die wichtigsten Kombinationen Wärmequelle/ Wärmeerzeuger Steckbriefe erstellt. Sie erläutern insbesondere technische Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten, Umwelteigenschaften und Wirtschaftlichkeit. Ausgangspunkt bei der Erstellung der Steckbriefe kann Kapitel 6 des ENP Wärme sein. Um die Steckbriefe inhaltlich besonders adressatengerecht zu gestalten und den Nutzen gegenüber bereits verfügbaren Materialien anderer Anbieter zu erhöhen, können in die Erstellung der Steckbriefe das Fachhandwerk und die interessierte Öffentlichkeit eingebunden werden. Diese sollte allen relevanten Akteuren zur Verfügung gestellt werden, um Doppelarbeit zu vermeiden und zu einer effizienten Wärmewende beizutragen. Die Steckbriefe werden in erster Linie online veröffentlicht, können aber auch in Vorträgen insgesamt oder in einer gebietsbezogenen Vorauswahl vorgestellt werden.		
Erstinformationsangebot (F10) Energieberatung Weiterbildungsangebote				
Hemmnisse und Konflikte				
Überschneidung mit bestehenden Infomaterialien anderer Akteure				
Indikator / Meilenstein				
Veröffentlichung Steckbrief-Paket Jährliche Aktualisierung des Steckbrief-Pakets				
Anmerkungen, Hinweise				
Der vorliegende Energienutzungsplan Wärme stellt bereits die aktuell zur Verfügung stehenden Daten zu Wärmequellen im Stadtgebiet Datenquellen übersichtlich zusammen. Gleichzeitig hat die Erstellung gezeigt, dass zusätzliche, allerdings aufwendige Primärdatenerhebungen die Qualität weiter verbessern könnten. Die Steckbriefe sollten daher regelmäßig u.a. anhand neu verfügbarer Daten, technischem Fortschritt und Preisentwicklungen aktualisiert werden.				

10 Ausblick

Die Ergebnisse des ENP Wärme schaffen Grundlagen und Orientierung zur künftigen Wärmeversorgung in Teilgebieten des Stadtgebiets. Die Umsetzung des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) in Landesrecht erfolgt voraussichtlich bis etwa Sommer 2024 und wird Kriterien benennen, nach denen der ENP Wärme als vorläufige, bis 2030 zu komplettierende Wärmeplanung für das Stadtgebiet Augsburg anerkannt werden kann oder ob bis 30. Juni 2026 eine vollständige Wärmeplanung lt. WPG zu erstellen ist. Aus Sicht des Umweltamts wäre eine Anerkennung zu begrüßen, um zunächst den Ausbau und die Detaillierung des ENP gezielt vorantreiben zu können und erweiterte Datengrundlagen, Kompetenzen und Erfahrungen zur Erstellung weitreichender kommunaler Wärmeplanungen abwarten zu können.

Auch unabhängig von einer Verpflichtung sind Vertiefungen und Umsetzungsmaßnahmen zum ENP Wärme absehbar oder in Umsetzung, z.B.:

- Im Laufe des Jahres 2024 sind ausführliche Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt GeoSPOT zum geothermischen Potenzial für Grundwasser-Wärmepumpen zu erwarten, die eine Konkretisierung der Wärmeversorgungsmöglichkeiten gerade in Gebieten zur dezentralen Wärmeversorgung ermöglichen.
- Der voraussichtlich bis Mitte 2025 entstehende ENP Strom wird u.a. erweiterte Aussagen zum Potenzial und zur Realisierbarkeit der Solarenergienutzung und zur Sektorenkopplung Strom/Wärme liefern.
- Die swa Netze GmbH als Betreiber des Gas- und Fernwärmenetzes arbeiten kontinuierlich am Ausbau des Wärmenetzes und am Ausbau der Wärmeerzeugungskapazitäten (siehe auch Beschlussfassung „Task Force Klimaschutzmaßnahmen, Dezember 2021).

Gerade der letztgenannte Punkt unterstreicht: Unabhängig von der kommunalen Wärmeplanung gibt es eine Vielzahl laufender Aktivitäten in Richtung einer klimaneutralen Wärmeversorgung. Die Rolle der zentralen Plattform, um energetische Entwicklungsmöglichkeiten und Versorgungslösungen systematisch darzustellen und für die Stadtgesellschaft transparent zu machen, wird dabei dem Energienutzungsplan zukommen, auf dem der ENP Wärme bzw. die künftige kommunale Wärmeplanung und der ENP Strom zusammengeführt werden sollen. Der Energienutzungsplan wird damit die strategische, gesamtstädtische, sektorübergreifende Grundlage für den langfristigen Prozess der Umstellung der lokalen Energieversorgung sein.

11 Literaturverzeichnis

AGFW, ifeu, GEF. 2013. *Transformationsstrategien Fernwärme - TRAFO - Ein Gemeinschaftsprojekt von ifeu-Institut, GEF Ingenieur AG und AGFW.* Frankfurt am Main : s.n., 2013.

Agora . 2020. *Klimaneutrales Deutschland - In drei Schritten zu null Treibhausgasen bis 2050 über ein Zwischenziel von -65 % im Jahr 2030 als Teil des EU-Green-Deals.* Berlin : Agora Energiewende, Prognos et al., 2020.

Amt für Statistik und Stadtforschung. 2023. *Statistisches Jahrbuch 2022.* Augsburg : Stadt Augsburg, 2023.

bafa. 2023. *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze technische Anforderungen der Module 1 bis 4.* 2023.

Behr, Sophie, Küçük, Merve und Neuhoﬀ, Karsten. 2023. *Energetische Modernisierung von Gebäuden sollte durch Mindeststandards und verbindliche Sanierungsziele beschleunigt werden.* Berlin : Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, 2023.

BFE und Hubacher, Peter et al. 2006. *Grosswärmepumpen - Energetische und planerische Analyse von 10 Anlagen. Vergleich verschiedener Anlagenkonzepte - Schlussbericht.* Engelburg (CH), Sargans (CH) : Bundesamt für Energie, 2006.

BMU. 2020. *Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik.* Arbeitsgruppe IK III 1. Berlin : s.n., 2020.

BMWi. 2020. *Die nationale Wasserstoffstrategie.* Berlin : Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2020.

BMWK. 2023. *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie.* Berlin : s.n., 2023.

bmz. 2023. Treibhausgase. [Online] 2023. [Zitat vom: 28. August 2023.] <https://www.bmz.de/de/service/lexikon/treibhausgase-14864>.

Buddenbohm, Christine. 2011. *Planung und Genehmigung von Anlagen zur geothermischen Nutzung des Untergrundes mittels Grundwasserwärmepumpen unter besonderer Berücksichtigung der softwarebasierten Berechnung von Temperaturfahnen.* Berlin : 62. Deutsche Brunnenbauertage und BAW Baugrundkolloquium, 2011.

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. 2023. Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes in Deutschland. [Online] 12. Mai 2023. [Zitat vom: 12. Juni 2023.]

<https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-wohnungsbestand/>.

Conrad, Jochen. 2020. *Modellierung und Bewertung von Maßnahmen zur kosteneffizienten CO₂-Verminderung im Sektor private Haushalte. Dissertation.* München : Herausgegeben durch Technische Universität München - Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, geprüft von Wagner, Ulrich und Auer, Thomas, 2020.

DEFRA. 2020. Greenhouse gas reporting: conversion factors 2020. [Online] 09. Juni 2020. [Zitat vom: 28. Januar 2022.] <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020>.

Deutscher Bundestag. 2020. *Kosten der Produktion von grünem Wasserstoff.* Berlin : Wissenschaftlicher Dienst, 2020. WD 5 - 3000 - 029/20.

Deutscher Wetterdienst. 2022. Klimafaktoren (KF) für Energieverbrauchsabweise. [Online] 2022. [Zitat vom: 02. Juli 2023.] <https://www.dwd.de/DE/leistungen/klimafaktoren/klimafaktoren.html>.

FfE GmbH und Öko-Institut e. V. 2021. *Klimaneutrale Wärme München 2035.* 2021.

FfE und Fattler, Steffen, Conrad, Jochen, Regett, Anika et al. 2019. *Dynamis Datenanhang - Dynamis - Dynamische und intersektorale Maßnahmenbewertung zur kosteneffizienten Dekarbonisierung des Energiesystems.* München : Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., 2019.

FfE, et al. 2017. Optimierung der Netzzurückwirkungen dezentraler Power-to-Heat-Anlagen im Niederspannungsnetz. *Dritte Dialogplattform Power to Heat 2017 vom Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.* 2017.

Fraunhofer ISE; Lämmle, Manuel et al. 2021. *Temperaturabsenkung in Wärmepumpen-Heizsystemen mit Radiatoren.* Berlin : Berliner Energietage 2021, 2021.

Green City Energy. 2011. *Regionales Klimaschutzkonzept Wirtschaftsraum Augsburg.* München, Eggenfelden, Augsburg : Landkreis Aichach-Friedberg, Stadt Augsburg und Landkreis Augsburg, 2011.

Institut für Wohnen und Umwelt. 2015. Gebäudetypologie und Daten zum Gebäudebestand. [Online] 2015. [Zitat vom: 02. Juli 2023.] <https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/gebaeudetypologie/>.

Kaltschmitt, M., Streicher, W. und Wiese, A. 2006. *Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte (4. Ausg.)*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2006.

KlimaKom gemeinnützige eG. 2021. *Klimaschutz 2030: Studie für ein Augsburger Klimaschutzprogramm*. Augsburg : Umweltamt der Stadt Augsburg, 2021.

Ifu Bayern. 2019. Oberflächennahe Geothermie - WMS. [Online] 2019. [Zitat vom: 19. November 2023.]

https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?c=636073,5358551&z=12&l=atkis,b a74aa58-1ab9-4d29-b808-36eec8934ce4,bf9ff4ed-62c7-4935-9318-d5251108acc3-layer-landkreise_kreisfreie_staedte_flaeche&t=geothermie.

Matthes, Felix et al. 2020. *Wasserstoff sowie wasserstoffbasierte Energieträger und Rohstoffe - Eine Überblicksuntersuchung*. Berlin : Öko-Institut e.V., 2020.

Pehnt, Martin und al., et. 2017. *Wärmenetzsysteme 4.0 - Endbericht - Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme "Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedertemperaturwärmenetzen"*. Heidelberg, Berlin, Düsseldorf, Köln : Adelphi, 2017.

Prognos AG . 2021. *Klimaneutrales Deutschland 2045 - Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*. Berlin : Prognos AG, 2021.

Stadt Augsburg. 2022. *Blue City Klimaschutzprogramm*. 2022.

—. **2023.** Solarkataster. [Online] 2023. [Zitat vom: 19. November 2023.] <https://experience.arcgis.com/experience/905e619bfb7f41ac9ac012464261ed9e>.

—. **2019.** *Stadtentwicklungskonzept*. 2019.

Stadt München. 2023. *Wärmestrategie München*. 2023.

swa. 2022. Emissionsfaktoren Fernwärme. Augsburg : s.n., 2022.

SWM. 2020. *Auswirkungen des Klimawandels auf den Wärmebedarf*. München : Stadtwerke München, 2020.

TotalEnergies. 2022. Die Heizölpreise in Bayern. [Online] TotalEnergies Wärme&Kraftstoff Deutschland GmbH, November 2022. [Zitat vom: 22. November 2022.]

<https://heizoel.totalenergies.de/heizoelpreise/bayern/#:~:text=Wieviel%20kostet%20Heiz%C3%B6l%20in%20Bayern,%2C13%20%E2%82%AC%20%2F%20100%20L..>

UBA. 2022. Die Treibhausgase. [Online] 14. November 2022. [Zitat vom: 09. Juni 2023.] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>.

—. **2020.** Energiebedingte Emissionen. [Online] 2020. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#energiebedingte-treibhausgas-emissionen>.

—. **2023.** Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme. [Online] 17. März 2023. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme>.

Umweltbundesamt. 2020. Energieverbrauch je Haushalt . [Online] 2020. [Zitat vom: 02. Juli 2023.] <https://www.umweltbundesamt.de/umweltatlas/bauen-wohnen/wirkungen-wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte/fuer-was-benoetigen-private-haushalte-die-meiste#:~:text=2018%20wurden%20nach%20Angaben%20des,14%20%25%20der%20Energieverbrauch%20f%C3%BCr%20Warmw.>

UNFCCC. 2015. Pariser Agreement. 2015.

VDE, Gehardt, Norman und al., et. 2015. *Potenziale für Strom im Wärmemarkt bis 2050 - Wärmeversorgung in flexiblen Energieversorgungssystemen mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien*. Frankfurt am Main : s.n., 2015.

Verbraucherschutz, Bundesministerium für Justiz und. 2017. Verordnung zum Schutz des Klimas vor Veränderungen durch den Eintrag bestimmter fluorierter Treibhausfase, ChemKlimaschutzV. 2017.

World Resources Institute. 2022. Greenhouse Gas Protocol. [Online] 2022. [Zitat vom: 09. Juni 2023.] <https://ghgprotocol.org/>.